



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

DEPARTAMENTO de CIENCIAS BIOLÓGICAS

Trabajo de Tesis Doctoral:

***Aplicación de tecnologías de obstáculos para
mejorar la calidad y aumentar la vida útil de
cubos de papa.***

Tesista: Paola Ceroli

Director/a: Laura Campañone

Año: 2022

El presente trabajo de tesis para obtener el título de Doctor de la Facultad de Ciencias Exactas Universidad Nacional de La Plata, Área de Ciencias Biológicas fue realizado en el Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos CIDCA (CONICET-UNLP) y en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA INTA Balcarce, Laboratorio de Calidad de Papa y Tecnología de Poscosecha y Alimentos. Para la realización del doctorado se dispuso de una beca de INTA y la financiación por parte de los Proyectos Nacionales de INTA y Proyectos de la Universidad de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, con la dirección de la Dra Laura Campañone (CIDCA-UNLP).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi directora de tesis la Dra. Laura Campañone por su apoyo, predisposición y colaboración en el desarrollo de la tesis.

A mi Co-directora la Dra. Gabriela Fasciglione por haberme incentivado finalizar la tesis, por su colaboración, predisposición, recomendaciones, conocimientos y por la ayuda incondicional brindada.

A la Dra Cecilia Bedogni, por haberme motivado y ayudado a finalizar la tesis.

A la técnica de Laboratorio, amiga y madrina de mis hijos, Gisela Lagos, por haberme ayudado durante todo el transcurso del doctorado, incentivado y motivado a realizar el posgrado y por todos los momentos compartidos.

A mis amigos de La Plata, M. José Erquiaga y familia, por haberme ayudado durante mi estadía en la ciudad.

A la Universidad Nacional de La Plata por permitirme realizar el Doctorado en Ciencias Exactas.

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA INTA, Balcarce y al Laboratorio de Calidad de Papa y Tecnología de Poscosecha por facilitarme las instalaciones para la realizar la parte experimental y redactar la tesis.

Al Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) por permitirme utilizar los equipos para el desarrollo de las experiencias en el laboratorio.

DEDICATORIA

...A mis hijos Francisco y Santiago por ayudarme, aguantarme, comprenderme durante todo el posgrado y por ser el motor de mi vida.

...A mi marido Juan Manuel por el amor, la paciencia y por darme la fuerza necesaria para avanzar en la vida.

...A todos mi familia y amigos por compartir cada momento y acompañarme en éste largo camino.

... Pero principalmente quiero dedicarle este doctorado a una persona que apoyó siempre a la EDUCACIÓN, a la INVESTIGACIÓN y a la DOCENCIA, mi mamá Mirtha.

RESUMEN

El partido de Balcarce y General Pueyrredón es considerado una zona “papera por excelencia”, en la cual la papa es demandada por pequeñas y grandes empresas destinadas principalmente a la elaboración de bastones prefritos super congelados, hojuelas de papas fritas y productos de papa mínimamente procesados. Desde el punto de vista de la conservación, la mayor dificultad en estos productos consiste en su corta vida útil debido a las alteraciones microbiológicas y bioquímicas, principalmente por su alta velocidad de pardeamiento enzimático. Por lo tanto, el objetivo de esta tesis fue aplicar un proceso de deshidratación osmótica como una tecnología complementaria a la refrigeración para preservar la calidad global de cubos de papa mínimamente procesados durante su conservación en condiciones de refrigeración y aumentar su vida útil.

En una primera instancia, se seleccionó la mejor combinación de las variables de proceso de deshidratación osmótica que permitieron mejorar la calidad global de cubos de papas, respecto a las papas sin tratar y se ajustaron los datos experimentales obtenidos en las experiencias de deshidratación osmótica con modelos empíricos de Azuara y Peleg. Como resultados, las condiciones finales de operación más apropiadas fueron: un tiempo de proceso de 2 horas, una temperatura de 40°C y una concentración de solutos de 35 % p/p. A esta solución se le agregó cloruro de sodio (NaCl): 5% p/p y antioxidantes: 0,5% ácido ascórbico (AA) p/p + 0,5% ácido cítrico (AC) p/p. Los solutos elegidos para el tratamiento de deshidratación osmótica fueron sorbitol (SO) y jarabe de glucosa (JG), excluyendo a la sacarosa (SA) por su mayor poder edulcorante y sabor dulce otorgado a los cubos de papa. Los modelos de Peleg y Azuara permitieron ajustar los datos experimentales de manera satisfactoria, obteniendo el modelo de Peleg un mejor ajuste de los datos experimentales. Posteriormente, se evaluaron los parámetros de transferencia de masa en las condiciones de proceso de deshidratación osmótica establecidas anteriormente, en dos variedades de papa: Innovator y Spunta. La pérdida de agua y ganancia de sólidos dependió del soluto utilizado para la deshidratación osmótica, siendo mayor cuando se utilizó el sorbitol como agente deshidratante y no hubo diferencia de acuerdo a las variedades estudiadas. Luego, se evaluó el efecto del espesor de los envases (30, 50, 70 y 100 μm) sobre la composición de gases en el espacio de cabeza y el pardeamiento enzimático en los productos deshidratados osmóticamente y controles durante el almacenamiento. Los envases de espesor de 30 y 50 μm permitieron una mayor concentración de O_2 en las muestras controles y tratadas con DO generando un mayor índice de pardeamiento en las muestras controles (sin tratar). A su vez, se detectó que el envase de 100 μm provocó el desarrollo de aromas indeseables en el producto mínimamente procesado. Por lo tanto, el envase elegido para este estudio de acuerdo a las características evaluadas fue el de 70 μm de espesor. El valor de índice de pardeamiento (IP) de las muestras tratadas con JG y SO se mantuvo constante durante el tiempo de almacenamiento y fue independiente del espesor de envase

utilizado. En una segunda etapa, se estudió el efecto del tratamiento de deshidratación osmótica de los cubos de papa de dos variedades sobre la calidad nutricional, fisicoquímica, estructural microbiológica y sensorial durante el almacenamiento en refrigeración. Por último, se determinó la vida útil sensorial de los productos mínimamente procesados. Los resultados mostraron que los parámetros nutricionales y fisicoquímicos variaron de acuerdo a la variedad de papa utilizada para la elaboración del producto mínimamente procesado, siendo Innovator la variedad de menor contenido de Fenoles totales (FT), menor actividad de la polifenoloxidasa (PPO) y mayor contenido de ácido ascórbico (AA), provocando un menor oscurecimiento en las papas y menor IP con respecto a la variedad Spunta. A su vez, el contenido de AA de las muestras controles disminuyó con el tiempo de almacenamiento en refrigeración, mientras que el IP aumentó con el tiempo de almacenamiento, mostrando una coloración más rojiza y con mayor cambio de color. El contenido de FT y AA aumentó luego de aplicar el tratamiento de deshidratación osmótica, siendo mayor en los cubos de papa deshidratados osmóticamente en solución de sorbitol. A su vez, la actividad de la PPO se redujo debido al tratamiento osmótico de las muestras, siendo mayor en las muestras DO con jarabe de glucosa. El tiempo de almacenamiento en refrigeración de los cubos de papa mínimamente procesados afectó al contenido de AA, provocando una disminución del mismo, mientras que el contenido de FT y la actividad de la PPO no fueron afectados. Se observaron cambios estructurales en las muestras inducidos por el tratamiento osmótico, el cual fue acompañado de una disminución de la dureza de las muestras tratadas, dependiendo del soluto utilizado en el tratamiento, siendo más afectadas las muestras tratadas en solución de jarabe de glucosa. En suma, estos cambios macro y micro estructurales en las muestras se vieron afectados por el período de almacenamiento en refrigeración. Los atributos sensoriales evaluados variaron al aplicar el tratamiento osmótico y dependieron del soluto utilizado como agente deshidratante, e independiente de la variedad de papa utilizada. Los atributos apariencia general y dureza disminuyeron su puntaje y se mostraron levemente más rojizas cuando las muestras fueron almacenadas en refrigeración y posteriormente hervidas, sin embargo, fueron aceptadas por los consumidores. Se consideró que el producto se mantuvo estable frente al deterioro microbiano en el lapso de tiempo analizado, sin embargo, la vida útil sensorial del producto de papa mínimamente procesado en refrigeración fue de 14,43 días.

A partir de los resultados y conclusiones alcanzadas en esta tesis, se puede demostrar que la tecnología aplicada permitió lograr cubos de papas mínimamente procesados refrigerados con una vida útil mayor a la de las papas frescas refrigeradas, con óptima calidad nutricional, físico-química, microbiológica y sensorial.

Palabras claves: papa mínimamente procesada, envases, deshidratación osmótica, calidad, almacenamiento refrigerado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 La papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	2
1.1.1 Producción de papa.....	2
1.1.2 Características generales y morfológicas de la papa.....	3
1.1.3 Variedades de papa.....	5
1.1.4 Composición química.....	6
1.2 Vegetales mínimamente procesados (VMP).....	9
1.2.1 Factores que influyen en la calidad de los VMP.....	11
1.2.1.1 Condiciones de conservación.....	11
1.2.1.2 Condiciones de procesado.....	12
1.3 Calidad sensorial.....	15
1.3.1 Análisis sensorial de alimentos.....	15
1.3.2 Prueba descriptiva.....	16
1.3.3 Ensayos de aceptabilidad sensorial.....	18
1.3.4 Vida útil sensorial.....	19
1.3.5 Aceptabilidad sensorial en productos de papa.....	20
1.4 Métodos de preservación de VMP: tecnologías combinadas.....	20
1.5 Deshidratación osmótica.....	22
1.5.1 Aplicaciones de la deshidratación osmótica en alimentos.....	23
1.5.2 Factores que afectan el proceso de deshidratación osmótica.....	25
1.5.3 Modelado de la deshidratación osmótica.....	29
1.6 Interés y objetivos del trabajo.....	32
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	34
2.1 Material y preparación de la muestra.....	35
2.2 Preparación de las muestras.....	35
2.3 Selección de los agentes osmóticos para la realización de la deshidratación osmótica.....	35
2.4 Selección de las condiciones de operación para la deshidratación osmótica.....	36
2.4.1 Diseño y Tratamiento de deshidratación osmótica.....	36

2.5	Determinaciones.....	37
2.5.1	Porcentaje de humedad.....	37
2.5.2	Parámetros de transferencia de masa.....	37
2.5.2.1	Determinación de pérdida de peso y pérdida de agua.....	37
2.5.2.2	Sólidos solubles, ganancia de sólidos y sólidos totales.....	38
2.5.3	Modelo de la deshidratación osmótica.....	39
2.6	Evaluación de los diferentes envases utilizados en los productos de papa mínimamente procesados.....	39
2.7	Determinación de parámetros nutricionales de los cubos de papa mínimamente procesados almacenados en refrigeración.....	40
2.7.1	Determinación de Fenoles Totales (FT).....	40
2.7.2	Determinación de Ácido Ascórbico (AA).....	41
2.7.3	Actividad de la polifenoloxidasa (PPO).....	42
2.8	Análisis de color.....	43
2.9	Estudio de la microestructura.....	44
2.10	Variación de las propiedades mecánicas.....	44
2.11	Análisis microbiológico.....	44
2.12	Análisis Sensorial.....	45
2.12.1	Primera etapa: ensayo con jurado expertos.....	46
2.12.2	Segunda etapa: entrenamiento de un panel sensorial, caracterización sensorial con panel entrenado, aceptabilidad en consumidores con panel de consumidores y vida útil sensorial de cubos de papa mínimamente procesados.....	47
2.13	Análisis estadístico.....	56
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
	CAPÍTULO 3. Tratamiento de deshidratación osmótica.....	59
	3. Tratamiento de deshidratación osmótica.....	60
3.1	Pérdida de peso y de agua durante la deshidratación osmótica de cubos de papas.....	60
3.1.1	Pérdida de peso y de agua durante la deshidratación osmótica de cubos de papas de la variedad Spunta.....	60
3.1.2	Pérdida de peso y de agua durante la deshidratación osmótica de cubos de papas de la variedad Innovator.....	64

3.2	Ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica de cubos de papa.....	71
	3.2.1 Ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica de cubos de papa en la variedad Spunta.....	71
	3.2.2 Ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica de cubos de papa en la variedad Innovator.....	76
3.3	Modelo Empíricos.....	83
	3.3.1 Modelo de Azuara.....	83
	3.3.2 Modelo de Peleg.....	89
3.4	Pérdida de agua y ganancia de sólidos de los cubos de papa deshidratados osmóticamente en las condiciones finales establecidas.....	100
CAPÍTULO 4. Envasado y parámetros de calidad.....		103
4.1	Envasado de papa osmóticamente deshidratadas.....	104
	4.1.1 Concentración de gases (O ₂ y CO ₂) dentro de los envases.....	104
	4.1.2 Medición de color: índice de pardeamiento (IP).....	110
4.2	Determinación de parámetros de calidad y su variación a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración.....	116
	4.2.1 Determinación de parámetros de calidad nutricional.....	116
	4.2.1.1 Determinación de Fenoles Totales.....	116
	4.2.1.2 Determinación de Ácido Ascórbico.....	118
	4.2.1.3 Determinación de la actividad de la enzima polifenoloxidasasa (PPO).....	121
	4.2.2 Medición de color.....	123
	4.2.3 Análisis microscópico de los productos de papa fresco y tratados.....	129
	4.2.4 Variación de propiedades mecánicas.....	133
	4.2.5 Análisis microbiológicos.....	135
CAPÍTULO 5. Análisis de resultados y Calidad sensorial.....		139
5.1	Análisis exploratorio de las variables de calidad.....	140
5.2	Análisis de componentes principales (ACP).....	147
5.3	Análisis sensorial de cubos de papas mínimamente procesados.....	150

5.3.1 Caracterización sensorial de cubos de papas mínimamente procesados.....	150
5.3.2 Aceptabilidad sensorial de cubos de papa mínimamente procesados.....	161
5.3.3 Vida útil sensorial (VUS).....	164
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES GENERALES.....	167
NOMENGLATURA.....	172
BIBLIOGRAFÍA.....	173
PUBLICACIONES INTERNACIONALES Y PRESENTACIONES A REUNIONES CIENTÍFICAS EMANADAS DE LA SIGUIENTE TESIS.....	195
ANEXOS.....	197

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química promedio de la papa	7
Tabla 2: Tipos de paneles sensoriales	46
Tabla 3: Concentración de los gustos básicos	49
Tabla 4: Papa hervida. Definición, método de análisis y ejemplos de los atributos evaluados	52
Tabla 5: Porcentaje de pérdida de peso (%PP) en los cubos de papa variedad Spunta deshidratados osmóticamente en solución de JG, SO y SA, dos concentraciones 25% y 45%, 1, 2, 3 y 4 horas de proceso, 40°C, 50°C y 60°C.	61
Tabla 6: Porcentaje de pérdida de peso (%PP) en los cubos de papa variedad Innovator deshidratados osmóticamente en solución de JG, SO y SA, dos concentraciones 25% y 45%, 1, 2, 3 y 4 horas de proceso, 40°C, 50°C y 60°C.	65
Tabla 7: Sólidos solubles (SS) de los cubos de papa DO en solución de JG, SO y SA, dos concentraciones 25% y 45%, 1, 2, 3 y 4 horas de proceso, 40°C, 50°C y 60°C, variedad Spunta	72
Tabla 8: Sólidos solubles (SS) de los cubos de papa DO en solución de JG, SO y SA, dos concentraciones 25% y 45%, 1, 2, 3 y 4 horas de proceso, 40°C, 50°C y 60°C, variedad Innovator	77
Tabla 9: Parámetros del modelo de Azuara: PA^∞ , s_1 , coeficientes de determinación R^2 y desvío estándar DE de PA^∞ y s_1 para los cubos de papa de variedad Spunta.	85
Tabla 10: Parámetros del modelo de Azuara: PA^∞ , s_1 , coeficientes de determinación R^2 y desvío estándar DE de PA^∞ y s_1 para los cubos de papa de variedad Innovator.	85
Tabla 11: Valores de pérdida de agua a tiempo infinito estimados por el modelo de Azuara y valores experimentales obtenidos luego de 4 h de deshidratación osmótica, variedad Spunta.	87
Tabla 12: Valores de pérdida de agua a tiempo infinito estimados por el modelo de Azuara y valores experimentales obtenidos luego de 4 h de deshidratación osmótica, variedad Innovator.	87
Tabla 13: Parámetros del modelo de Azuara: GS^∞ , s_2 , coeficientes de determinación R^2 y desvío estándar DE de GS^∞ y s_2 para los cubos de papa de variedad Spunta.	88
Tabla 14: Parámetros del modelo de Azuara: GS^∞ , s_2 , coeficientes de determinación R^2 y desvío estándar DE de GS^∞ y s_2 para los cubos de papa de variedad Innovator	89
Tabla 15: Valores de ganancia de sólidos a tiempo infinito estimados por el modelo de Azuara y valores experimentales obtenidos luego de 4 h de deshidratación osmótica, variedad Spunta.	90
Tabla 16: Valores de ganancia de sólidos a tiempo infinito estimados por el modelo de Azuara y valores experimentales obtenidos luego de 4 h de deshidratación osmótica, variedad Innovator.	91

Tabla 17: Parámetros del modelo de Peleg (k_1 y k_2), DE (k_1 y k_2) y los coeficientes de correlación, R^2 , variedad Spunta.	92
Tabla 18: Parámetros del modelo de Peleg (k_1 y k_2), DE (k_1 y k_2) y los coeficientes de correlación, R^2 , variedad Innovator.	92
Tabla 19: Velocidades iniciales de transferencia de masa (valor absoluto, VA) y humedades de equilibrio (He%) para distintas condiciones de deshidratación osmótica ensayadas para la variedad Spunta.	93
Tabla 20: Velocidades iniciales de transferencia de masa (valor absoluto, VA) y humedades de equilibrio (He%) para distintas condiciones de deshidratación osmótica ensayadas para la variedad Innovator.	94
Tabla 21: Parámetros del modelo de Peleg (k_1 y k_2), DE (k_1 y k_2) y los coeficientes de correlación, R^2 , variedad Spunta	95
Tabla 22: Parámetros del modelo de Peleg (k_1 y k_2), DE (k_1 y k_2) y los coeficientes de correlación, R^2 , variedad Innovator.	96
Tabla 23: Errores porcentuales modelo de Azuara y Peleg para la pérdida de agua para los cubos de papa, variedad Spunta.	97
Tabla 24: Errores porcentuales modelo de Azuara y Peleg para la pérdida de agua para los cubos de papa, variedad Innovator.	97
Tabla 25: Errores porcentuales modelo de Azuara y Peleg para la ganancia de sólidos para los cubos de papa, variedad Spunta.	98
Tabla 26: Errores porcentuales modelo de Azuara y Peleg para la ganancia de sólidos para los cubos de papa, variedad Innovator.	99
Tabla 27: Recuentos de Bacterias Aerobias Mesófilas Totales (BAMT) y Hongos filamentosos y levaduras (HFyL) en muestras frescas y tratadas con DO JG y SO en la variedad Innovator y Spunta.	136
Tabla 28: Contribución de las seis variables de calidad a los dos primeros componentes	148
Tabla 29: Correlaciones entre los atributos.	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Producción mundial de papa (FAOSTAT 2018)	3
Figura 2a: La planta de la Papa y sus partes	4
Figure 2b: Morfología del tubérculo de papa	5
Figura 3: Variedades de papa de la Provincia de Buenos Aires, Argentina (Fuente, INTA, Balcarce).	6
Figura 4: Esquema de los procesos de transferencia de masa durante la deshidratación-impregnación con solutos	23
Figura 5: Preparación de las muestras de papas	35
Figura 6: Medidor de gas de espacio de cabeza	39
Figura 7: Curva estándar de pirocatecol	41
Figura 8: Curva estándar de ácido ascórbico	42
Figura 9: Preparación de la muestra	46
Figura 10: Cabinas sensoriales.	47
Figura 11: Entrenamiento de un panel sensorial	48
Figura 12: Cabinas de Análisis Sensorial, INTA Balcarce	55
Figura 13: Pérdida de agua en cubos de papa deshidratados osmóticamente variando el tiempo de proceso en 1, 2, 3 y 4 horas, concentración de 25 y 45% a 40, 50 y 60°C en solución de jarabe de glucosa, solución de sorbitol y solución de sacarosa, variedad Spunta.	63
Figura 14: Pérdida de agua en cubos de papa deshidratados osmóticamente en solución de jarabe de glucosa, sorbitol y sacarosa, concentración 25 y 45% durante 4 horas a: 40°C;50°C y 60°C, variedad Spunta.	64
Figura 15: Pérdida de agua en cubos de papa deshidratados osmóticamente variando el tiempo de proceso en 1, 2, 3 y 4 horas, concentración de 25 y 45% a 40, 50 y 60°C en: solución de jarabe de glucosa, solución de sorbitol y solución de sacarosa, variedad Innovator.	67
Figura 16: Pérdida de agua en cubos de papa de la variedad Innovator deshidratados osmóticamente en solución de jarabe de glucosa, sorbitol y sacarosa, concentración 25 y 45% durante 4 horas a: 40°C; 50°C y 60°C, variedad Innovator.	69
Figura 17: Ganancia de sólidos en cubos de papa deshidratados osmóticamente variando el tiempo de proceso en 1, 2, 3 y 4 horas, concentración de 25 y 45% a 40, 50 y 60°C en: solución de jarabe de glucosa, solución de sorbitol y solución de sacarosa, variedad Spunta.	74

Figura 18: Ganancia de sólidos en cubos de papa deshidratados osmóticamente en solución de jarabe de glucosa, sorbitol y sacarosa, concentración 25 y 45% durante 4 horas a: 40°C; 50°C y 60°C, variedad Spunta.	76
Figura 19: Ganancia de sólidos en cubos de papa deshidratados osmóticamente variando el tiempo de proceso en 1, 2, 3 y 4 horas, concentración de 25 y 45% a 40, 50 y 60°C en: solución de jarabe de glucosa, solución de sorbitol y solución de sacarosa, variedad Innovator.	79
Figura 20: Ganancia de sólidos en cubos de papa deshidratados osmóticamente en solución de jarabe de glucosa, sorbitol y sacarosa, concentración 25 y 45% durante 4 horas a:40°C; 50°C y 60°C., variedad Innovator.	81
Figura 21: Pérdida de agua en cubos de papa de la variedad Innovator y Spunta deshidratados osmóticamente durante 2 horas en solución de sorbitol y solución de jarabe de glucosa 35% mas 5%NaCl y 0.5%AC y 0.5%AA, a 40°C.	101
Figura 22: Ganancia de sólidos de cubos de papa de la variedad Innovator y Spunta deshidratados osmóticamente durante 2 horas en solución de sorbitol y solución de jarabe de glucosa 35% más 5%NaCl y 0.5%AC y 0.5%AA, a 40°C.	102
Figura 23a: Composición de O ₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 µm de cubos de papa control de la variedad Innovator, almacenados en refrigeración a 4°C.	104
Figura 23b: Composición de O ₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 µm de cubos de papa de la variedad Innovator deshidratados osmóticamente en solución de jarabe de glucosa almacenados en refrigeración a 4°C	105
Figura 23c: Composición de O ₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 µm de cubos de papa de la variedad Innovator deshidratados osmóticamente en solución de sorbitol almacenados en refrigeración a 4°C.	105
Figura 23d: Composición de O ₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 µm de cubos de papa control de la variedad Spunta, almacenados en refrigeración a 4°C.	106
Figura 23e: Composición de O ₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 µm de cubos de papa de la variedad Spunta deshidratados osmóticamente en solución de jarabe de glucosa almacenados en refrigeración a 4°C.	106
Figura 23f: Composición de O ₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 µm de cubos de papa de la variedad Spunta, deshidratados osmóticamente en solución de sorbitol almacenados en refrigeración a 4°C.	107
Figura 24a: Composición de CO ₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 µm de cubos de papa control de la variedad Innovator, almacenados en refrigeración a 4°C.	107
Figura 24b: Composición de CO ₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 µm de cubos de papa control de la variedad Spunta, almacenados en refrigeración a 4°C.	108
Figura 24c: Composición de CO ₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 µm de cubos de papa DO JG de la variedad Spunta, almacenados en refrigeración a 4°C.	108
Figura 24d: Composición de CO ₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 µm de cubos de papa DO SO de la variedad Spunta, almacenados en refrigeración a 4°C.	109

Figura 25a: IP de las muestras control de la variedad Innovator almacenada en refrigeración a 4°C.	110
Figura 25b: IP de las muestras DO en solución de JG, de la variedad Innovator almacenada en refrigeración a 4°C.	111
Figura 25c: IP de las muestras DO en solución de SO, de la variedad Innovator almacenada en refrigeración a 4°C.	111
Figura 25d: IP de las muestras control de la variedad Spunta almacenada en refrigeración a 4°C.	112
Figura 25e: IP de las muestras DO en solución de JG, de la variedad Spunta almacenada en refrigeración a 4°C.	112
Figura 25f: IP de las muestras DO en solución de SO, de la variedad Spunta almacenada en refrigeración a 4°C.	113
Figura 26: Medición de O ₂ y CO ₂ en muestras de papa envasadas en envasados en PEBD de espesor 30, 60, 70 y 100µm almacenados en refrigeración	114
Figura 27: Variación del contenido de Fenoles Totales (mg/g PS) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad Innovator y Spunta, a través del almacenamiento a 4°C.	116
Figura 28: Variación de de AA (mg/g PS) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG en ambas variedades con el tiempo de almacenamiento.	119
Figura 29: Actividad de la polifenoloxidasa (UPPO/min) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG en ambas variedades con el tiempo de almacenamiento.	121
Figura 30: Luminosidad (L*) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad INN y SP través del tiempo de almacenamiento a 4°C.	123
Figura 31: Valores de a* de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad INN y SP través de los tiempos de almacenamiento a 4°C.	124
Figura 32: Valores de b* (amarillamiento) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad INN y SP través del tiempo de almacenamiento a 4°C.	126
Figura 33: Valores de DeltaE de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad INN y SP través del tiempo de almacenamiento a 4°C.	127
Figura 34: Valores de IP de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad INN y SP través del tiempo de almacenamiento a 4°C.	128

Figura 35: Micrografías de cubos de papa fresca a (a) 0 días y (b) 15 días de almacenamiento, cubos de papa DO con JG a (c) 0 días y (d) 15 días de almacenamiento y cubos de papa DO con SO a (e) 0 días y (f) 15 días de almacenamiento en refrigeración	131
Figura 36: Dureza (N/mm) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad Innovator y Spunta través del tiempo de almacenamiento a 4°C.	134
Figura 37: Análisis exploratorio general de las variables de calidad: DeltaE, IP, Dureza, FT, AA y PPP de las muestras control y tratadas en solución de sorbirol y jarabe de glucosa de la variedad INN.	140
Figura 38: Análisis exploratorio general de las variables de calidad de las muestras control de la variedad INN a través del tiempo de almacenamiento.	142
Figura 39: Análisis exploratorio general de las variables de calidad de las deshidratadas osmóticamente en solución de jarabe de glucosa de la variedad INN a través del tiempo de almacenamiento.	143
Figura 40: Análisis exploratorio general de las variables de calidad de las deshidratadas osmóticamente en solución de sorbitol de la variedad INN a través del tiempo de almacenamiento.	144
Figura 41: Análisis exploratorio general de las variables de calidad: DeltaE, IP, dureza, FT, AA y PPO de las muestras control y tratadas en solución de sorbirol y jarabe de glucosa de la variedad SP.	145
Figura 42: Análisis exploratorio general de las variables de calidad de las muestras control de la variedad SP a través del tiempo de almacenamiento.	146
Figura 43: Análisis exploratorio general de las variables de calidad de las deshidratadas osmóticamente en solución de jarabe de glucosa de la variedad SP a través del tiempo de almacenamiento.	146
Figura 44: Análisis exploratorio general de las variables de calidad de las deshidratadas osmóticamente en solución de sorbitol de la variedad SP a través del tiempo de almacenamiento.	147
Figura 45: Biplot. Análisis de Componentes Principales	149
Figura 46: Apariencia General de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator.	151
Figura 47: Apariencia General de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator a través del almacenamiento a 4°C.	152
Figura 48: Olor de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator.	153
Figura 49: Olor característico a papa hervida de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator a través del almacenamiento a 4°C.	154
Figura 50: Color de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator.	155

Figura 51: Variación del color de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator a través del almacenamiento a 4°C.	156
Figura 52: Sabor de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator	157
Figura 53: Dureza de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator.	158
Figura 54: Variación de la dureza de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator a través del almacenamiento a 4°C.	159
Figura 55: Humedad de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator.	160
Figura 56: Aceptabilidad en el atributo apariencia general de los cubos de papa control y tratados con SO y JG hervidos, de las variedades Spunta e Innovator a través del almacenamiento a 4°C.	161
Figura 57: Aceptabilidad en el atributo color de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator a través del almacenamiento a 4°C.	162
Figura 58: Aceptabilidad en el atributo sabor de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator a través del almacenamiento a 4°C.	163
Figura 59: Aceptabilidad en el atributo dureza de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator a través del almacenamiento a 4°C.	163
Figura 60: Punto de corte sensorial obtenido a través de la intensidad del atributo crítico (apariencia general) evaluada a través de los consumidores (aceptabilidad) y del panel entrenado.	165
Figura 61: Vida útil sensorial de cubos de papa deshidratados osmóticamente.	165

INDICE DE ANEXO

Anexo 1: Especificaciones técnicas de los solutos deshidratantes	197
Anexo 2: Planillas sensoriales	200
Anexo 3: Tablas de Ensayo de ordenamiento Ensayo triangular, Ensayo dúo trio y Ensayo por pares.	206
Anexo 4: Pruebas preliminares. Análisis sensorial de cubos de papa DO.	210
Anexo 5: Valores estadísticos de p-valor y F valor para las condiciones de proceso de deshidratación osmótica en cubos de papas.	219
Anexo 6: Contenido de Fenoles Totales (mg ácido clorogénico/g PS) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad Innovator y Spunta, y su variación a través del almacenamiento a 4°C.	233
Anexo 7: Contenido de Ácido ascórbico (mg ácido ascórbico/g PS) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad Innovator y Spunta, y su variación a través del almacenamiento a 4°C.	233
Anexo 8: Actividad de la polifenoloxidasa (UPP) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad Innovator y Spunta, y su variación a través del almacenamiento a 4°C.	234
Anexo 9: Parámetros de color: L* (luminosidad), a* (enrojecimiento), b*(amarillamiento) y IB (índice de pardeamiento) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad Innovator y Spunta, y su variación a través del almacenamiento a 4°C.	235
Anexo 10: Micrografías de cubos de papa frescos (control), cubos de papa DO con JG y cubos de papa DO con SO, analizadas a 0 y 15 días de almacenamiento a 4°C, respectivamente. Para este estudio se utilizó solo la variedad Spunta.	237
Anexo 11: Dureza de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad Innovator y Spunta, a través del almacenamiento a 4°C.	243
Anexo 12: Puntaje de las características sensorialmente de los cubos de papa control y DO en soluciones de JG y SO de 35%, más NaCl (5%) y 0,5%AA y 0,5% AC y su evaluación a través del almacenamiento en refrigeración mediante un panel entrenado. Se utilizaron escalas continuas creciente de 1 a 10 anclada en los extremos para expresar la intensidad percibida en cada atributo.	244
Anexo 13: Aceptabilidad sensorial de los cubos de papa control y DO en soluciones de JG y SO de 35%, más NaCl (5 %) y 0,5%AA y 0,5% AC y su evaluación a través del almacenamiento en refrigeración mediante un panel de consumidores. Se utilizaron escalas hedónicas de 9 puntos	244

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 La papa (*Solanum tuberosum*)

1.1.1 Producción de papa

La papa *Solanum tuberosum* es una planta originaria de Sudamérica, siendo el tubérculo su parte comestible. Desde su descubrimiento hasta nuestros días ha cobrado una gran importancia y popularidad en todo el mundo. La producción global de papa es de aproximadamente 385 millones de toneladas en una superficie de 20 millones de hectáreas. China es el mayor productor mundial con 96 millones de toneladas anual, en orden lo siguen Rusia, India, Polonia, Estados Unidos, Ucrania, Alemania y los Países Bajos. En Latinoamérica, Perú es el principal productor contando, además, con el mayor número de variedades de papa. En Argentina se produce papa en un territorio de aproximadamente 65.000 has. (FAOSTAT, 2018). En particular, Argentina es uno de los países con mayor rendimiento por hectárea con un promedio de 32 toneladas y llegando a tener hasta de 55 toneladas en zonas productoras como el sudeste bonaerense. Según datos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en la Argentina el consumo de papa es de 38 kg/hab/año. Las plantaciones en la provincia de Buenos Aires se concentran en los partidos de Balcarce, General Pueyrredón, General Alvarado, Lobería y Tandil, representando más del 90% de la superficie sembrada. Esta zona abastece al mercado fresco, principalmente a 33 o 34 mercados que hay en el país siendo el Mercado Central de Buenos Aires el más importante, y, además, provee a las principales industrias de papas prefritas y congeladas y fábricas de papas chips (Constantino, 2016). Actualmente existe una gran demanda por parte de las pequeñas empresas y productores locales (partido de Balcarce, Mar del Plata y gran Buenos Aires) de agregar mayor valor a la papa, a través de la elaboración de productos, desarrollando nuevas formas de producción y comercialización de productos frescos, cortados, haciéndolos más atractivos y fáciles de preparar para el consumidor, restaurantes y para los locales de comidas rápidas.

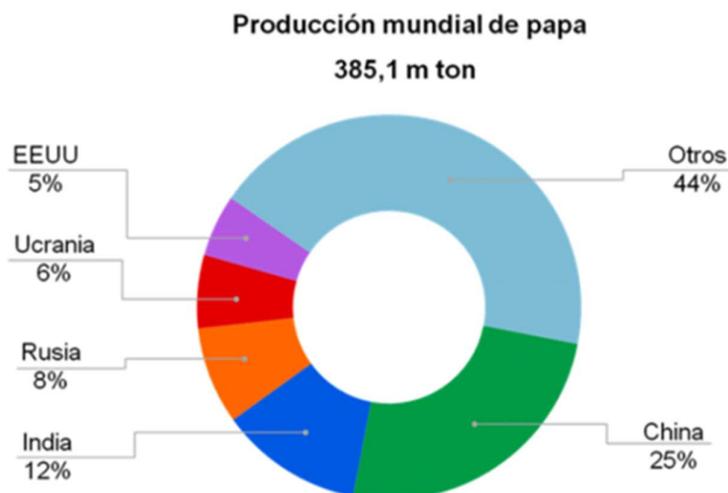


Figura 1. Producción mundial de papa (FAOSTAT 2018)

1.1.2 Características generales y morfológicas de la papa

La papa es el tercer cultivo alimenticio luego del arroz y del trigo (FAOSTAT, 2010). Es importante fuente de carbohidratos (almidón), proteínas de alta calidad, vitamina C y minerales. La papa cultivada en las principales regiones productoras de la Argentina pertenece a la especie *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* (L.).

La planta de papa es de naturaleza herbácea con un sistema aéreo (hojas compuestas, inflorescencia, tallos y frutos) y un sistema subterráneo (raíces, estolones y tubérculos). Los tubérculos de papa son tallos modificados. El extremo basal del tubérculo está unido al estolón que lo conecta con el resto de la planta durante el crecimiento. El extremo opuesto se denomina distal o apical y es el que concentra la mayor cantidad de ojos u yemas (en donde nacen los brotes). Estos se distribuyen en forma espiralada en el tubérculo y están ubicados en las axilas de hojas escamosas llamadas “cejas” (Figura 2a).

En un corte transversal del tubérculo se puede observar desde afuera hacia adentro: piel o peridermo, corteza (tejido de almacenamiento), haz vascular, parénquima de reserva y médula. En la superficie del tubérculo se encuentran distribuidas pequeñas aberturas llamadas lenticelas que permiten el intercambio gaseoso entre el tubérculo y el ambiente (Figura 2b). Cuando las yemas comienzan a crecer se denominan “brotes”, cuyo color, forma y pilosidad permiten diferenciar las variedades. En la oscuridad los brotes crecen ahilados, blancos y débiles; a la luz los brotes son cortos, verdes o coloreados y fuertes. Los brotes dan origen posteriormente a las hojas, raíces y tallos. Las hojas están compuestas con diverso grado de segmentación. El sistema radicular de la papa concentra el grueso de las raíces en los primeros 40 cm de profundidad, por ello el cultivo es sensible a sequía y requiere una concentración elevada de nutrientes en la parte superior del suelo.

Los tallos sobre el suelo son improductivos, mientras que los tallos bajo el suelo sean principales o laterales, producen estolones y tubérculos (Huarte y col. 2013).

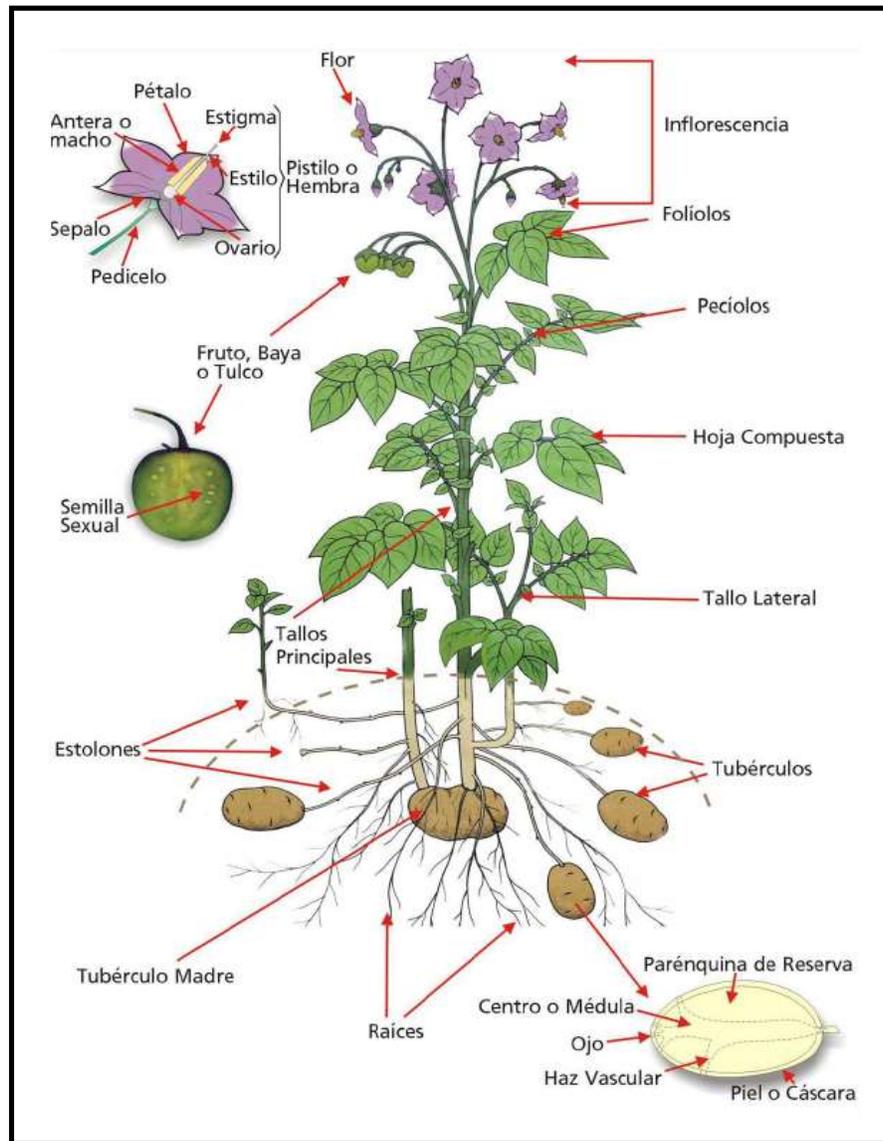


Figura 2a. La planta de la papa y sus partes. Adaptado del Centro Internacional de la Papa.

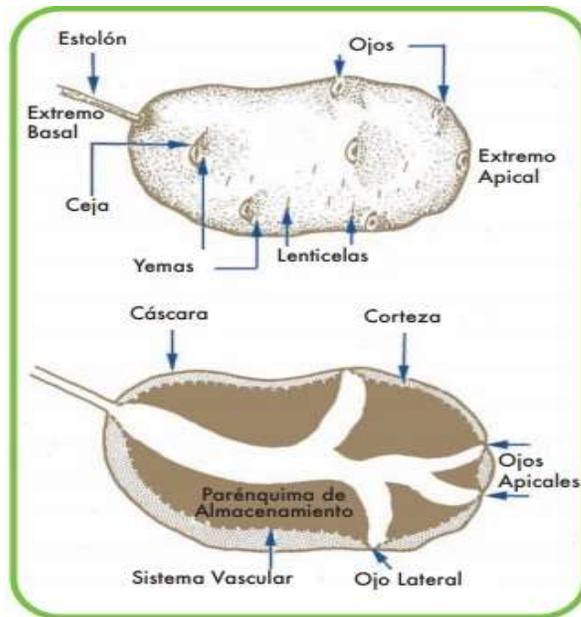


Figura 2b. Morfología del tubérculo de papa

1.1.3 Variedades de papa

La variedad de papa más utilizada en Argentina es Spunta, de origen holandés. Sus tubérculos son alargados, de carne amarilla clara, piel lisa y pueden alcanzar gran tamaño. Posee muy alto rendimiento y se adapta a regiones con doble cosecha. La materia seca de sus tubérculos es baja y es muy susceptible a enfermedades. Esta variedad domina el mercado de papa para consumo.

Entre las variedades para la industria, Innovator, también holandesa, es la más cultivada por los productores que abastecen la industria de papas fritas en bastones. Posee tubérculos alargados de piel rugosa y carne amarillo clara. Otras variedades extranjeras para esta finalidad son Asterix, Daisy, Umatilla, Markies, Santana, Russet Burbank (la variedad más antigua y más importante de EE.UU.) y Shepody. Cabe destacar que las industrias introducen y evalúan variedades en forma permanente.

La variedad Atlantic, de EE.UU. y varios clones de la empresa Frito Lay son las más utilizadas para la papa frita en rodajas. Estas variedades son redondas y de tamaño de tubérculo mediano. Por otro lado, Kennebec, también norteamericana y de tubérculos oval redondos de carne blanca, se utiliza con varios propósitos (bastones, puré deshidratado y rodajas).

El mejoramiento genético en Argentina es llevado a cabo por el INTA Balcarce y ha sido una actividad iniciada en la década del 40 que continúa permanentemente produciendo nuevas variedades para el mercado nacional e internacional. La variedad Frital INTA es la variedad nacional de mayor difusión y su destino principal es para la producción de papines, la forma de sus papas es oval alargada, son de piel lisa y carne crema. La variedad Pampeana INTA (tubérculos redondos,

de carne blanca) es la variedad más adecuada para la elaboración de puré deshidratado por su alto contenido de materia seca. Por otro lado, Calén INTA, de tubérculos alargados, es similar a Spunta, pero con mejor comportamiento sanitario y calidad culinaria. Por otro lado, Araucana INTA presenta tubérculos redondo-ovales, carne blanca y piel semirugosa. Finalmente, Newen INTA es la última variedad liberada al mercado (2010). La misma, presenta mayores rendimientos que Spunta, buen comportamiento en condiciones de estrés hídrico, su destino es tanto el mercado fresco como industria, posee tubérculos alargados, buena calidad culinaria, es adecuada para destinarla a bastones fritos y tiene alta materia seca.

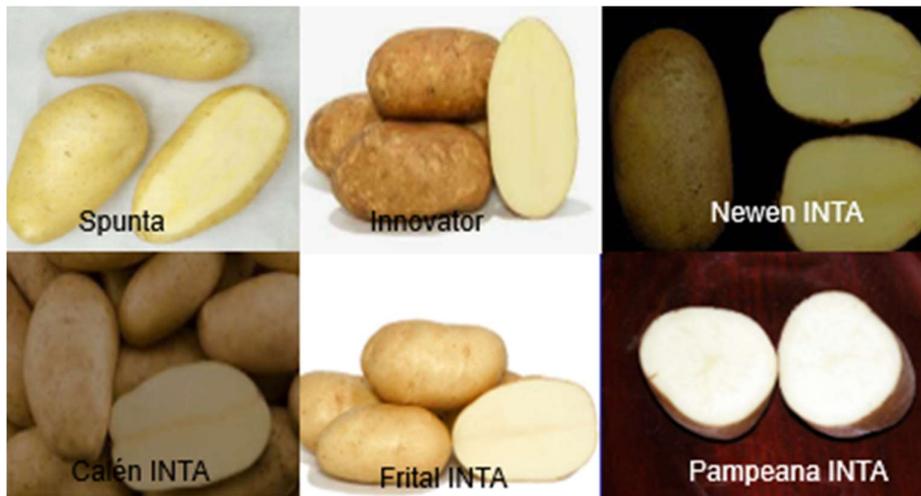


Figura 3. Variedades de papa de la Provincia de Buenos Aires, Argentina (Fuente, INTA, Balcarce).

1.1.4 Composición química

La composición química de la papa depende principalmente de las características genéticas, zonas de crecimiento, formas de cultivo, almacenamiento, madurez de cosecha entre otras (Anderson, 1994).

Tabla 1. Composición química promedio de la papa

Sustancias	Rango (%)	Promedio (%)
Materia Seca	13,1 - 36,8	23,7
Almidón	8 - 29,4	20
Azúcares reductores	0 - 5	0,3
Azúcares totales	0,05 - 8	0,5
Fibra cruda	0,17 - 3,48	0,71
Sustancias pécticas	0,2 - 1,5	-
Nitrógeno total	0,11 - 0,74	0,32
Proteína Cruda	0,69 - 4,63	2
Lípidos	0,02 - 0,2	0,12
Cenizas	0,44 - 1,87	1,1
Ácidos orgánicos	0,4 - 1	0,6
Agua	63,2 - 86,9	77,5

Los tubérculos recién cosechados tienen aproximadamente un 80% de agua y un 20% de materia seca (Tabla 1). El contenido de materia seca está definido por la variedad y las condiciones del cultivo (los excesos de nitrógeno y agua afectan negativamente, como así también el déficit de agua al inicio de la tuberización).

Entre el 60% y el 80% de la materia seca es almidón (Tabla 1). El almidón es el componente nutricional más importante. El contenido de almidón y sus características físicas y químicas están asociadas con varios parámetros que influyen en la calidad y condicionan los procesos de industrialización de los tubérculos y la extracción del almidón (Moreno, 2003). El almidón está presente en forma de gránulos microscópicos (5-50 μm), compuestos en un 99 % por amilosa y amilopectina, en proporción 1:3. Su contenido varía según la variedad, el estado de madurez del tubérculo y las condiciones del medio. Su distribución no es homogénea, ya que las células de los haces vasculares contienen muchos gránulos pequeños (6-10 μm) mientras que las del parénquima medular y de la médula tienen los gránulos más grandes. La mayor concentración de gránulos pequeños se encuentra en el parénquima cortical. Otro de los componentes de los gránulos de almidón, en menor proporción, es el fósforo que se ha demostrado que está químicamente

combinado con la fracción de amilopectina y que tiene mucha influencia en el procesamiento de las papas por sus propiedades coloidales (Burton, 1989).

Los azúcares solubles del tubérculo de papa son esencialmente la sacarosa y los azúcares reductores glucosa y fructosa. Asimismo, se encuentran trazas de maltosa, xilosa, rafinosa, melibiosa y melecitosa. Se encuentran generalmente en mayor cantidad en la parte basal que en la zona apical y al nivel del haz vascular y de la médula, más que en la periferia del tubérculo. El contenido de azúcares está determinado por muchos factores como son la variedad, el grado de madurez de los tubérculos, la fertilización mineral, las condiciones climáticas en las que se desarrolla la planta y las condiciones de almacenamiento (Rousselle y col. 1999).

El alto contenido de azúcares reductores (mayor de 0,35 para hojuelas y mayor de 1,2 mg/g de peso fresco para bastones fritos, referidos a glucosa y fructosa) determina los colores oscuros que se presentan en los productos fritos debido a la reacción de Maillard, dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales. Las bajas temperaturas (<10°C) aumentan significativamente los azúcares reductores, si bien es posible revertir dichos azúcares a sacarosa (no reductor) elevando la temperatura del almacenamiento.

Las proteínas constituyen alrededor del 8 % del peso de la materia seca del tubérculo, de ellas el 90 % son hidrosolubles y están localizadas en la pulpa. Dependiendo de la variedad y su concentración, las proteínas pueden variar por factores del medio ambiente, aunque el contenido de aminoácidos permanece relativamente constante (Rousselle y col. 1999). Los principales aminoácidos encontrados en la papa son: asparagina, glutamina y ácido glutámico (Rousselle y col. 1999). De estos tres, la asparagina tiene una gran importancia, debido a que, durante los tratamientos térmicos como la fritura, reacciona con los azúcares reductores (glucosa y fructosa) dando lugar a la reacción de Maillard, responsable en gran medida de la coloración oscura en las hojuelas fritas (Bradshaw y Ramsay, 2009). En los últimos años, este aminoácido ha sido muy estudiado, debido a que durante la reacción de Maillard dan lugar a un compuesto conocido como acrilamida, reconocido por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) como un probable compuesto carcinógeno para los humanos (Pinhero y col. 2009). Los compuestos fenólicos están relacionados con el color de la papa cruda y son, en menor parte, responsables de ciertos tipos de decoloración en productos de papa procesados. Químicamente es posible distinguir los siguientes tipos de compuestos fenólicos: lignina, cumarinas, antocianinas, flavonas, taninos, fenoles monohídricos y polifenoles (Lisinska y Leszczynski, 1989). El ácido clorogénico es el mayor compuesto fenólico de la papa, ya que comprende más del 90 % del total de compuestos fenólicos presentes, es un éster formado por ácido trans-cinámico y ácido quínico. Al menos tres formas isoméricas de este ácido pueden encontrarse en la papa, constituyen del 0.025 a 0.150 % del peso seco del tubérculo de papa y se concentran en una delgada capa en el peridermo junto a la piel. El ácido clorogénico, junto con otros polifenoles, se acumula en el sitio de infección por microorganismos en los tubérculos, pero también cuando hay daño mecánico y cuando

son expuestos a la luz (Kärenlampi y White, 2009). La papa también aporta carotenoides, siendo dos de los más abundantes la luteína y la zeaxantina (Haynes y Wiley, 2001) (Burgos y col. 2012). La papa tiene un alto contenido de ácido ascórbico o vitamina C (13 mg por cada 100 g de papa fresca), sin embargo, este contenido se ve afectado severamente durante el hervido o frito de los tubérculos (Monro y Mishra, 2009). Cuando se almacenan los tubérculos frescos hay inicialmente una pérdida rápida de esta vitamina, entre 50 y 70%. En papas cocidas al vapor el ácido ascórbico se retiene más que en las papas horneadas, aunque en ambos hay pérdidas considerables. Durante la ebullición, las papas pierden entre 14 y 40 % de vitamina C (Navarre y col. 2009). La degradación del ácido ascórbico puede tener lugar en presencia o ausencia de oxígeno y conduce a la formación de compuestos de color pardo (oscurecimiento no enzimático) (Rousselle y col. 1999).

1.2 Vegetales mínimamente procesados (VMP)

El consumo de vegetales tiene importantes beneficios para la salud. Son fuente natural de minerales, vitaminas, fibra alimentaria y agua, y además su aporte calórico es significativamente menor a los correspondientes alimentos procesados. Sin embargo, en nuestro país el consumo de vegetales equivale a la mitad de lo recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y por la Organización Mundial de la Salud (OMS): 400 gramos de frutas y hortalizas por día y por persona.

La principal razón de esto es el tiempo de elaboración prolongado que requiere la preparación y cocción de estos alimentos. Como solución a este inconveniente se presentan los vegetales mínimamente procesados (VMP), cuya definición, descripción y criterios microbiológicos ha sido aprobada para incorporarla al Código Alimentario Argentino (CAA) a través de la inclusión de los Artículos 925 III y 925 IV en el Capítulo XI Alimentos Vegetales de dicho Código. Los VMP o cuarta gama son vegetales frescos, limpios, pelados enteros y/o cortados de diferentes maneras elaborados de manera tal, que mantienen sus propiedades naturales. Los VMP están constituidos íntegramente por tejidos vivos. Debido a las operaciones de preparación, tienen respuestas fisiológicas más aceleradas que las del producto intacto, por lo que deben permanecer refrigeradas y con una vida útil limitada que garantice su calidad y seguridad alimentaria.

Estos productos presentan características organolépticas y nutricionales similares a los vegetales frescos y la ventaja de ser fáciles de utilizar por el consumidor. Su mínimo procesamiento consiste en operaciones de clasificación, lavado, pelado, reducción de tamaño, etc., por lo cual se comercializan como productos para consumo directo o para preparaciones culinarias rápidas. Esas características hacen que el tiempo de elaboración ya no resulte un obstáculo para incorporar o aumentar la proporción de vegetales en la dieta.

Los VMP pueden ser comercializados en volúmenes mayores para abastecer a establecimientos elaboradores de comidas (restaurantes, hoteles, comedores, etc.), pero es importante destacar que

dentro de la categoría no se incluyen los productos frescos intactos que presentan tratamientos de manipulación poscosecha habituales (selección por tamaño, lavado, encerado, envasado). Los VMP son productos que necesariamente deben haber sido objeto de operaciones que tienden a modificar mínimamente y agregar valor a la materia prima (vegetales frescos), con el objetivo de facilitar su consumo y aumentar su tiempo de vida útil.

Además de su inocuidad, es fundamental garantizar sus características organolépticas y nutricionales. Por esto es necesario definir un proceso en el cual se controlen y minimicen todos aquellos factores que afectan o provocan cambios negativos sobre la estructura, propiedades sensoriales, nutricionales y microbiológicas de los vegetales. Cabe recordar que los VMP son tejidos vivos, es decir que presentan un metabolismo activo, por lo que resulta esencial el cuidado durante la manipulación en todas las etapas del procesamiento.

La preparación de los vegetales procesados en fresco se basa en la aplicación de tratamientos simples o combinados que protejan con eficiencia al material vegetal frente a las alteraciones de tipo físico o mecánico (deshidratación, golpes, magulladuras, entre otros), microbiológicas (ocasionadas por hongos, levaduras y bacterias), bioquímicas (pardeamiento enzimático, oxidaciones de lípidos, alteraciones de aroma, sabor y textura) y nutricionales (como la pérdida de vitaminas) (Artés y col. 1999; Artés y Artés, 2000). Si los factores actúan de manera sinérgica o, al menos, aditiva, se evita la aplicación de uno solo en forma severa con la consiguiente mejora en la calidad organoléptica y nutricional del alimento.

Los VMP constituyen dentro de los alimentos una clase que se está evolucionando de forma rápida e importante. En los últimos años a nivel mundial, ha crecido notablemente, tanto en países desarrollados como en desarrollo, la demanda de VMP, asociados no solo a los beneficios potenciales que tienen para la salud, sino que intentan satisfacer la demanda de productos listos para consumir. El aumento en el consumo de estos productos viene asociado a un cambio en el perfil de la demanda, con preferencia de productos novedosos y frescos. La introducción de una amplia gama de productos en los supermercados, entre los que se incluyen nuevas variedades, exóticos, orgánicos, hidropónicos o producidos bajo invernadero y precortados, así como el incremento en el uso de frutas y verduras frescas en los menús de las cadenas de comidas rápidas, han contribuido al dinamismo de este mercado (Sgroppo y col. 2015). En Argentina es escasa la comercialización de productos mínimamente procesados, sin embargo, está creciendo la oferta y el consumo de vegetales con diversos grados de procesamiento.

A su vez, este tipo de productos son una opción de agregado de valor para productos vegetales y reducir los posibles desperdicios agrícolas. Las pérdidas y desperdicios de alimentos en nuestro país ascienden a 16 millones t/año, según investigaciones del Ministerio de Agroindustria de la Nación (2016). Los vegetales son seleccionados luego de la cosecha, siguiendo las normas de tipificación vigentes para la venta en el mercado interno o externo. En ese proceso de selección, hay una proporción que no ingresa a los canales de venta debido a la presencia de defectos de forma, tamaño o aspecto. Estas son pérdidas que se originan en el campo debido a factores vinculados al proceso productivo. En ciertos meses del año, las industrias de papa rechazan la materia prima debido a una deficiente calidad en el proceso de fritura o por oscurecimiento del producto fresco. Parte de la papa que descarta la industria es destinada al mercado fresco y una buena parte se pierde, aunque podría ser potencialmente aprovechada para la elaboración de VMP.

1.2.1 Factores que influyen en la calidad de los VMP

1.2.1.1 Condiciones de conservación

En los vegetales mínimamente procesados, las condiciones de conservación influyen de forma determinante en el metabolismo y la calidad final del producto luego de ser almacenado. Es muy importante mantener la cadena de refrigeración continua durante su almacenamiento, distribución y transporte dado que, de no ser así, se producirá una pérdida irreversible de la calidad. Otro factor muy relacionado y que también influye en el producto es el envasado. En este caso, hay que tener en cuenta el material utilizado ya que, los vegetales mínimamente procesados continúan respirando. Es esencial la presencia de oxígeno para que puedan mantener su integridad y calidad a través de una respiración aeróbica. Una concentración baja de O₂ (3-5%) retarda la respiración y prolonga la vida útil (Ohlsson, 1994). En las papas mínimamente procesadas las concentraciones recomendadas para la atmósfera del envase son 1-3% O₂ y 6-9% CO₂. Si descienden los valores de oxígeno y el CO₂ aumenta, el producto tendrá que generar energía por medio de respiración anaeróbica, cuyos compuestos finales dan origen a sabores y olores anormales, produciendo una pérdida de la calidad del producto final (Gorny, 2003).

Es así que un sistema de embalaje adecuado es fundamental para la conservación de estos alimentos, pues debe contener y proteger el producto desde el procesamiento hasta el consumo final. Además de estas funciones, en la conservación de estos alimentos, el objetivo de todas las técnicas relacionadas con el envasado es intervenir en los procesos vitales que inducen el deterioro, reduciendo su intensidad y, consecuentemente, permitiendo que su comercialización sea efectuada en tiempo razonable, con buena presentación y sin pérdida de calidad. Por lo tanto, la elección adecuada del envase se vuelve fundamental en el proceso de elaboración.

Generalmente, los embalajes más utilizados para los vegetales de la IV gama son las películas plásticas tales como el policloruro de polivinilo (PVC), polietileno de alta o baja densidad, el polipropileno (PP), además de otras películas multicapa.

1.2.1.2 Condiciones de procesado

El efecto del procesado es un factor muy importante, ya que dependiendo de las condiciones sanitarias y tecnológicas que se adopten, se obtendrá una mejor calidad y vida útil en el alimento procesado. En el caso de las papas procesadas en fresco, se aplican diferentes tratamientos simples o combinados que las salvaguarden con eficacia frente a diferentes alteraciones. La pérdida de calidad de papas mínimamente procesadas puede ser originada por diversas reacciones. Éstas se pueden clasificar en cuatro grupos dependiendo de si su origen es microbiológico, enzimático, químico o físico y son las responsables de los cambios de color, aroma, textura y valor nutricional del alimento. Sin embargo, el pardeamiento y el desarrollo de microorganismos son los problemas más importantes causantes de la pérdida de la calidad y de la vida útil (Kabir 1994, Varoquaux y Wiley 1994):

Deterioro microbiológico: debido a sus consecuencias para el consumidor, la seguridad alimentaria es uno de los aspectos más importantes en la industria agroalimentaria. El desarrollo microbiano en los alimentos puede producir ciertos cambios no deseados y en las características sensoriales del producto, en ciertos casos, el alimento puede llegar a ser inadecuado para el consumo. Algunas de las operaciones realizadas durante el procesado de la papa, como el pelado o el cortado, provocan una pérdida de jugos celulares y exudados, los cuales pueden ser un buen sustrato para el desarrollo microbiano.

La flora microbiana presente en un vegetal mínimamente procesado dependerá del contenido de nutrientes, tipos de células, de los microorganismos presentes antes y después del procesado, de los efectos del propio proceso y envasado y de las condiciones de almacenamiento (Alzamora y col.1998).

Hay ciertos microorganismos (indicadores) que son utilizados en el control de la seguridad y calidad microbiológica de los alimentos. En productos mínimamente procesados, los microorganismos aerobios mesófilos y psicrótrofos son utilizados para estimar la flora total (Laurila y col. 1998). Esto se debe a que estos microorganismos revelan la calidad sanitaria del alimento, el grado de contaminación de la materia prima, las condiciones sanitarias durante el procesado mínimo y si las condiciones de temperatura y de tiempo empleadas han sido las adecuadas. Además, pueden ser utilizadas para la predicción de la vida útil en condiciones de almacenamiento.

Deterioro enzimático: el pardeamiento enzimático (PE) perjudica la aceptación organoléptica, nutricional y por tanto a la calidad comercial de las papas mínimamente procesadas. Es uno de los temas que ha recibido mayor atención por parte de los investigadores por su impacto visual (Molnar-Perl y Friedman 1990, Buta y Moline 2001, Cantos y col. 2002, Hwang y col. 2002).

El pardeamiento enzimático es el principal problema de los VMP. Este es causado por la enzima polifenoloxidasas (PPO) la cual, en presencia de oxígeno, convierte los compuestos fenólicos en pigmentos de color oscuro (Rojas-Grau y col. 2006). Aunque el PE está mayoritariamente asociado a la acción de la PPO existen otras enzimas responsables en menor grado.

El PE en los VMP depende de múltiples factores: climatológicos, agronómicos (abonado, momento de recolección, manejo del tubérculo, condiciones de almacenamiento, etc.) (Burton, 1989), estar ligados a la variedad (Pardo y col. 2000, Cantos y col. 2002, Pineli y col. 2006) o depender de la propia constitución del tubérculo (calibre y distribución interna de las sustancias precursoras del pardeamiento) (Rousselle y col. 1998).

El proceso de pardeamiento se desencadena cuando, tras la operación de corte se produce una pérdida de la integridad celular en las superficies de los vegetales. Esto provoca una destrucción de la compartimentación de enzimas y sustratos, con lo que se catalizan las reacciones y se produce la formación de metabolitos secundarios no deseados (Bruns, 1995). Para que el fenómeno de pardeamiento enzimático tenga lugar se requiere de la presencia de cuatro diferentes compuestos: el oxígeno molecular, sustratos apropiados, la polifenoloxidasas y la presencia de cobre en el centro activo de la enzima.

Estos factores determinan la velocidad de pardeamiento, que puede tener lugar muy rápidamente (Laurila y col. 1998). Esta velocidad dependerá de factores tales como la concentración y actividad de la enzima, la cantidad y naturaleza de los compuestos fenólicos, pH, temperatura, actividad del agua y de la cantidad de oxígeno disponible en el entorno del tejido vegetal (Vámos-Vigyázó, 1981; Mayer, 1987).

Existen diversas formas de controlar el pardeamiento: (a) inhibiendo la enzima, (b) eliminando uno de los dos sustratos de la reacción (oxígeno o polifenol), (c) reaccionando con los productos de la acción de la enzima, para inhibir la formación de los pigmentos coloreados procedentes de pasos secundarios de la fase no-enzimática. A veces es difícil distinguir el mecanismo por el cual se previene el pardeamiento enzimático, ya que algunos inhibidores actúan simultáneamente en la enzima y en el sustrato o producto (Walker 1977).

Calidad nutricional y sensorial: los cambios fisicoquímicos del alimento que tienen lugar durante el procesamiento mínimo no sólo modifican su composición nutricional, sino también sus características sensoriales. Dichos cambios se manifiestan a través de variaciones en el color y en las propiedades mecánicas del alimento procesado.

Las vitaminas son en general muy sensibles a los tratamientos tecnológicos y culinarios de los alimentos, por lo que son generalmente lábiles, aunque ello depende de las condiciones y del tipo de vitamina. Generalmente, las vitaminas hidrosolubles son bastante sensibles, más que las vitaminas liposolubles. Las vitaminas hidrosolubles son sensibles a la temperatura, a cambios de pH, al oxígeno y a la luz. Al ser hidrosolubles, se pierde una parte de vitaminas durante el proceso de lavado de los alimentos (pérdidas por lixiviados). De todas las vitaminas, la más inestable es la vitamina C, ya que se pierde en gran cantidad en los lixiviados (aguas de lavado, de cocción, etc.) y su principal vía degradativa es la oxidación, que puede llevarse a cabo por dos vías, enzimática y no enzimática. Otras vitaminas, generalmente liposolubles, son más estables (a la oxidación y al calor) por lo que sus pérdidas rara vez son superiores al 5-10%.

El color es uno de los atributos más importantes evaluado por los consumidores y el más estrechamente vinculado con la aceptabilidad del producto y la intención de compra. Ciertos factores como el pH, la acidez, la variedad y el estado fisiológico del alimento, la temperatura y la duración del tratamiento, pueden influir sobre el color (Abers y Wrolstad, 1979; García-Viguera y col. 1998).

La alteración del color de las papas está fundamentalmente relacionada con el pardeamiento enzimático (Sapers, 1993; Nicolas y col., 1994), siendo éste uno de los principales factores que limitan la vida útil de los VMP. El color es indicativo de la calidad del producto, ya que pone de manifiesto numerosas reacciones de deterioro, las cuales generan pigmentos marrones, dando un aspecto desagradable al producto y alterando su calidad nutricional.

Junto con el color, la textura es uno de los principales atributos del producto que puede influir en la aceptación final por parte del consumidor. Las reacciones enzimáticas en vegetales mínimamente procesados producen alteraciones sensoriales tales como pérdida de firmeza. Esto es debido principalmente a cambios estructurales en las paredes celulares. En general, se considera que la degradación enzimática de los componentes de la pared celular se debe a la acción de diversas enzimas (celulasas, hemicelulasas y las enzimas pécticas), por lo que serían las principales responsables del ablandamiento. Sin embargo, esto no se debe solamente a la acción directa de las hidrolasas sobre los componentes de la pared celular sino también a la acción de unas proteínas, las expansinas, que permiten el acceso a las hidrolasas a sus sustratos (Cosgrove, 2000).

Existen diferentes factores que afectan a la textura de las papas; por un lado, pueden ser debidos a cambios naturales y fisiológicos debido a la maduración y la senescencia. Por otro lado, el procesado (cortado y laminado) puede inducir una respuesta inmediata del tejido hacia el daño producido, ya que facilita la puesta en contacto de enzimas y sus sustratos, además de provocar una aceleración en la respiración (Toivonen y Brummell, 2008).

1.3 Calidad sensorial

1.3.1 Análisis sensorial de alimentos

El análisis sensorial ha sido definido como una disciplina basada en el examen (evocación, medición, análisis e interpretación) de las propiedades organolépticas de un producto, realizado con los órganos de los sentidos.

Si bien los instrumentos utilizados para tal fin son efectivos, en muchos casos, no pueden medir ni reemplazar la percepción sensorial. Por ejemplo, hay ingredientes y procesos que tienen un efecto sinérgico que no pueden medirse con un instrumento. En el momento que una porción de alimento se contempla, se huele y se introduce en la boca se desencadenan una serie de efectos que están relacionados entre sí y que dependen de la intensidad y calidad del estímulo que los provoca, de las características de los receptores sensoriales y de la atención y conocimientos básicos del individuo. El éxito depende de la proximidad lograda entre el estímulo y la respuesta dada por el individuo a la sensación percibida. Cuando una producción está bien definida, tanto en términos instrumentales como sensoriales, la calidad de un producto es más completa, tendiendo a los modernos conceptos de la calidad total (Lawless y Heymann, 1999).

Cuando se utiliza a las personas como instrumento de medida, es necesario controlar todas las condiciones de las pruebas a realizar para evitar los errores causados por factores fisiológicos, psicológicos y culturales por parte del sujeto; factores ambientales que puedan alterar el juicio por parte del sujeto y factores inherentes al alimento (por ejemplo: intensidad del estímulo inferior a la sensibilidad del individuo).

Para que el análisis sensorial sea considerado como una técnica de análisis se exigen ciertos requisitos (Costell, 2002):

- Los resultados deben solicitarse y expresarse de manera tal que las conclusiones extraídas de la experiencia sean homologables a las extraídas por otro laboratorio.
- Los resultados deben permitir calcular sus límites de validez y sensibilidad.

El análisis sensorial se lleva a cabo mediante un panel sensorial. Para ello se utilizan personas denominadas jueces o panelistas. Existen varios tipos de panelistas de acuerdo al estudio que se esté realizando: evaluador, evaluador seleccionado y experto (Hernández Alarcón, 2005; Norma IRAM 20005-1). Este último es un evaluador con un grado alto de sensibilidad sensorial y experiencia de la metodología sensorial que puede hacer consistente y repetible las evaluaciones sensoriales de varios productos (IRAM 20005-2).

Los jueces o panelistas son los sujetos que llevan a cabo la rutina de evaluación sensorial, es decir, el instrumento de medida. Son seleccionados y entrenados o no, dependiendo del tipo de pruebas y producto a evaluar. El Comité de Evaluación Sensorial perteneciente a la Sociedad Americana para el Análisis de Materiales (ASTM, 1968) los ha clasificado en tres subgrupos:

- *Panel entrenado*: son sujetos cuidadosamente seleccionados y entrenados en las propiedades sensoriales (virtudes y defectos) que han de evaluar en el alimento. Deben ser capaces de establecer la intensidad de un carácter sensorial, tanto como la apreciación global de un alimento. El entrenamiento asegura la utilización sistemática de la combinación de las percepciones sensoriales de los evaluadores, como guía analítica para determinar la calidad de los productos alimenticios (IRAM 20005-2, 1996). Poseen un lenguaje formal y en muchas ocasiones tienen conocimiento científico de las propiedades que miden. Dado el elevado conocimiento que poseen del producto y su entrenamiento, se utiliza un número escaso de ellos (no más de 10).
- *Panel semi-entrenado*: constituido por personas familiarizadas con los atributos del producto que van a evaluar. Este panel es capaz de discriminar diferencias, medir intensidad de atributos en escalas y evaluar globalmente al producto. Tienen un lenguaje menos formal que el panel entrenado. La variabilidad individual puede balancearse considerando un mayor número de panelistas (25 a 40 miembros).
- *Panel de consumidores*: no tienen ningún tipo de entrenamiento, se eligen al azar teniendo en cuenta que sean consumidores del producto que van a evaluar. Son ideales para evaluar la aceptabilidad de un producto pudiendo también evaluar la intensidad de atributos en escalas simples siguiendo determinadas consignas en la elaboración del formulario.

A continuación, se describirán brevemente los fundamentos de algunas pruebas sensoriales que se han utilizado en el presente trabajo de Tesis.

1.3.2. Prueba descriptiva

Los ensayos sensoriales de evaluación de las características de calidad de un producto, realizados con paneles entrenados, son ampliamente usados en la industria alimentaria tanto para propósitos de investigación y desarrollo como para el control de la calidad. Una de las maneras de realizar esta evaluación es por medio de la elaboración de sus perfiles sensoriales descriptivos.

Conceptualmente, el perfil descriptivo se basa en la idea de que la sensación que un alimento provoca en el hombre está definida por una serie de atributos identificables y que las diferencias perceptibles entre las muestras se deben a la mayor o menor intensidad de los mismos en cada una de ellas (Damasio y Costell, 1991 y Costell Ibañez, 2000). Luego se analiza la magnitud de los atributos presentes en el producto y así se puede llegar a la definición prácticamente completa de las características sensoriales del alimento permitiendo determinar cuáles son las que contribuyen a definirlo (ISO/DIS 13299.2, 1998; Costell Ibañez, 2000).

Los perfiles sensoriales son un método objetivo para medir las diferencias entre muestras (Hunter y Muir, 1995) que se pueden aplicar a la totalidad de los atributos de un producto (Chabanet, 1999;

Montouto Graña y col. 2000) o a alguno de ellos. Se aplican técnicas específicas como el perfil del sabor (Gómez y col. 1998; Hoberg, Ulrich y Tiemann, 1998, el perfil del olor (Martin y col. 2000 y Ulrich y col. 2000), el perfil de textura (Costell y col. 1995; Thybo y Martens, 2000; van Dijk y col. 2002), el perfil de libre elección (Damasio y Costell, 1991 y Damasio, Costell y Durán, 1997) o el análisis descriptivo cuantitativo (QDA) (Stone y col. 1974; Damasio y Costell 1991; Costel Ibañez, 2000).

En la metodología del análisis descriptivo cuantitativo QDA, un panel es seleccionado y entrenado en un vocabulario común. Las personas usan una escala de respuesta para cuantificar la percepción asociada a los términos descriptivos, para cada producto (IRAM 20001:1995; ISO 5492:1992; Monrozier y Danzart, 2001). Las dos principales ventajas de éste método son la ausencia de cualquier subjetividad en la evaluación y la calidad de los datos obtenidos. Como con la mayoría de otras técnicas de análisis descriptivo, los panelistas son reclutados basándose en su interés, estado de salud, disponibilidad y actitud para trabajar y para exponerse a un amplio rango de productos. Luego son seleccionados mediante ensayos destinados a determinar la agudeza sensorial y la capacidad de describir y comunicar las percepciones sensoriales (Trincheró y Hernández, 1984; IRAM 20005-1:1996 e ISO 8586-1: 1993).

Los panelistas seleccionados son posteriormente entrenados. Este procedimiento, según la norma IRAM 20005-1 (1996) y la ISO 8586-1 (1993) tiene como objetivo proveer evaluadores con conocimientos rudimentarios de los procedimientos en análisis sensorial y desarrollar su capacidad para detectar, reconocer y describir los estímulos sensoriales. El entrenamiento de un panel conduce al acuerdo entre los panelistas y a la selección de atributos confiables y aplicables, aumentando la capacidad discriminatoria y la reproducibilidad de las respuestas.

La selección de los términos para identificar los atributos a analizar no es fácil, ya que las personas perciben de forma distinta los estímulos y además tienden a sintetizar o integrar la percepción de varios de ellos y les es difícil su descripción fraccionada (Damasio y Costell, 1991). Costell (2000) indica, además, que la elección de los términos a utilizar en los análisis sensoriales depende, en cada caso, de las características del producto y especialmente de los objetivos del estudio que se pretende realizar. También puede surgir confusión debido a un gran número de descriptores, algunos con un mismo significado (Martens y Thybo, 2000) o con significados similares. Cuando varios términos tienen un significado similar, se puede considerar la posibilidad de eliminar alguno de ellos porque suministran el mismo tipo de información y suponen una sobrecarga innecesaria al panelista (Powers y Shinholser, 1984). Además, reducir el número de parámetros a evaluar puede tener otras ventajas como una mayor confiabilidad, menos tiempo de evaluación y menores costos (Syarif y col. 1985).

Para evitar interpretaciones erróneas es necesario evaluar previamente la validez de los datos individuales (Pastor y col. 1996), debido a que la calidad sensorial no es una característica propia del alimento, sino el resultado de la interacción alimento-individuo. Con respecto a este punto, las

normas IRAM 20005-1 (1996) y la ISO 8586-1 (1993) estipulan que un panel para análisis sensorial constituye un verdadero instrumento de medición y, en consecuencia, los resultados de los análisis realizados dependerán de sus miembros. Algunos factores psicológicos tales como motivación, concentración, estrés, hambre y sed pueden influenciar el comportamiento de los panelistas durante la selección y el entrenamiento (Thybo y Martens, 2000). Por este motivo, hay que comprobar la eficacia de los jueces evaluando la consistencia de sus respuestas y su habilidad en la discriminación de las diferencias (Powers y col. 1984). Diferencias pequeñas entre los panelistas son comunes aún para paneles altamente entrenados, debido a que se encuentran distintas sensibilidades para ciertos atributos entre los seres humanos (Thybo y Martens, 2000).

El análisis de la varianza de un factor (ANOVA) es un método que se utiliza para evaluar la eficacia de los catadores. Esencialmente, consiste en analizar los valores de las calificaciones dadas por cada panelista para cada descriptor o parámetro evaluado y determinar si el valor del estadístico F correspondiente a los tratamientos o muestras es significativo (Powers y col. 1984). Por otro lado, los mismos autores, aseguran que ANOVA puede ayudar a detectar los atributos “problema” y eliminarlos.

1.3.3 Ensayos de aceptabilidad sensorial

La evaluación sensorial con paneles de consumidores generalmente se realiza sobre el final del ciclo de desarrollo o re-formulación de un producto. Un elevado número de consumidores prueba el producto y responde si le gusta o si lo prefiere sobre otro/otros, basándose siempre en las propiedades sensoriales. Hay dos formas básicas de realizar este tipo de ensayo: a) Midiendo la preferencia: el consumidor prueba y elige, un producto se prefiere sobre otro u otros b) Midiendo su aceptabilidad en una escala: el consumidor prueba y otorga un puntaje a un producto por vez. Puede medirse la aceptabilidad global de un producto o también la aceptabilidad por atributos (sabor y apariencia). En general, el procedimiento más eficiente es determinar los puntajes de aceptabilidad y luego determinar las preferencias en forma indirecta a partir de los puntajes.

Los ensayos con consumidores son importantes en control de calidad y en estudios de vida útil, donde las especificaciones sensoriales se basan en cuánto puede variar un producto sin que afecte la aceptabilidad.

Debido a la competencia existente en el mercado, las empresas buscan mejorar y optimizar sus productos. Un panel entrenado testea los prototipos desarrollados por la empresa para verificar que los cambios sean perceptibles. Luego, un panel de consumidores, cuantifica la aceptabilidad sensorial de estos productos.

Durante el desarrollo de nuevos productos, los paneles de consumidores miden la aceptabilidad sensorial de los prototipos de la industria con productos de la competencia. En general, estos ensayos con consumidores se acompañan con ensayos descriptivos de un panel entrenado.

1.3.4 Vida útil sensorial

La vida útil (VU) de un alimento representa el período de tiempo durante el cual el mismo se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables (Hough y Wittig, 2005). La VU de la mayoría de los productos alimenticios está determinada por los cambios en sus características sensoriales, que incluso pueden ocurrir antes de que su seguridad se vea comprometida (Lawless y Heyman, 2010; Derossi y col. 2016). La vida útil de un alimento se puede definir como el tiempo que transcurre entre la producción/envasado del producto y el punto en el cual se vuelve inaceptable bajo determinadas condiciones ambientales (Ellis, 1994). La finalización de la vida útil de alimentos puede deberse a que el consumo implique un riesgo para la salud del consumidor, o porque las propiedades sensoriales se han deteriorado hasta hacer que el alimento sea rechazado. En este último caso la evaluación sensorial es el principal método de evaluación, ya que no existen métodos instrumentales o químicos que reemplacen adecuadamente a nuestros sentidos (Warner, 1995).

La estimación de la vida útil sensorial (VUS) de un alimento consiste básicamente en la evaluación de las características sensoriales de un grupo de muestras con diferentes tiempos de almacenamiento (Bishop y White, 1986). Generalmente implica medir el tiempo que transcurre hasta que la intensidad de determinada característica de un alimento es rechazada, momento correspondiente al deterioro máximo tolerable (Giménez, Ares y Ares, 2012). Este tiempo se limitará por un aumento en la intensidad de un defecto sensorial o una disminución en la intensidad de una característica deseable (Garitta, Hough y Sánchez, 2004).

La intensidad de los atributos/descriptores sensoriales medidos por un panel de evaluadores sensoriales entrenados podría utilizarse para estimar la VUS de los productos alimenticios utilizando los criterios de rechazo determinados por los consumidores, mediante la correlación de los datos de ambos paneles (Hough, 2010). Esta metodología se denomina punto de corte (PC) desarrollada por Ramírez, Hough y Contarini (2001) utilizando regresiones para el análisis estadístico.

Es importante remarcar que la calidad de VMP almacenados a temperaturas fluctuantes se afecta severamente. Esto se visualiza a través de la extensión de pardeamiento, pérdida de firmeza y deterioro microbiológico debido al daño fisiológico y excesiva condensación dentro del envase, comparado con productos almacenados a temperatura constante. Por lo tanto, con la evaluación sensorial, también es posible valorar en forma complementaria el manejo del producto.

Algunos autores (Artes y col. 2006; Rico, 2008; Aguayo y col. 2010; Ruiz López y col. 2010; Tomás-Callejas y col. 2010; Torales y col. 2010; Rodríguez y Casóliba, 2012; Tudela y col. 2013) estudiaron diferentes tratamientos aplicados a VMP con el fin de prolongar su vida útil. En general, estos estudios van acompañados de evaluación sensorial, pues resulta inútil que el producto desde el

punto de vista nutritivo y microbiológico se encuentre en buenas condiciones sí las características sensoriales no son aceptables por el consumidor.

1.3.5 Aceptabilidad sensorial en productos de papa

El consumo de papa procesada ha crecido mucho en los últimos años. En la Argentina a inicios de los años noventa se destinaba a la industria de alimentos cerca del 2% de la producción total, aumentando al final de la década hasta el 10 y 12%. Actualmente se estima en un 15% (Fasciglione y col. 2021). Con el crecimiento del mercado de papa procesada ha aumentado el interés en las características que están relacionadas con el producto final. La forma, tamaño y composición del tubérculo, su comportamiento en la cocción y la calidad nutritiva son aspectos que se tienen en cuenta para la elaboración de alimentos.

La descripción de las variedades de papa para consumo fresco abarca un amplio conjunto de características sensoriales (Hoberg y col. 1998). Los atributos que definen la calidad sensorial son diferentes para cada tipo de producto (papa hervida, frita en bastones, rodajas, cubos, etc.). Son variadas las opiniones sobre el valor de los atributos. Ulrich y col. (2000) y Luning y col. (1994) aseguran que el sabor de la papa es un criterio esencial de calidad en los mercados saturados de oferta, donde el consumidor ha llegado a ser muy crítico. Otros autores, como Thybo y Martens (1999) y Van Dijk y col. (2002), destacan a la textura como un atributo de calidad importante en muchos alimentos y como un factor esencial en la aceptabilidad de las papas por el consumidor. Blahovec, Esmir y Valentova (2000) mencionan que las propiedades de textura dependen del tiempo de cocción. Otros autores aseguran que la diversidad en la textura de la papa cocida y sus productos está en gran medida determinada por la variedad, con los efectos agronómicos que implica, y que esto ha originado demandas de variedades específicas tanto para la industria procesadora de alimentos como para el consumo fresco (Thybo y Martens, 2000; van Dijk y col. 2002).

1.4 Métodos de preservación de VMP: tecnologías combinadas

La preservación de alimentos se basa en primer lugar en la aplicación de factores de estrés conducentes a la inhibición del crecimiento y/o a la muerte de la comunidad microbiológica, como así también a la prevención del establecimiento de otras comunidades. Las tecnologías más corrientes de preservación de alimentos pueden clasificarse según la acción que las mismas provocan sobre los microorganismos.

En la actualidad ha surgido el interés en modificar las metodologías tradicionales de conservación de alimentos y desarrollar nuevas tecnologías para disminuir la severidad de los tratamientos, los cuales pueden alterar o dañar al producto.

En el mercado actual es cada día mayor la tendencia de los consumidores a adquirir alimentos con características sensoriales que reflejen una mínima intervención de los procesos industriales, muy especialmente cuando el alimento comercializado es un fruto o un vegetal. En la respuesta a dicha demanda se está desarrollando un conjunto de procedimientos o técnicas de conservación de alimentos conocidas como tecnologías de obstáculos, también llamadas métodos combinados, procesos combinados, conservación por combinación o técnicas combinadas. Esta técnica se fundamenta en la combinación de distintos factores de conservación, a diferencia de las tecnologías convencionales, en las cuales la conservación de alimentos se basa generalmente en una sola técnica aplicada drásticamente (Millán Trujillo y col., 2001).

Las tecnologías combinadas se están usando cada día más en el diseño de alimentos, tanto en los países industrializados como en los países en desarrollo, con varios objetivos de acuerdo a las necesidades (Alzamora y col., 2000):

- En las distintas etapas de la cadena de distribución, durante el almacenamiento, procesamiento y/o envasado, en los productos mínimamente procesados para disminuir el riesgo de patógenos y/o aumentar la vida útil.

- Como una herramienta para mejorar la calidad de productos de larga vida útil sin disminuir su estabilidad microbiológica (por ejemplo, el uso de coadyuvantes al calor para reducir la severidad de los tratamientos térmicos en los procesos de esterilización); o como nuevas técnicas de conservación para obtener alimentos innovadores (por ejemplo, realizando combinaciones innovativas de los factores de conservación). En los países industrializados, con disponibilidad de energía e infraestructura y con amplio uso de la refrigeración, el concepto de obstáculo se ha aplicado principalmente a desarrollar una gran variedad de alimentos con procesamiento térmico leve y distribuidos en forma refrigerada. Las aplicaciones más comunes comprenden alimentos con actividad de agua reducida (por ejemplo, por deshidratación parcial o por agregado de sales o azúcares), usualmente combinadas con acidificación y agregado de agentes antimicrobianos; alimentos fermentados; alimentos con pH reducido y antimicrobianos naturales (tales como hierbas y especias y sus extractos) y alimentos envasados con exclusión del oxígeno (por ejemplo, alimentos envasados al vacío o alimentos cubiertos con una capa de aceite) y empleo de recubrimiento comestibles (Gamboa Santos y Campañone, 2018, Gamboa Santos y col., 2021).

En la tecnología combinada, la reducción leve de la actividad de agua puede ser uno de los factores de conservación a emplear, mediante el cual se logra obtener un producto de alta humedad o de humedad intermedia con una buena calidad organoléptica (Tapia y col. 1996; Reppa y col. 1999; Fito y col. 2001).

1.5 Deshidratación osmótica

La deshidratación osmótica (DO) es una tecnología ampliamente usada para la extracción parcial de agua en tejidos hortifrutícolas, en la cual el alimento está en contacto con una solución de baja actividad de agua (siendo en la mayoría de los casos soluciones concentradas de sales y/o azúcares), estableciéndose dos mecanismos de transferencia de masa: i) el agua se transfiere desde el producto hacia la solución, frecuentemente acompañada por sustancias naturales (azúcares, vitaminas, pigmentos, componentes del sabor) y ii) en la dirección opuesta, el soluto se transfiere desde la solución hacia el alimento (Spiazzi y Mascheroni, 1997; Agnelli y col. 2005; Rodríguez y col., 2017). Como consecuencia de este intercambio el producto pierde peso y se generan cambios en las propiedades ópticas y mecánicas, dependiendo de las condiciones del proceso y las características de cada alimento a deshidratar (Torregiani, 1995; Talens y col. 2002). En muchos casos se utiliza este método industrialmente como pretratamiento en operaciones convencionales como congelación, liofilización, secado (por microondas, por convección, etc.) (Gamboa Santos y Campañone, 2018), entre otros; para lograr estabilidad del producto manteniendo sus características organolépticas. Asimismo, otra función de la técnica consiste en modificar el contenido de algunos componentes del alimento.

Sin embargo, el producto parcialmente deshidratado no es microbiológicamente estable y además es más susceptible al deterioro químico, por lo que se requiere un procesamiento posterior para prolongar su vida útil. La DO no se considera por sí misma un proceso de conservación, sino una etapa de pretratamiento a varios procesos usada para mejorar las propiedades nutricionales, sensoriales y funcionales de alimentos que luego se van a deshidratar. También permite mejorar la textura y la estabilidad de pigmentos durante la deshidratación y almacenamiento. Se puede realizar a temperatura ambiente, por lo que el daño por calor a la textura, color y olor pueden ser minimizados (Torregiani, 1993). El proceso de DO se puede aplicar hasta niveles donde el vegetal pierde cerca del 70 al 80% de su humedad, si se deja el tiempo suficiente de tratamiento. Los productos, según el grado de deshidratación alcanzado, se pueden someter a procesos complementarios que le darán mayor estabilidad hasta el punto de poderse someter a condiciones ambientales con un empaque adecuado (Camacho, 1994). Algunos de los procesos complementarios son la refrigeración, congelación, pasteurización, liofilización, secado con aire caliente, microondas, adición de conservantes o empaçado en vacío. La alternativa seleccionada depende de las posibilidades del procesador y de las necesidades de estabilidad en el producto final.

Así, la DO está ganando popularidad como un paso complementario en la cadena del procesamiento completo de alimentos (Rastogi y col. 2002). Diferentes estudios han utilizado procesos osmóticos para obtener distintos tipos de frutas o ingredientes alimenticios, como alimentos mínimamente procesados o alimentos de humedad intermedia (Alzamora y col. 1997) o

en su aplicación como pre-tratamiento de un proceso de secado en aire (Alvarez y col. 1995; Nieto y col., 1998), congelado (Forni y col. 1997; Sormani y col. 1999; Maestrelli y col. 2001) o liofilizado, generando una deshidratación parcial del producto, manteniendo la mayoría de sus propiedades a un bajo costo. Diferentes autores reportan la aplicabilidad de la DO a una amplia variedad de productos hortofrutícolas, dentro de los cuales cabe resaltar: arveja y habichuela (Masseo y col. 2006), higos (Arreola y Rosas, 2007), papaya (Muñoz y Rodríguez. 2004, Ríos y col. 2012), ciruelas (Rodríguez y col, 2013; Rodríguez y col., 2017), piña (García y col. 2013), ananá (Ramallo, 2010), papa (Della Rocca y Mascheroni, 2011), entre otros.

Este proceso permite impregnar no sólo el soluto usado para controlar la aw sino también los agentes antimicrobianos y antipardeamiento deseados o cualquier otro soluto para mejorar la calidad nutricional, funcional y sensorial. Así esta técnica permite simultáneamente la remoción de agua y la formulación directa del producto. El proceso de deshidratación osmótica (DO) también puede, entonces, considerarse como un método alternativo de formulación de productos para modificar la composición de los mismos (Ramallo y Mascheroni, 2005).

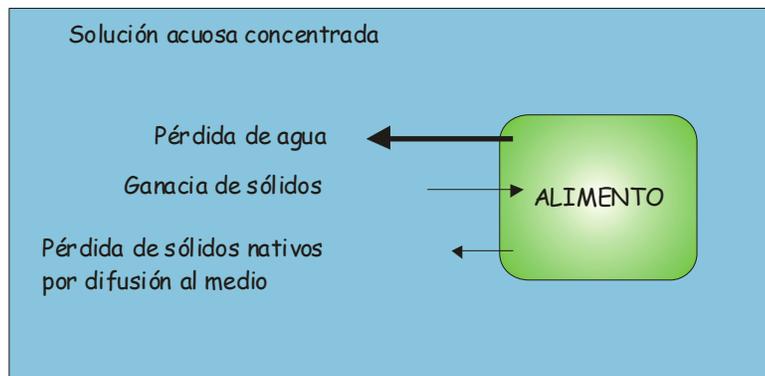


Figura 4. Esquema de los procesos de transferencia de masa durante la deshidratación-impregnación con solutos. Fuente: Bonazzi y col. 1996.

1.5.1 Aplicaciones de la deshidratación osmótica (DO) en alimentos

Gran parte de las frutas y hortalizas permiten el empleo de la deshidratación osmótica para su conservación ya que poseen una estructura celular que puede actuar como membrana semipermeable, principalmente aquellas que poseen un porcentaje de entre 5% y 18% de sólidos disueltos en su interior como ácidos, minerales, vitaminas, azúcares, etc. La estructura de la membrana celular varía dependiendo de la fruta, aquellas que poseen membranas más porosas pueden eliminar mayor cantidad de agua y absorber más sólidos, lo cual puede beneficiar al proceso, pero también podría afectar la textura de la fruta. Por esto es necesario evaluar las variables de la operación según el tipo de fruta que se va a procesar. Existen varios estudios que

demuestran la eficacia de la deshidratación osmótica en manzana, banana, piña, arándanos, pomelo, mango, guayaba, pera, kiwi, frutillas, higos y de vegetales como papa, tomate, cebolla y otros. Es importante mencionar que en el deshidratado de frutas la solución osmótica puede reutilizarse o servir como materia prima en la fabricación de jugos de frutas o de otras formulaciones. Esto se debe a que estas soluciones son ricas en azúcares y otros solutos provenientes de las frutas, siendo por esto un subproducto de alto valor agregado que puede generar un beneficio económico extra si se lo comercializa o reutiliza en la fabricación de otros productos.

Algunas ventajas atribuidas de la deshidratación osmótica (Ochoa-Martínez y Ayala-Aponte, 2009) son:

- Obtención de un producto final de buena calidad nutricional (vitaminas y minerales) y cualidades organolépticas (aroma, color y textura). Esto se puede atribuir a las temperaturas de operación moderadas con las que se trabaja, a la baja pérdida de volátiles y al efecto favorable del ingreso de solutos.

- Requiere menor energía con respecto al secado por otras vías, ya que el producto es procesado en fase líquida, dando generalmente buenos coeficientes de transferencia de calor y masa. Además, en este caso, el agua es removida sin cambio de fase. Bajo condiciones regulares de producción industrial, se ha previsto una reducción de costo de un 40-50%.

- Se inhibe la transferencia de oxígeno a la fruta debido a la presencia de azúcar sobre la superficie, reduciendo el pardeamiento enzimático.

- Es posible introducir solutos y especies tales como agentes conservantes, nutrientes, saborizantes o mejoradores de textura como componentes activos a través de la disolución osmótica.

- También existen importantes ahorros en packaging y costos de distribución debidos a la reducción de peso y tamaño en el producto.

Sin embargo, el proceso de deshidratación osmótica puede provocar cambios en las propiedades químicas del material, como cambios en los componentes nutricionales (Khreaisheh y col. 2004), en algunas propiedades físicas, como color (Mascan, 2001), densidad, porosidad (Lozano y col. 1983), y principalmente en las propiedades mecánicas. Los cambios en las propiedades mecánicas son importantes porque están relacionados con las características texturales y sensoriales del alimento, y consecuentemente con la calidad y aceptación del producto por parte de los consumidores.

A causa de la transferencia de masa que ocurre durante la deshidratación osmótica, en el tejido pueden ocurrir cambios estructurales debido a la deformación de elementos celulares asociados a la deshidratación e intercambios gas-líquido (Torregiani y Bertolo, 2001a; Chiralt y col. 2005; Talens y col. 2002). Las propiedades funcionales y estructurales de las frutas tratadas osmóticamente van a depender de los cambios de la composición del producto debido a la impregnación, el impacto del proceso sobre las paredes celulares y laminilla media, así como el grado de daño de la membrana plasmática debido al proceso (Ferrando y Spiess, 2001). Se ha reportado que se produce un

encogimiento del producto como consecuencia de la pérdida de agua del protoplasto (Alzamora y col., 2000). La membrana plasmática se separa de la pared celular, favoreciendo la plasmólisis de las células de las plantas. Durante la plasmólisis se observa una modificación de las propiedades de permeabilidad de la membrana plasmática (Rotstein y Cornish, 1978). Las células de la superficie de la fruta sometida a deshidratación osmótica son totalmente plasmolizadas en un período corto, mientras que aquellas del interior pueden estar en su máxima turgencia. Por lo tanto, durante la DO se desarrolla un gradiente de presión de turgencia, el cual puede deformar la estructura (Lewicki y Porzecka-Pawlak, 2005).

Otro fenómeno que puede ocurrir durante la DO es la pérdida de contacto entre células, generalmente atribuido a la degradación de los componentes de la laminilla media. Esto conduce a modificaciones en las propiedades mecánicas del producto, así como en la porosidad debido a la formación/generación de espacios intercelulares. Conjuntamente, se han registrado alteraciones de la pared celular, cambios en la permeabilidad de las membranas y lisis de membranas celulares (Alzamora y col. 2000; Nieto y col. 2004; Martínez y col 2007). Sumadas a la influencia de la pared celular, de la membrana celular, de la laminilla media y de la presión de turgencia de las frutas, otros factores como el tamaño y la forma celular, el volumen del espacio intercelular, la presencia de gránulos de almidón y la composición química celular, también afectan a la textura y las propiedades mecánicas (Ilker y Szczeniak, 1990). En conclusión, el análisis de textura y de las propiedades mecánicas permite interpretar las modificaciones que un proceso de deshidratación produce sobre la morfología celular y, consecuentemente, sobre la estructura del alimento (Torreggiani y col. 1998; Forni y col. 1986).

1.5.2 Factores que afectan el proceso de deshidratación osmótica

La cinética de la deshidratación osmótica, con frecuencia ha sido analizada en términos de velocidades de pérdida de agua, ganancia de sólidos y de pérdida de peso del alimento (Lazarides, 2001). Usualmente la DO no es aconsejable para obtener reducciones del contenido en agua superiores al 50% a causa de la pequeña velocidad de los fenómenos de transferencia a estos niveles de concentración. Normalmente, las velocidades de flujo de agua son altas durante las primeras 2 horas y la mayor cantidad de sólidos ganados ocurre dentro de los primeros 30 minutos de tratamiento; a partir de ese punto el proceso se enlentece (Conway y col. 1983; Giangiacomo y col. 1987). La velocidad de transferencia de masa de sustancias hidrosolubles (azúcares, ácidos orgánicos, minerales, sales, etc.) que atraviesan la membrana, es muy pequeña y cuantitativamente despreciable a tiempos largos (La Font, 1988).

Como la deshidratación con solutos es un proceso de transferencia de masa, la efectividad de la remoción de humedad y la incorporación de sólidos depende de aquellos factores que afecten la fuerza impulsora y la(s) resistencia(s) al transporte (Maestrelli, 1997).

Durante la transferencia de agua/soluto(s) que ocurre en el proceso de DO, los factores determinantes son: la naturaleza, la estructura y/o geometría del tejido a deshidratar que está dada por la especie, la variedad y el estado de madurez. La gran variabilidad observada entre los diferentes vegetales está en su mayor parte relacionada con la diferente compactación del tejido (Giangiacomo y col. 1987), el contenido inicial de sólidos solubles e insolubles (Lenart y Flink, 1984 a,b), tamaño y distribución de los espacios intercelulares, la presencia de gas, la relación entre las diferentes fracciones pécticas (pectina soluble en agua y protopectina) (Forni y col. 1986), el nivel de gelificación de pectina (Moy y col. 1978) y la actividad enzimática de la fruta (Giangiacomo y col. 1987). Se ha observado que diferencias en la estructura de la materia prima, especialmente porosidad, afectan a los mecanismos de transporte implicados en la deshidratación osmótica (Fito y col. 1994; Lazarides, 1994; Mavroudis y col. 1998; Chiralt y col. 2005), de forma que cuanto mayor es la porosidad de la fruta mayor es la ganancia de sólidos. Existe gran variabilidad en la cantidad de agua y azúcares intercambiados entre frutas de distinta especie y entre variedades de la misma especie.

La geometría y el tamaño del producto es un factor importante, ya que variará la superficie por unidad de volumen expuesta a la difusión. En el caso de cubos o esferas al aumentar el lado o el radio, respectivamente, la superficie por unidad de volumen disminuye y entonces, la pérdida de agua resulta inferior para tamaños superiores (Della Roca, 2010).

El tipo de agente osmótico es un factor muy importante que determina la velocidad de difusión. La elección del tipo de soluto (composición) con el que se va a preparar la solución osmótica, es otro factor a tener en cuenta. Esta va a depender del costo y peso molecular del mismo y las características del producto a deshidratar (Osorio y col. 2007). Generalmente, los requerimientos son conflictivos, por lo tanto, con frecuencia es necesario definir cuál soluto o mezcla de ellos es el mejor para un dado producto. Los más comúnmente usados son la sacarosa para frutas y el cloruro de sodio para vegetales, pescados y carnes; si bien también distintas mezclas de solutos han sido probadas (Islam y Flink, 2003; Wais y col., 2005). Otros agentes osmóticos pueden ser: glucosa, fructosa, dextrosa, lactosa, maltosa, polisacáridos, maltodextrina, jarabes de almidón de maíz y sus mezclas.

Para la elección del soluto también es importante considerar el costo del mismo, la compatibilidad organoléptica con el producto final y la acción de preservación dada por el soluto. Las soluciones de sal y azúcar son las mejores elecciones basadas en la efectividad, conveniencia y flavor (Rahman, 2001; Trotoe, 2010).

Se pueden lograr numerosas combinaciones para obtener el máximo la pérdida de agua, las mejores propiedades sensoriales, la mayor ganancia de sólidos y el menor costo de la solución. En esta tesis fueron seleccionados los solutos:

a) sacarosa (SA) ya que es muy utilizada industrialmente por sus propiedades físicas de caramelización, higroscopicidad relativamente baja y su estabilidad en muchos procesos alimenticios; también es un preservador efectivo contra mohos como resultado de la presión osmótica en soluciones de alta concentración,

b) sorbitol (SO), siendo un poliol (alcohol de azúcar) que se utiliza como edulcorante de carga en diversos productos alimentarios. Además de otorgar dulzura, es un excelente agente humectante y texturizador. Industrialmente el sorbitol, cuya fórmula empírica es $C_6H_{14}O_6$, se obtiene por reducción mediante hidrogenación catalítica del monosacárido más común, la glucosa. El sorbitol se utiliza en la industria alimentaria como edulcorante. Puesto que no es reductor, no produce la reacción de Maillard, por lo que se utiliza en productos que deben tener un color muy pálido tras su horneado. A su vez, sorbitol es un prebiótico con probadas propiedades para la salud (Chandra y Kumari, 2015; Chauhan y col., 2011; Patel y Goyal, 2012). Los efectos beneficiosos para la salud de los prebióticos están asociados con el mantenimiento de la salud intestinal, la prevención de la colitis, inhibición del cáncer, inmunopotenciación, la reducción de las enfermedades cardiovasculares, la prevención de obesidad y estreñimiento, y la producción de bacteriocinas (Patel y Goyal, 2012). Además, el sorbitol es menos calórico y tiene una dulzura relativa de alrededor del 60% en comparación a sacarosa (Silneira y Jonas, 2002),

c) jarabe de glucosa (JG) que tiene un alto peso molecular promedio con menor capacidad de penetración en la matriz del alimento. El JG está compuesto por glucosa, maltosa (12%), maltotriosa (10%) y azúcares de alto peso molecular (62%). Debido a esta distribución de tamaños moleculares, su comportamiento durante la DO será diferente de los solutos restantes y

d) cloruro de sodio (NaCl) ya que aumenta la potencia de la deshidratación por el efecto sinérgico entre azúcar y sal. A su vez, se pueden incorporar en las soluciones empleadas para realizar la DO antioxidantes comerciales ácido cítrico (AC) y de ácido ascórbico (AA), que actúan como buenos inhibidores del pardeamiento enzimático en diferentes productos vegetales (García y col. 2005; Guerrero y col. 2009).

La fuerza impulsora para la DO es la diferencia de presiones osmóticas entre el producto y la solución concentrada en la cual está inmersas (Cornejo, 2010). Cuando se utilizan mezclas de sacarosa y sal la fuerza impulsora para la transferencia de masa aumenta al bajar la actividad de agua de la solución. Además, se forma una capa de sacarosa sobre la superficie del producto que impide la penetración de sal en el producto y permite mejorar la pérdida de agua sin afectar tanto el sabor (Baroni y Hubinger, 2000).

Aumentando la masa molar de los solutos se obtiene una disminución de la ganancia de sólidos y un aumento de la pérdida de agua (Maestrelli, 1997). La posibilidad de que el soluto del jarabe ingrese en la fruta dependerá de la impermeabilidad de las membranas a este soluto. El uso de diferentes solutos ha sido ampliamente estudiado por diferentes investigadores y como se ha

mencionado, la sacarosa es el más utilizado (Hawkes y Flink, 1978; Islam y Flink, 1982; Azuara y col. 2002; Shi y col. 2008; Quintero-Chávez y col. 2012).

Otra variable importante de evaluar es la concentración del agente osmótico que puede influir en la cinética de transferencia de masa. Durante el tratamiento osmótico, el aumento de las concentraciones de soluto resulta en un aumento de la pérdida de agua y la ganancia sólidos. Lazarides y col. (1995) estudiaron el efecto de la concentración de sacarosa (45%, 55% y 65%) sobre transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de manzana. El aumento de la concentración de sacarosa dió lugar a una mayor pérdida de agua y ganancia de sólidos a lo largo del periodo osmótico. Este resultado está de acuerdo con el trabajo de Falade y col. (2007), quienes estudiaron la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de trozos de sandía. El proceso fue llevado a cabo en tres diferentes concentraciones de sacarosa (40°Brix, 50°Brix y 60°Brix). Ellos reportaron que la pérdida de agua y la ganancia de sólidos aumentaban al incrementar la concentración de la solución osmótica. Ispir y Togrul (2009) estudiaron la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de zanahoria en diferentes concentraciones de sacarosa (40%, 50% y 60%). Se observó que hubo un aumento de pérdida de agua y ganancia de sólidos al aumentar la concentración de sacarosa.

Otra variable importante que afecta la cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica es la temperatura (Trotoe, 2010). En general el incremento de la temperatura de proceso provoca un aumento de la velocidad de transferencia de materia, tanto en lo que refiere a la salida de agua como a la entrada de sólidos solubles (Lazarides, 2001). En general, una temperatura entre 20-40°C se considera óptima desde el punto de vista de la calidad obtenida en el producto final, existiendo numerosos estudios que consideran óptima la temperatura ambiente (Keqing, 2004). Shi y Xue, 2009 y Khan, 2012 observaron que aparecieron cambios indeseables en arándanos a una temperatura de más de 50°C. Lazarides (1994) reportó ganancias sustanciales de azúcar más altas de hasta aproximadamente (55%) en comparación con las presentadas a temperatura ambiente durante la deshidratación osmótica de manzanas, cuando la temperatura de proceso se encontró entre 30 y 50°C. Los mayores valores de ganancia de sólidos en los tratamientos por encima de 20°C se debieron probablemente al efecto de hinchamiento y plastificación de la membrana, que mejoró la permeabilidad de la membrana celular a las moléculas de azúcar.

Para mejorar la transferencia de masa, se puede aplicar el proceso de agitación durante la DO. El efecto de la agitación fue estudiado por Moreira y col. (2007), en donde compararon el efecto de los tratamientos con agitación y sin agitación sobre la deshidratación osmótica de pitahaya amarilla (*selenicereus megalanthus* s.) empleando soluciones de sacarosa. Las muestras agitadas mostraron una mayor reducción de peso, en consecuencia, mayor pérdida de agua, respecto al producto no agitado. El proceso de agitación puede promover el flujo turbulento y este puede

mejorar el mecanismo de flujo hidrodinámico durante la deshidratación osmótica (Moreira y col. 2007; Shi y Xue, 2009).

El tiempo es un factor de enorme relevancia, debido a que los cambios más importantes del fenómeno de deshidratación ocurren durante las dos primeras horas del proceso, la mayor ganancia de sólidos durante los primeros 30 minutos y la condición de equilibrio se alcanza a tiempos prolongados (Maldonado y col, 2008).

Otras de las condiciones relevantes es la presión de trabajo ya que a medida que aumenta la diferencia en presiones entre el interior y el exterior de la célula, también aumenta la diferencia de potencial osmótico, y por ende la fuerza impulsora para el flujo de salida de agua del producto. Por esta razón en frutas, la cinética del proceso de deshidratación ocurre más rápidamente en condiciones de vacío que a presión atmosférica, lo que hace el proceso más eficiente y práctico, permitiendo el empleo de temperaturas de operación más bajas y la obtención de productos de mejor calidad. El principal efecto del vacío es el incremento en la pérdida de peso principalmente en las primeras etapas del proceso de deshidratación osmótica, y a medida que transcurre el tiempo la ganancia de sólidos se empieza a hacer también significativa (Castro y col. 1997; Panadés y col. 1996).

Un factor adicional que puede modificar el intercambio agua/sólidos es el pH del jarabe. La acidez de la solución aumenta la pérdida de agua debido a que se producen cambios en las propiedades tisulares y consecuentemente cambios en la textura de las frutas y vegetales que facilitan la eliminación de agua (Moy y col. 1978). Camacho y Díaz, 1997, citados por Maestrelli, 2001, han demostrado un aumento en la pérdida de agua en la piña deshidratada en jarabe de sacarosa acidificado. El pH óptimo del agente osmótico depende también del tipo de fruta o vegetal, por ejemplo, en la manzana, la acidificación del jarabe produce un ablandamiento del tejido que tiene un impacto negativo en la calidad.

1.5.3 Modelado de la deshidratación osmótica

La deshidratación osmótica es un proceso complejo de contra-difusión simultáneo de agua y solutos (Saputra, 2001; Rodriguez y col., 2012). En él, podemos reconocer tres flujos:

1. Flujo del agua del producto a la disolución
2. Flujo de los solutos de la disolución al producto
3. Flujo de los solutos solubles en el agua desde el producto a la disolución (azúcares, ácidos orgánicos, minerales y vitaminas)

Generalmente, este último flujo se desprecia para los efectos del modelado puesto que, aunque es importante en las características organolépticas y nutricionales del alimento, es muy pequeño si se lo compara con los otros dos flujos (Singh y col., 1999 y Sablani y col., 2002). La velocidad de

transferencia de masa disminuye hasta alcanzar el equilibrio en el que la tasa neta de transporte de masa es nula. La gran complejidad del proceso de transferencia de masa hace que la predicción precisa sea difícil y que dependa de la determinación apropiada de las condiciones de equilibrio y de parámetros como la difusividad efectiva. Entonces, para simplificar el tratamiento del fenómeno se suele interpretar la información experimental mediante modelos empíricos y semiempíricos los cuáles son válidos solamente para reproducir condiciones semejantes a las experiencias de las que se obtuvieron los datos. La metodología que se utiliza generalmente es la correlación directa de la pérdida de agua y la ganancia de sólidos con algunas variables representativas del proceso como puede ser el tiempo. También, el planteo de un ajuste polinómico puede resultar apropiado. Estos métodos sencillos no permiten extrapolar más allá del rango experimental (Ochoa y Ayala, 2005). Además, necesitan de parámetros que no necesariamente tienen significado físico. Entre estos modelos empíricos y semiempíricos se pueden citar los de Azuara (Azuara, 1998), Peleg (Peleg, 1988), Hawkes y Flink (Hawkes y Flink, 1978), Magee (Parjoko y col., 1991; Moreira, 2004), Raoult-Wack (Raoult-Wack y col., 1991), Palou (Palou y col., 1993; Sacchetti, 2001). También algunos investigadores recurren al ajuste polinómico (Rahman y col., 2001; Mujica-Paz y col. 2003 a y b; Sablani y Rahman, 2003).

1.5.3.1 Modelos Empíricos

-Modelo de Peleg: la pérdida de agua o de humedad en el producto se puede modelar mediante la ecuación propuesta por Peleg (1998):

$$\frac{t}{H - H_0} = k_1 + k_2 t$$

(Ecuación 1)

Donde t es el tiempo de deshidratación osmótica, H es el contenido de humedad a tiempo t , H_0 es el contenido de humedad inicial y k_1 , k_2 son parámetros del modelo.

Los parámetros del modelo tienen significado físico. Haciendo que $t \rightarrow 0$ en la Ecuación 1 y reordenando, se obtiene:

$$\frac{1}{k_1} = \left(\frac{dH}{dt} \right)_{t \rightarrow 0}$$

(Ecuación 2)

En la ecuación 2 se puede ver que k_1 es inversamente proporcional a la velocidad inicial de transferencia de agua. Por otro lado, si $t \rightarrow \infty$, podemos encontrar la relación del parámetro k_2 con la humedad de equilibrio H_e :

$$H_e = H_0 + \frac{1}{k_2}$$

(Ecuación 3)

Estas ecuaciones son válidas también para describir empíricamente el contenido de sólidos, reemplazando $H-H_0$ por ganancia de sólidos (Della Roca, 2010).

-Modelo de Azuara: Este modelo se basa en el balance de agua y sólidos en el alimento. Para cada variable, plantea una ecuación de dos parámetros que puede predecir la cinética de la deshidratación osmótica y el punto final de equilibrio. El mismo se puede estimar utilizando datos obtenidos durante un período relativamente corto de tiempo. Además, su aplicación a los datos experimentales no requiere de las dimensiones, la forma, ni la estructura del alimento (Azuara, 1992 en Arballo, 2013).

Este modelo empírico tiene la ventaja de no requerir llegar al equilibrio para predecir los valores de pérdida de agua y ganancia de sólidos pero limita su validez sólo al rango experimental para el que se obtuvieron los parámetros.

Azuara modeló la pérdida de agua en la deshidratación osmótica a partir del balance de masa del agua. La ecuación requiere el ajuste de dos parámetros, PA_∞ y s_1

$$\frac{t}{PA} = \frac{1}{s_1 PA_\infty} + \frac{1}{PA_\infty}$$

(Ecuación 4)

Donde PA es la pérdida de agua a un determinado tiempo t ; PA_∞ es la pérdida de agua a tiempo infinito; s_1 es la constante de velocidad relativa para la pérdida de agua.

Como en el modelo de Peleg, en el caso que se reemplace la pérdida de agua por la ganancia de sólidos, este modelo también puede emplearse para el estudio de la transferencia de sólidos en el producto.

1.6 Interés y objetivos del trabajo

El interés de los consumidores por adquirir alimentos frescos listos para consumir, ha provocado un acelerado ritmo de crecimiento en la elaboración de productos VMP. En el caso del mercado institucional de comidas, el alto costo de mano de obra y tiempos de operación para la adecuación de los vegetales que se utilizan en la preparación de sus menús, hace pensar que proporcionar un vegetal limpio, fresco y cortado de acuerdo a sus necesidades y listo para usar, ayudaría a disminuir los costos y tiempos operativos. Esta necesidad conlleva a desarrollar un proceso productivo que permita obtener VMP con una vida útil mayor a la del producto fresco, pero modificando mínimamente sus características sensoriales.

El empleo de tecnologías combinadas permite lograr la preservación de alimentos frescos al retardar el deterioro microbiológico y fisiológico de los vegetales. Esta se basa en la combinación inteligente de factores de conservación utilizados comúnmente, entre ellos bajas temperaturas, la actividad acuosa (a_w) y agentes antioxidantes. La DO junto con la refrigeración podría ser una tecnología eficaz para extender la vida útil de los VMP. La introducción de solutos en la matriz del alimento mejora su calidad organoléptica. La eliminación osmótica de agua se puede obtener en vegetales usando sales de sodio u otros minerales y/o azúcares. Una selección adecuada de solutos deshidratantes y de su concentración permitirá controlar la actividad de agua en el vegetal; siendo la sacarosa el más utilizado. Otros como el jarabe de glucosa y el sorbitol aportan no sólo características de conservación, sino que, además, el jarabe de glucosa, se destaca por su poder anticristalizante, higroscopicidad, cuerpo, textura y poder humectante, mientras que el sorbitol tiene propiedades humectantes y protectoras del color. La solución osmótica debe contener además otros compuestos para inhibir la acción de las enzimas responsable del oscurecimiento del producto como agentes antioxidantes naturales como el ácido ascórbico (AA) y el ácido cítrico (AC), utilizados, individual o combinados para aumentar la eficacia. El intercambio de flujos entre el producto y la solución hipertónica dependerá de la naturaleza y del tamaño del producto, pretratamientos, de la concentración y del tipo de agente osmótico, de la relación producto/jarabe, de la temperatura, de la agitación y del tiempo de proceso. Por ello, es necesario identificar las condiciones óptimas de trabajo que incrementen la velocidad de transferencia de masa sin afectar la calidad para cada producto deshidratado osmóticamente. Los vegetales cortados, luego del tratamiento en la solución deshidratante durante un tiempo determinado, son envasados en films con cierta permeabilidad al O_2 y almacenados bajo refrigeración

Para la realización de este trabajo, se ha elegido a la papa como modelo de estudio, debido a la demanda por parte de los productores y pequeñas empresas ubicadas en el partido de Balcarce y general Pueyrredón (siendo ésta zona considerada "papera por excelencia") a elaborar productos de papa mínimamente procesados de alta calidad. Por otro lado, es uno de los vegetales más frecuentes en la elaboración de las comidas diarias, razón por la cual muestra una demanda en

aumento por parte de los gastronómicos, instituciones y cocinas domésticas. La mayor dificultad en la elaboración de papa mínimamente procesada consiste en su corta vida útil debido a las alteraciones microbiológicas y bioquímicas. Uno de los principales problemas es que ésta presenta una alta velocidad de pardeamiento enzimático y, por lo tanto, se la puede tomar como referente para otros vegetales en el control de las reacciones bioquímicas causantes del mismo. Por lo tanto, la aplicación de un proceso de DO previo a la refrigeración podría contribuir a preservar la calidad global y aumentar la vida útil de cubos de papas frescos, envasados y refrigerados.

Objetivo general

Utilizar la DO como una tecnología complementaria a la refrigeración para la preservación de cubos de papa mínimamente procesados y estudiar la calidad global durante su conservación en condiciones de refrigeración.

Objetivos específicos

1. Seleccionar la mejor combinación de las variables de proceso de deshidratación osmótica (tipo de solutos, temperatura y tiempos de DO) que permitan mantener/ mejorar la calidad global de cubos de papas.
2. Ajustar los datos experimentales obtenidos en las experiencias de deshidratación osmótica con modelos empíricos: Modelos de Azuara y Peleg.
3. Evaluar el efecto del espesor de envases utilizados en los productos de papa mínimamente procesados a almacenar, que contribuyan a la mejor conservación del producto.
4. Estudiar el efecto de 2 variedades de papa sobre los parámetros de la transferencia de materia durante la deshidratación osmótica y sobre la calidad global de los cubos de papa mínimamente procesados y almacenados.
5. Estudiar el efecto del tratamiento de deshidratación osmótica de los cubos de papa de dos variedades sobre la calidad nutricional, fisicoquímica, estructural y microbiológica.
6. Realizar el análisis sensorial para el desarrollo de nuevos productos de papa mínimamente procesados. Esto permitirá la obtención de información sobre los atributos sensoriales y la aceptabilidad de estos productos experimentales, con lo que se podrá establecer los criterios más adecuados para el desarrollo y posterior comercialización de un producto mínimamente procesado.
7. Determinar la vida útil sensorial de los productos mínimamente procesados.

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Material y preparación de la muestra

Se emplearon dos variedades de papa, Spunta (83% p/p de humedad; contenido de sólidos solubles 5 °Brix) e Innovador (79% p/p de humedad; contenido de sólidos solubles 6 °Brix). Estas variedades de tamaño grande y forma oval-alargada son utilizadas para consumo directo (Spunta) y para procesamiento a nivel industrial (Innovador). Ambas variedades fueron obtenidas de ensayos del plan de Mejoramiento de INTA, Balcarce. Se utilizaron dos bolsas de 30 kg cada una. Ambas fueron almacenadas en cámaras a 4°C hasta su procesamiento. Antes de su utilización las mismas fueron retiradas del frío y expuestas a temperatura ambiente durante 7 días.

De cada bolsa de 30 kg se seleccionaron y tomaron 10 tubérculos de tamaño similar (15 X 4 cm aprox) para cada condición y repetición.

Los tubérculos, se lavaron con agua clorada (500 ppm) durante 5 minutos, y se enjuagaron con agua destilada. Las papas se pelaron y se lavaron con agua dionizada a 4°C (Angós y col. 2008).

2.2 Preparación de las muestras

Las muestras se cortaron en cubos de 1 x 1 cm con una cortadora de papas (Figura 5), se enjuagaron con agua dionizada 4°C durante 1 minuto y se secaron con papel adsorbente antes de ser sometidos al proceso de deshidratación osmótica (DO). Esta configuración, fue seleccionada considerando su factibilidad de uso como materia prima en el proceso de elaboración de ensaladas de papas.

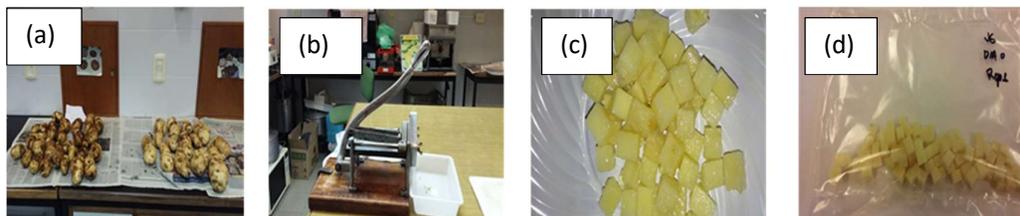


Figura 5. Preparación de las muestras de papas: a) materia prima, b) cortadora, c) cubos de papa, d) envasado

2.3 Selección de los agentes osmóticos para la realización de la deshidratación osmótica

Las propiedades de la solución deshidratante afectan fuertemente la eficiencia de la DO. De hecho, un factor importante a tener en cuenta al momento de elegir el agente osmótico es su influencia sobre la relación pérdida de agua/ganancia de sólidos y, en consecuencia, su tendencia a promover o reducir la impregnación (Sacchetti y col. 2001). En esta tesis se utilizaron los siguientes solutos para la operación de DO: sacarosa (SA) (marca Ledesma), jarabe de glucosa (JG) (marca Globe ®

10240 Productos de Maíz; composición del jarabe en Anexo 1) y sorbitol (SO) (marca La Roquette; especificación técnica en el Anexo 1).

En una primera etapa del desarrollo experimental se probaron las concentraciones de 25 y 45% p/p de soluciones deshidratantes de SA, JG y SO + 5% NaCl p/p para calcular los parámetros de transferencia de masa y modelado experimental del proceso de DO. En una segunda etapa, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cuanto a la pérdida de agua y ganancia de sólidos (Capítulo 3, inciso 3.1 y 3.2) y al ajuste de los modelos de Azuara y Peleg (Capítulo 3, inciso 3.3.1 y 3.3.2) se seleccionó una concentración de solución de 35%p/p + 5% p/p NaCl. Existen antecedentes del uso de la concentración de 40% p/p en cubos de papa (Della Rocca, 2010) y en ciruelas y nectarinas (Rodríguez, 2013). A su vez, en este trabajo de tesis se aplicaron antioxidantes comerciales ácido cítrico (AC) y de ácido ascórbico (AA) (0,5% p/p) (marca Biopack) y cloruro de sodio comercial (NaCl) (marcas dos Anclas) (5% p/p). Las concentraciones de AC y AA fueron seleccionadas de acuerdo a valores reportados en literatura (García, 2016; Guzman, 2012; Silva Paz y col., 2014).

2.4 Selección de las condiciones de operación para la deshidratación osmótica

Las condiciones de operación y variables de proceso fueron ajustadas de modo de minimizar la ganancia de sólidos, maximizar la pérdida de agua y aumentar la vida útil del producto de papa almacenado en refrigeración y mantener las características sensoriales y aceptabilidad de los cubos de papas DO.

2.4.1 Diseño y Tratamiento de deshidratación osmótica

El equipo de DO consistió en un baño termostatzado con agitación lineal constante (marca Kottermann, Alemania), en donde se colocaron los recipientes (vasos de precipitados, capacidad 3 litros), con las soluciones deshidratantes a la temperatura de trabajo. En éstos recipientes se colocaron canastas plásticas con las muestras de papas previamente cortadas y lavadas. Una vez concluido el tiempo de inmersión deseado, las muestras fueron retiradas de las soluciones y enjugadas en agua destilada durante 10 segundos para eliminar el remanente de solución de ósmosis en las muestras, se escurrieron y se secaron en papel adsorbente para ser posteriormente envasadas en bolsas de polietileno de baja densidad y almacenadas a 4°C hasta sus posteriores análisis.

El proceso se realizó variando la temperatura (40, 50 y 60°C) durante 1, 2, 3 y 4 horas, a presión atmosférica y agitación forzada constante y se trabajó con una relación solución/masa de papa \cong 20/1 (Pointing, 1996).

2.5 Determinaciones

2.5.1 Porcentaje de humedad

El porcentaje de humedad se determinó a través de la pérdida de peso por desecación en estufa (marca Heraeus, Alemania) (AOAC, 2005). Las muestras se colocan en papel aluminio previamente tarado y se colocan durante 48 h en estufa a 60°C. Luego del tiempo de secado, se dejaron enfriar en desecador y se pesaron en una balanza, sensibilidad 0,1 mg. El agua evaporada se calculó a partir de la diferencia de peso de la muestra antes y después de ser sometida al secado (Ecuación 5).

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \left(\frac{(\text{Tara} + \text{peso seco}) - \text{Tara}}{(\text{Tara} + \text{peso fresco}) - \text{Tara}} \right) \times 100$$

(Ecuación 5)

2.5.2 Parámetros de transferencia de masa

Se calcularon la pérdida de peso (PP) (Ecuación 6), la pérdida de agua (PA) (Ecuación 7) y la ganancia de sólidos (GS) (Ecuación 8) para cada tratamiento y en cada tiempo de almacenamiento, a partir de la transferencia de masa, que se midió a través de la variación de la reducción de peso y del contenido de sólidos solubles (SS) y de sólidos totales (ST%) (Ecuación 9).

2.5.2.1 Determinación de pérdida de peso (PP%) y pérdida de agua (PA%)

La pérdida de peso (PP %) se determinó pesando la muestra antes y luego del tratamiento de deshidratación osmótica (Ecuación 6). Para ello se utilizó una balanza analítica marca Denver (máx. 610 g, d= 0,01 g) (Alemania). La pérdida de agua (PA %) se determinó mediante la Ecuación 7.

$$PP \% = \frac{m_0 - m_f}{m_0} \times 100$$

(Ecuación 6)

$$PA \% = \left(1 - \frac{ST}{100} \right) - \left(1 - \frac{ST^o}{100} \right) \left(1 - \frac{PP}{100} \right) \times 100$$

(Ecuación 7)

Donde ST° corresponde a contenido de sólidos totales iniciales, ST al contenido de sólidos totales a tiempo t (Ecuación 9), m_0 a la masa inicial de muestra de papa fresca, m_t a la masa de muestra DO a tiempo t , PP es pérdida de peso durante la DO y PA es la pérdida de agua durante la DO.

2.5.2.2 Sólidos solubles (SS), ganancia de sólidos (GS%) y sólidos totales (ST%)

La concentración de sólidos solubles (SS) de las muestras de papas se determinó con un refractómetro (marca Erm, Japón), con un rango de operación de 0-32%, mientras que los SS de las soluciones osmóticas se determinaron con un refractómetro marca Bausch E Lomb (Estados Unidos), rango 40 – 85%. Los valores obtenidos se expresaron como °Brix. La ganancia de sólidos (GS %) se calculó de acuerdo a la Ecuación 8. Los sólidos totales (ST %) se calcularon por diferencia de peso de la muestra antes y después de ser sometida al secado en estufa (Marca Erasus, Alemania) (Ecuación 9). Las determinaciones se realizaron por duplicado y se informan los valores medios y sus desviaciones estándar.

$$GS\% = \left(\left(1 - \frac{PP}{100} \right) \times \frac{SS}{100} - \frac{SS^{\circ}}{100} \right) \times 100$$

(Ecuación 8)

Donde PP corresponde a la pérdida de peso (%) (Ecuación 6), SS° corresponde al contenido de sólidos solubles iniciales, SS al contenido de sólidos solubles a tiempo t .

$$ST\% = \left(\frac{(Tara + peso\ seco) - Tara}{(Tara + peso\ fresco) - Tara} \right) \times 100$$

(Ecuación 9)

2.5.3 Modelo de la deshidratación osmótica

En esta tesis se aplicaron dos modelos empíricos: Azuara y Peleg. Se consideró como criterio de ajuste de los modelos a los datos experimentales el coeficiente de regresión lineal R^2 .

Para la aplicación del modelo de Peleg (1988), se utilizó la Ecuación 1 citada en el capítulo 1, inciso 1.5.3.1 de la tesis. Los parámetros del modelo k_1 y k_2 , se obtuvieron por regresión lineal de la expresión $\frac{t}{H-H_0}$ vs t . Para el modelo matemático de Azuara y col. (1992) se utilizó la Ecuación 4 citada en el Capítulo 1, inciso 1.5.3.1. Los parámetros del modelo PA_∞ y s_1 , se obtuvieron mediante regresión lineal de $\frac{t}{PA}$ vs tiempo de DO, siendo $PA_\infty = 1/\text{pendiente}$ y $s_1 = (1/\text{ordenada al origen}) / PA_\infty$. Este modelo también se empleó para el estudio de la transferencia de sólidos en el producto.

2.6 Evaluación de los diferentes envases utilizados en los productos de papa mínimamente procesados.

Se envasaron 100g de cubos de papa en bolsas de polietileno de baja densidad (PEBD) de 4 diferentes espesores: 30, 50, 70 y 100 μm . y se almacenaron durante 0, 5, 10 y 15 días en refrigeración a 4°C (Martinez y Artés, 2005).

En cada muestra se analizó el gas del espacio de cabeza y se realizaron mediciones de color. Las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono se midieron a partir de muestras de gas tomadas de cada bolsa que contenía los cubos de papa mínimamente procesadas y cubos de papa control en cada tiempo de muestreo (0, 5, 10 y 15 días a 4°C). Las mediciones se realizaron mediante un analizador de gases equipado con un sensor de circonio O_2 y un sensor infrarrojo de CO_2 Checkmate 3 (PBI Dansensor, Ringsted, Dinamarca) (Figura 6). Los resultados de CO_2 y O_2 se expresaron como porcentaje. Todas las medidas se determinaron en 5 réplicas.



Figura 6. Medidor de gas de espacio de cabeza

2.7 Determinación de parámetros nutricionales de los cubos de papa mínimamente procesados almacenados en refrigeración

2.7.1 Determinación de Fenoles Totales (FT)

El contenido de FT en las muestras de papa control y mínimamente procesadas se determinó por el método espectrofotométrico de Folin–Ciocalteu descrito por Blessington (2005) con modificaciones. Se pesaron 5 g de muestras trituradas a los cuales se le agregaron 15 ml de metanol puro. La mezcla se homogeneizó a 2.000 rpm por un minuto. Posteriormente se centrifugó a 5.000 rpm durante 15 minutos. Un volumen de 150 µl de extracto se mezcló con 2.250 µl de agua y 150 µl de una solución de Folin-Ciocalteu, previamente diluido. La mezcla se dejó en reposo por 3 minutos. Posteriormente se adicionó 300 µl de una solución de carbonato de sodio (1N). Después de 2 horas de reacción se midió la absorbancia a 725 nm en espectrofotómetro Marca Spectronic 601, Milton Roy (Estados Unidos). Los resultados se expresaron en mg/g PS (peso seco) (Ecuación 10). Se realizaron curvas estándar de calibración con pirocatecol (Figura 7). Para ello, se tomó a partir de las soluciones estándares una alícuota de 150 µl y se agregó 2,25 ml de agua destilada + 150 µl de la solución de Folin Ciocalteu (0,25 N) + 300 µl de la solución de Na₂CO₃ (1N).

$$\% \text{ FT} = \frac{\left(\frac{\text{Absorbancia}}{\text{pendiente}} \times 15\right)}{\text{Peso de la muestra} \times 10}$$

(Ecuación 10)

Donde la Absorbancia es la medición a 725 nm, la pendiente corresponde a la obtenida a partir de la curva estándar, 15 corresponde al volumen de metanol de la solución de extracción (ml), el peso de la muestra se expresa en gramos y 10 es la conversión de ppb a mg/100g de peso fresco. Luego el resultado numérico se expresó en base seca.

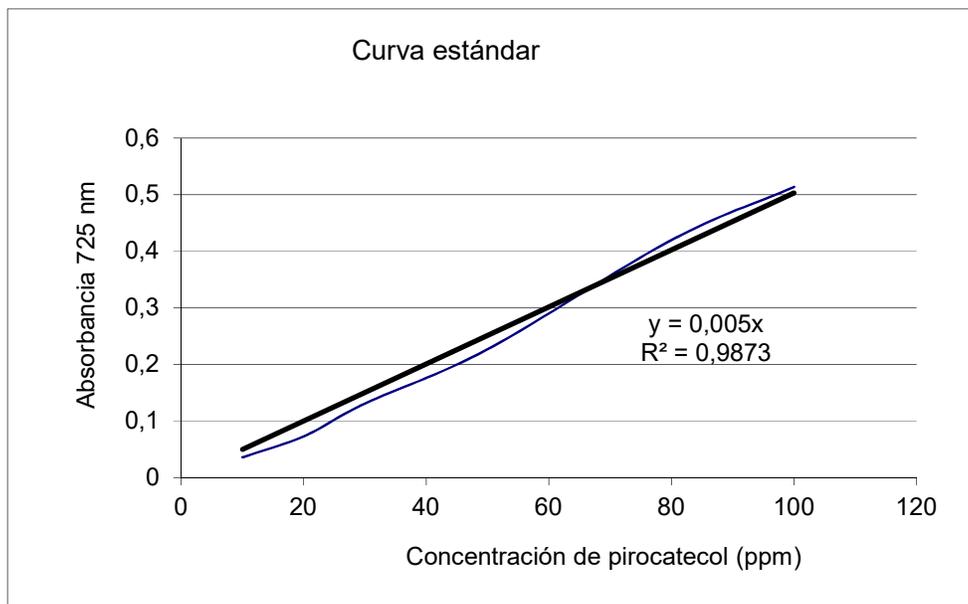


Figura 7. Curva estándar de pirocatecol

2.7.2 Determinación de Ácido Ascórbico (AA)

Se determinó la concentración de AA por HPLC (High Performance Liquid Chromatography) de acuerdo a la metodología de Tudela y col. (2002). La muestra de papa se picó y se le agregó 2,5 ml de ácido oxálico en NaF, 2,5 ml de metanol grado HPLC y 15 ml de agua destilada. La mezcla fue homogeneizada a 11.000 rpm durante 30 segundos; posteriormente se centrifugó a 5.000 rpm durante 10 minutos. Una alícuota de 1 ml del filtrado se pasó por un cartucho C-18, y se recogió en un vial. Para la cuantificación se empleó un equipo HPLC marca Agilent 1.100 (Reino Unido), con una bomba cuaternaria y detector de arreglo de yodos. Se utilizó una columna C-18 (Luna C-18 de 250 x 4,6 mm) a temperatura de 20°C, la fase móvil fue ácido ortofosfórico pH 2,2, con un caudal de 0,5 ml/min y con un volumen de inyección de 20 µl. Se construyó una curva estándar de AA (Figura 8) y se calculó el contenido de AA (Ecuación 11). Los resultados se expresaron en % ácido ascórbico equivalente (mg AA/g de peso seco).

$$\% \text{ AA} = \frac{(X \times \text{Volumen de solución extractora (ml)})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

(Ecuación 11)

Donde X es la concentración de AA obtenida a partir de la curva estándar (ppm).

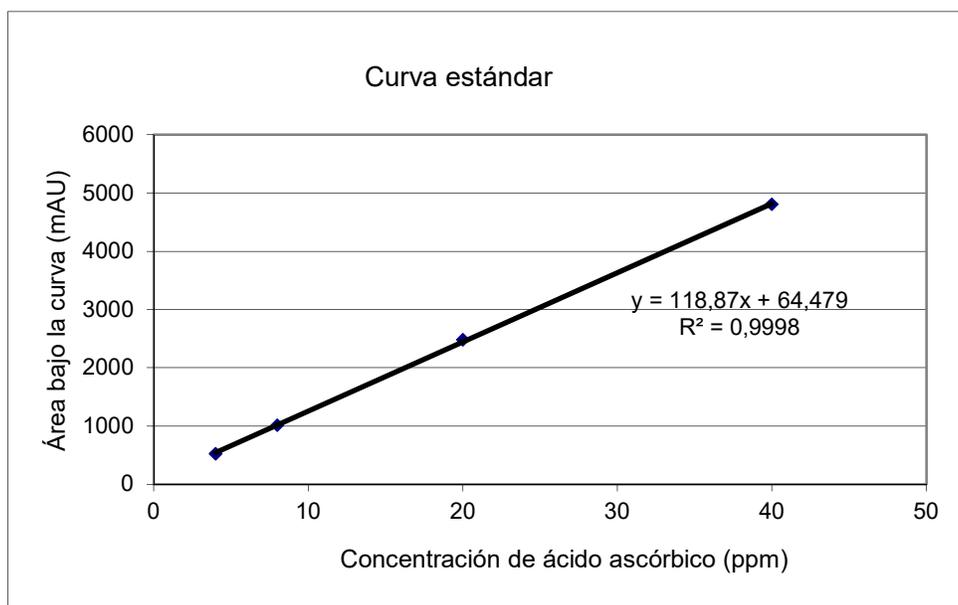


Figura 8. Curva estándar de ácido ascórbico

2.7.3 Actividad de la polifenoloxidasas (PPO)

La actividad de la polifenoloxidasas fue determinada mediante método colorimétrico (oxidación de catequina a benzoquinona) siguiendo la metodología de Sciancalepore y Longone (1984). Para su determinación se pesaron 5 g de papa picada, se mezcló con buffer fosfato de sodio 0,1M. Se agregó en un tubo de ensayo 1,9 ml del buffer fosfato + 2 ml de catecol al 0,1% + 0,1 ml del sobrenadante del extracto de la enzima (volumen final 4 ml). Se homogeneizó a 11.000 rpm por 1 minuto, se filtró y se centrifugó a 5.000 rpm durante 15 minutos. Se recolectó 0,1 ml del sobrenadante y se agregó una alícuota de 2 ml de catecol al 0,1%. Se mezcló y se procedió a determinar la absorbancia en un espectrofotómetro, Marca Spectronic 601, Milton Roy (Estados Unidos), en intervalos de 5 segundos durante un minuto a 410 nm, llevando previamente a cero con un blanco de 3,9 ml de buffer fosfato + 0,1 ml del extracto. Se graficó el cambio de absorbancia respecto al tiempo y se expresó la actividad de la enzima como UPPO, que se define como la cantidad de enzima que causa un cambio en la absorbancia de 0,1 por minuto. El incremento en la absorbancia es atribuido a la formación de benzoquinona, el producto de la reacción.

2.8 Análisis de color

El color de las papas mínimamente procesadas se midió con un Colorímetro MINOLTA (Chromameter CR300) (Japón), usando la representación en tres dimensiones CIE $L^* a^* b^*$ (García, 2014).

Las muestras (fresca y DO) se dispusieron formando una superficie sobre una caja de Petri apoyada en un fondo blanco en la cual se midió el color. Sobre cada muestra se efectuaron 3 mediciones y los cálculos posteriores se realizaron considerando el promedio de las mismas, junto con sus desviaciones.

Los tres parámetros utilizados fueron L^* (luminosidad), a^* (rojo-verde) (enrojecimiento) y b^* (azul-amarillo) (amarillamiento). A partir de ellos, se calculó la diferencia de color (DeltaE), que indica el cambio de color total de las muestras tratadas al tiempo de almacenamiento con respecto a la misma muestra al día 0 de almacenamiento (Ecuación 12):

$$\text{DeltaE} = \sqrt{((L - L^*_0)^2 + (a - a^*_0)^2 + (b - b^*_0)^2)}$$

(Ecuación 12)

Donde el subíndice 0 representa la condición de referencia.

A partir de los parámetros L^* , a^* y b^* se calculó el índice de pardeamiento (IP) utilizando la Ecuación 13 (Mascan, 2001).

$$\text{IP} = \frac{100 (X - 0,31)}{0.17}$$

(Ecuación 13)

Donde,

$$X = \frac{(a^* + 1,75 \times L^*)}{(5,64 L^* + a^* - 3,012 \times b^*)}$$

(Ecuación 14)

Se utilizaron 10 replicados para cada condición, haciendo mediciones en al menos cuatro posiciones diferentes de la superficie de cada muestra. Los resultados reportados se basaron en el valor promedio de estas mediciones.

Todas las mediciones se realizaron al día 0 (sobre los cubos de papas frescos o control e inmediatamente después de realizado el tratamiento), al día 5, 10 y 15 de almacenamiento en refrigeración a 4°C.

2.9 Estudio de la microestructura

La microscopía electrónica de barrido es una herramienta fundamental en el estudio de la microestructura de las muestras. La respuesta de la estructura al tratamiento de DO fue observada a partir ensayos de microscopía electrónica de barrido ambiental (ESEM). Este método permite observar con detalle la estructura del tejido vegetal, sin necesidad de preparación previa.

Se analizó la microestructura de los cubos de papas frescos, luego de la DO y el almacenamiento en refrigeración mediante microscopía electrónica de barrido ambiental (ESEM, marca Philips, modelo XL 30, República Checa) que permite observar muestras de alto contenido de humedad, debido a que el agua puede mantenerse en fase líquida sin necesidad de preparación previa. Las micrografías fueron obtenidas en una atmósfera con 80% de humedad relativa, temperatura de 6°C y una presión de 5,6 torr.

2.10 Variación de las propiedades mecánicas

El estudio de las propiedades mecánicas fue realizado mediante ensayos de perfil de textura (TPA) de dos ciclos de compresión, utilizando un texturómetro Stable Microsystems TXT-2a (Reino Unido). Para configurar los ensayos, se trabajó con una celda de compresión de 5 kg usando una probeta cilíndrica con una velocidad de cabezal de 5 mm/seg hasta llegar a una compresión del 40% (Wais, 2011). A partir del ensayo de TPA se obtuvieron los valores de dureza (D) para caracterizar las propiedades mecánicas de los productos obtenidos (Rosenthal, 1999).

Se realizaron al menos 10 mediciones para los diferentes tiempos de almacenamiento en refrigeración. Los valores informados se presentaron normalizados con los valores correspondientes al producto fresco.

2.11 Análisis microbiológico

En las muestras DO y control se realizó el recuento de bacterias aerobias mesófilas totales (BAMT) y el recuento de hongos filamentosos y levaduras (HFyL) a los 0 y 15 días de almacenamiento en refrigeración. El resultado presentado es el promedio de las dos repeticiones correspondientes a

una dilución 10^{-1} . Para el recuento se utilizó un microscopio óptico (MO) con contraste de fases Olympus BH-2 con ocular de 10x y objetivos de 10x, 20x, 40x y 100x, con inmersión en aceite (Estados Unidos).

El recuento de bacterias aerobias mesófilas totales (BAMT) se realizó mediante la técnica de recuento en placa vertida (APHA, 1998). Las muestras se sembraron en medio de cultivo Agar Nutritivo para Recuento en Placa (Britania). Los recuentos fueron efectuados en placas de Petri, sembrando 0,1 ml de las diluciones 10^{-1} a 10^{-3} por duplicado. El resultado presentado es el promedio de las dos repeticiones correspondientes a la dilución en donde se efectuó el recuento. Los resultados se expresaron en UFC/g.

El recuento de hongos filamentosos y levaduras se realizó mediante el empleo un medio general como el agar dicloroanilina con 18% de glicerol (DG18). Las muestras se sembraron en medio de cultivo agar papa glucosa (Britania) al que se adicionó cloranfenicol (0,1g/l). Los recuentos fueron efectuados en placas de Petri, sembrando 0,1 ml de las diluciones 10^{-1} a 10^{-3} por duplicado (Yousef y Carlstrom, 2003). El resultado presentado es el promedio de las dos repeticiones correspondientes a la dilución en donde se efectuó el recuento. Los resultados se expresaron en UFC/g.

2.12 Análisis Sensorial

En una primera etapa, se evaluó la apariencia general, el color y el sabor de los cubos de papa deshidratados osmóticamente en solución de sacarosa, sorbitol y jarabe de glucosa (35% p/p + NaCl 5% p/p + 0,5% AA y 0,5% AC p/p), mediante un panel sensorial de jurados expertos. Este ensayo preliminar permitió descartar el uso de la sacarosa como soluto deshidratante debido al dulzor aportado a las muestras identificado por los evaluadores. *En una segunda etapa*, se profundizó en la caracterización sensorial del producto deshidratado osmóticamente en solución de sorbitol y jarabe de glucosa 35% p/p + NaCl 5% p/p + 0,5% AA y 0,5% AC p/p, con un grupo de evaluadores seleccionados y entrenados en análisis sensorial descriptivo de alimentos, se evaluó la aceptabilidad de las muestras mediante un panel de consumidores y se determinó la vida útil sensorial del producto.

Tabla 2. Tipos de paneles sensoriales

Tipos de paneles	Tarea	Ubicación
Panel de expertos	Evaluar sensorialmente las muestras	Capítulo 2, inciso 2.12.1
Panel entrenado	Caracterizar sensorialmente las muestras	Capítulo 2, inciso 2.12.2.2
Panel de consumidores	Aceptar sensorialmente las muestras	Capítulo 2, inciso 2.12.2.3

2.12.1 Primera etapa: ensayo con jurado experto

2.12.1.1 Evaluación de los cubos de papas DO por un panel sensorial de expertos

El panel evaluó la apariencia general, el color y el sabor de los cubos de papas sometidos a las soluciones deshidratantes (jarabe de glucosa, sorbitol y sacarosa) luego de ser sometidos a proceso de hervido durante 20 minutos en una olla dividida en 8 compartimentos (Figura 9). El jurado experto consistió en 4 panelistas, previamente entrenado en el producto de papa y que han realizado trabajos previos en este tipo de producto. El evaluador experto es aquel evaluador seleccionado con un alto grado de sensibilidad sensorial y experiencia de la metodología sensorial que puede hacer consistente y repetible las evaluaciones sensoriales de varios productos (Norma IRAM 20005-2; ISO 8586-2:1994).



Figura 9. Preparación de las muestras de papas: a) cocción de las muestras en la olla al vapor, b) y c) presentación de las muestras y d) muestras preparadas para los panelistas.

2.12.1.2 Ensayo de diferencia con un control

A su vez, los cubos de papas deshidratados osmóticamente en las diferentes soluciones deshidratantes (sacarosa, sorbitol y jarabe de glucosa), envasados y almacenados en refrigeración a 4°C, luego de las 24 horas fueron sometidos a tratamiento de cocción mediante hervor en agua por 20 minutos, para determinar la aceptabilidad de los mismos. Una muestra de referencia K (cubos de papas sin tratamiento y hervidos) fue presentada junto con tres muestras tratadas con soluciones de SO, JG y SA (35% p/p) + NaCl (5% p/p) + AA (0,5% p/p) y AC (0,5% p/p). Las muestras correspondientes a cada tratamiento fueron colocadas en cápsulas de Petri codificadas con números de tres dígitos elegidos al azar y colocadas sobre una bandeja con fondo blanco. Las muestras fueron presentadas a los evaluadores en forma simultánea.

En este caso, el panel sensorial consistió de un grupo de 8 evaluadores ubicados en cabinas sensoriales (Figura 10). Previamente se les explicó el mecanismo de la prueba y el uso de la escala. Se utilizó una escala verbal y los atributos evaluados fueron intensidad de apariencia general, color y sabor (Anexo 2, Planilla 1). El ensayo se realizó en una sola sesión con un intervalo entre los duplicados.



Figura 10. Cabinas sensoriales.

Se realizó un análisis de varianza de dos factores (muestra y evaluadores) con un $\alpha = 0,10$, utilizando la opción “varias muestras por grupo”. Ante la existencia de diferencias significativas, se utilizó un test de comparación de medias empleando el método de LSD de Fisher con un Programa estadístico Infostat, 2018 (Argentina).

2.12.2 Segunda etapa: entrenamiento de un panel sensorial, caracterización sensorial con panel entrenado, aceptabilidad en consumidores con panel de consumidores y vida útil sensorial de cubos de papa mínimamente procesados

2.12.2.1 Entrenamiento de un panel sensorial

Para ello, 8 personas pertenecientes a la Unidad Integrada Balcarce (UIB INTA-FCA UNMDP) fueron seleccionadas y entrenadas en análisis sensorial descriptivo de alimentos (IRAM 20005-1), específicamente en la metodología de análisis descriptivo cuantitativo (QDA) (Stone y col. 1974). Para la selección se utilizó un formulario de preselección de jueces (Anexo 2, Planilla 2 y 3) en donde se realizaron preguntas sobre su interés en participar y aspectos o estado de salud de los futuros participantes, mientras que el entrenamiento se realizó de la siguiente manera: El entrenamiento se dividió en un entrenamiento general, en un entrenamiento en el producto específico y en la fiabilidad del panel (Figura 11).

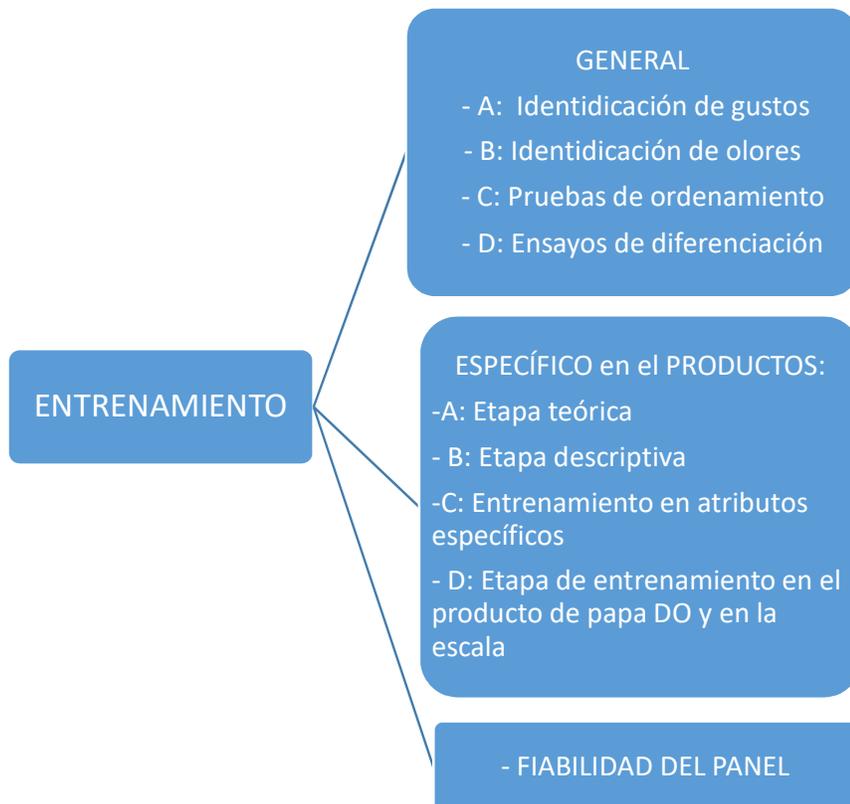


Figura 11. Entrenamiento de un panel sensorial.

A continuación, se describen cada uno de los ensayos realizados en cada etapa:

2.12.2.1.1 Etapa de entrenamiento general

Para en entrenamiento general se realizaron diferentes ensayos:

- *A: Identificación de gustos básicos:* se prepararon suficiente cantidad de las soluciones en agua mineral de los distintos gustos dulces, salados, ácidos y amargos, de acuerdo al número de personas convocadas y un blanco de agua mineral. Las concentraciones utilizadas de acuerdo a las normas IRAM 20006:2004 se observan en la Tabla 2.

Tabla 3. Concentración de los gustos básicos.

GUSTO BÁSICO	SUSTANCIA DE REFERENCIA	CONCENTRACIÓN g/l
Dulce	Sacarosa	16,0
Ácido	Ácido cítrico	1,0
Salado	Cloruro de sodio	5,0
Amargo	Cafeína	0,5

Fuente: IRAM 20006:2004

Se prepararon 5 recipientes para cada participante identificándolos con números de tres dígitos al azar. En cada uno se colocó aproximadamente 20 ml de cada una de las soluciones preparadas. Se presentaron simultáneamente a cada participante las 5 muestras y un vaso con agua para enjuagar la boca, indicándoles que debían identificar cada gusto o aclarar si en alguna muestra no percibían o no identificaban el gusto. Las muestras se probaron en un orden aleatorio. Se preparó una lista de respuestas correctas e incorrectas y se determinó el porcentaje de respuestas correctas para cada gusto, identificando el o los gustos en que existen mayores dificultades para reconocerlos.

$$\% \text{ ACIERTOS} = \frac{\text{N}^\circ \text{ respuestas correctas}}{\text{N}^\circ \text{ respuestas totales}} \times 100$$

(Ecuación 15)

- *B: Identificación de olores:* se prepararon 6 sustancias odoríferas: lima limón, frutilla, banana, jamón, manteca y miel en concentraciones variables de acuerdo a las sustancias seleccionadas; las sustancias se colocaron en frasco color caramelo con 100 ml de agua con tapón de algodón y tapa a rosca, dejando un espacio libre en cada frasco para permitir el equilibrio de la presión de vapor. Los frascos se rotularon con números de tres dígitos al azar. Se entregaron a los evaluadores los frascos con las esencias a reconocer y se les explicó que debían abrir uno por vez, acercarlo lentamente a la nariz y oler suavemente 2 o 3 veces para identificar el olor, haciendo luego una pausa para obtener la impresión total del mismo. Cada evaluador intentó identificar el olor o describirlo o asociarlo. Las respuestas se consideraron como correctas cuando se identificó a la sustancia odorífera por su nombre químico, su nombre común o por una asociación o una expresión descriptiva adecuada. Se calculó el porcentaje de respuestas correctas por cada olor y se registró la capacidad de asociación entre el olor y la palabra que lo describe.
- *C: Pruebas de ordenamiento por intensidad:* se les pidió a los panelistas que ordenen las muestras de acuerdo a la intensidad perceptible de una determinada característica sensorial.

Este tipo de pruebas se puede utilizar para seleccionar panelistas según su habilidad para discriminar entre las muestras con diferencias conocidas o para obtener información preliminar sobre las diferencias de productos. Las pruebas de ordenamiento pueden indicar si existen diferencias perceptibles en la intensidad de un atributo entre diferentes muestras, aunque no dan información sobre la magnitud de la diferencia entre dos muestras. Se prepararon soluciones con los distintos gustos y concentraciones (Normas IRAM 20005-1) en suficiente cantidad de acuerdo al número de participantes: a) Sacarosa: 1% - 2% - 4% - 8%; b) Cloruro de sodio: 0,5% - 1% - 2% - 5%; c) y de Ácido cítrico: 0,01% - 0,02% - 0,05% - 0,1% y d) Cafeína: 0,01% - 0,02% - 0,05% - 0,1%. Se prepararon vasos para los participantes. Cada participante debió ordenar las muestras en orden de intensidad creciente (de menor a mayor intensidad). El resultado se analizó mediante el Método de Friedman (Espinoza, 2003 y Ureña y Girón, 2011) con pruebas no paramétricas (Srente y Smeeton, 2001). Se calculó el factor Friedman (F) mediante la siguiente Ecuación 16.

$$F = \frac{12}{JP(P+1)} (R_1 + R_2 + \dots + R_P) - 3J(P+1)$$

(Ecuación 16)

Donde J es el número de evaluadores (número de filas); P es el número de muestras (número de variables relacionadas); R₁, R₂..., R_P es la suma de los órdenes asignados a las P muestras por los J evaluadores y F es el estadístico calculado del análisis por rangos de Friedman. Se compara el valor F calculado con los valores de F críticos de la tabla correspondiente para este ensayo (Tabla 1) (Anexo 3). El valor de F de tabla se obtiene de acuerdo al número de evaluadores, número de muestras y nivel de significación elegido. Si el valor de F calculado es mayor o igual que el valor crítico tabulado, se considera que hay una diferencia global significativa entre las muestras (Norma IRAM 20010:1997).

- *D: Ensayos de diferenciación: ensayo triangular y dúo trio:*

Ensayo triangular: la prueba de triángulo es un tipo de prueba de diferencia que permite al investigador conocer si existe diferencia perceptible entre dos productos sin tener que especificar la naturaleza de la posible diferencia (Anzaldúa-Morales, 1993). La prueba de triángulo también puede utilizarse para determinar la habilidad de los panelistas para discriminar diferencias de apariencia, olor, sabor o textura de alimentos. Para poder llevar a cabo una prueba de discriminación de diferencias respecto a una característica específica, las otras características de las muestras que se están comparando deben ser idénticas.

En esta prueba se presentan tres muestras simultáneamente, dos de ellas son idénticas (A) y una es de una formulación diferente (B). El panelista debe indicar cuál de las tres es la

muestra diferente. La hipótesis nula para la prueba triangular establece que la probabilidad de escoger la muestra diferente cuando no existe diferencia entre las muestras es de uno en tres. Para esta prueba, existen seis posibles secuencias de presentación de las muestras (AAB, ABA, BAA, BBA, BAB, ABB) que deben ser presentadas a los jueces en igual número y de manera aleatoria. Los evaluadores probaron las muestras de izquierda a derecha. Anotaron la muestra que era diferente en la Planilla 4 (Anexo 2). Se contó el número de respuestas correctas (correcta identificación de la muestra diferente). Este valor se comparó con los correspondientes de la Tabla 2 (Anexo 3), que representa el número mínimo de respuestas correctas requeridas para una significación en el nivel de riesgo (α) establecido. Las muestras se consideran diferentes si el número de respuestas correctas es igual o mayor al dado por la Tabla 3 (IRAM 20008:2012). Este ensayo se realizó con 2 marcas diferentes de gaseosas y con dos marcas diferentes de mermeladas.

Ensayo dúo-trío: se presentaron, en forma simultáneamente, tres muestras a cada evaluador (un control R, otra muestra A y otra B). Una de las muestras A o B fue idéntica al control. El evaluador debió indicar cuál era la muestra diferente al control o R. De acuerdo a la técnica de elección forzada, no se aceptaron respuestas “no hubo diferencia” (Planilla 5, Anexo 2). Se realizaron tres ensayos dúo-trío con distintos tipos de alimentos: jugos, yogures y salchichas. Se utilizó la técnica de referencia constante, siempre una referencia por panelista. Las posibles combinaciones de muestras fueron las siguientes: RAB – RBA. Las muestras son presentadas en un orden balanceado (combinaciones de RAB y RBA igual número de veces). Se realizó un ensayo por vez. Se determinó el número de respuestas correctas por evaluador, y se buscó en la Tabla 3 (Anexo 3) (IRAM 20011:1997) con el número de respuestas totales y con el nivel de significación elegido (5%), el mínimo de respuestas correctas necesarias para que presente diferencias significativas.

2.12.2.1.2. Entrenamiento sensorial en el producto específico

El entrenamiento sensorial en el producto específico consistió en diferentes etapas:

- A: Etapa teórica: mediante el desarrollo de una exposición teórica se explicó a los panelistas los conceptos básicos de evaluación sensorial en papa hervida. Se hizo una presentación del material de apoyo y del cronograma de trabajo. Esta fase se realizó en una sesión de 60 minutos.
- B: Etapa descriptiva: los panelistas fueron instruidos en los diferentes descriptores, sus definiciones y forma de evaluarlos (Tabla 4). En esta fase también se familiarizó a los panelistas con el uso de una escala continua creciente de 1 a 10 anclada en los extremos

para expresar la intensidad percibida en cada atributo. Se utilizaron como valores de referencia dentro de la escala, en cada descriptor, productos de papas y ejemplos de cada atributo. La etapa descriptiva se realizó en 2 sesiones de 30 minutos aproximadamente de duración cada una.

Tabla 4. Papa hervida. Definición, método de análisis y ejemplos de los atributos evaluados.

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	MÉTODO DE EVALUACIÓN	EJEMPLOS
COLOR	Sensación inducida al ser estimulada la retina por los rayos de luz de varias longitudes de onda.	Observando el alimento bajo luz blanca estandarizada	Papa: blanco, amarillo
OLOR	Propiedad organoléptica percibida por el órgano olfativo al oler ciertas sustancias volátiles.	Al cortar el alimento, previo a la masticación.	Característico a papa: débil, intenso
SABOR	Combinación compleja de sensaciones olfativas, gustativas y trigeminales percibidas durante la degustación.	Durante la masticación, en la fase masticatoria y residual.	Característico a papa: débil, intenso
DUREZA (propiedad mecánica de textura)	Fuerza requerida para deformar un alimento o para hacer penetrar un objeto (cuchara, cuchillo, tenedor).	Introduciendo el tenedor o colocando la muestra entre los molares evaluando la fuerza necesaria para penetrar.	Blando: queso cremoso. Firme: aceitunas.
HUMEDAD	Percepción de la cantidad de agua liberada por un alimento.	Durante la masticación en la fase masticatoria o residual.	Húmedo: manzana fresca. Seco: galletas.

Fuente: IRAM 20001, 1995 e IRAM 20013, 1998.

- C: Entrenamiento en atributos específicos:

Etapa de entrenamiento en el sabor en papa hervida: se realizaron ensayos de discriminación: ensayos por pares para entrenar al panel en el sabor de los cubos de papa hervidos. Esta prueba se emplea cuando se quiere determinar de qué manera un atributo sensorial difiere entre dos muestras. También se conoce como Prueba de Diferencia Direccional. Para ello, se prepararon soluciones de los gustos dulce, ácido y salado en las concentraciones establecidas según las normas IRAM 20006:2004 y en concentraciones mayores. Los cubos de papa de tamaño 1 x 1 cm, variedad Spunta, se sumergieron en las diferentes soluciones durante 2 horas y luego se hirvieron durante 7 minutos. Paralelamente se preparó la muestra control (cubos de papas hervidos sin tratar). Se realizaron dos ensayos con 3 pares de muestras cada uno: Ensayo 1: cubos de papa hervidos control y cubos de papas dulce (cubos de papas tratados en solución de sacarosa 16 g/l y luego hervidos); cubos de papa hervidos control y cubos de papas ácidos (cubos de papas tratados en solución de ácido cítrico 1 g/l y luego hervidos); cubos de papa hervidos control y cubos de papas salados

(cubos de papas tratados en solución de Cloruro de sodio 5 g/l y luego hervidos). Ensayo 2: cubos de papa hervidos control y cubos de papas dulce (cubos de papas tratados en solución de sacarosa 32 g/l y hervidos); cubos de papa hervidos control y cubos de papas dulce (cubos de papas tratados en solución de sacarosa 64 g/l y hervidos); cubos de papa hervidos control y cubos de papas ácidos (cubos de papas tratados en solución de AC 0,5% p/p + AA 0,5% p/p y hervidos); cubos de papa hervidos control y cubos de papas salados (cubos de papas hervidos y tratados en solución de cloruro de sodio 5% p/p y hervidos). Los pares de muestras se presentaron en forma simultánea en un orden balanceado y al azar entre los participantes. Se les pidió que detecte de cada par de muestra, cuál era la más dulce, la más salada y la más ácida (ensayo de elección forzada). Para analizar estadísticamente los datos se utilizó la Tabla 4 de Comparación por Pares (Anexo 3) (IRAM 20007:2012). Se contó en número de respuestas correctas por evaluador. Se ingresó en la tabla con el número de respuestas totales o número de evaluadores con un nivel de significación del 5% y se encontró en número mínimo de respuestas correctas requerido para aceptar que las diferencias son significativas a ese nivel. El número de tabla se comparó con el número de respuestas correctas del ensayo. Si este último era mayor o igual al valor tabulado, las diferencias entre las muestras eran significativas o perceptibles. Esta etapa se realizó en 4 sesiones de 30-40 minutos aproximadamente cada una.

- D: Etapa de entrenamiento en el producto de papa DO y en la escala a utilizar: para el entrenamiento se utilizó una muestra control (cubos de papa sin tratar hervidos), una muestra de cubos de papa sumergida en cloruro de sodio 5% p/p durante 2 horas y luego hervidos, y una muestra sumergida en una solución de jarabe de glucosa 35% p/p más NaCl 5% p/p y 0,5% p/p AC y 0,5% p/p AA durante 2 horas, con agitación forzada y a 40°C, luego hervidos. Los atributos evaluados fueron elegidos por consenso con el panel y el líder del panel. La planilla utilizada para el entrenamiento se muestra en la Planilla 6, Anexo 2.

2.12.2.1.3. Fiabilidad del panel

Etapa de comprobación: finalmente, en la etapa de evaluación del nivel de aptitud alcanzado por los jueces, los evaluadores deberán discriminar, ser consistentes y concordantes en sus respuestas. Esto con la finalidad de comprobar el desempeño de los jueces y su grado de aptitud. Un entrenamiento continuo del grupo permitirá mantener la repetitividad, reproducibilidad y la fiabilidad de las evaluaciones. Asimismo, Powers y col. (1984) mencionan que al ser los jueces los instrumentos de medida utilizados en la evaluación sensorial, hay que comprobar su eficacia evaluando la consistencia de sus respuestas y su habilidad en la discriminación de las diferencias. La comprobación consistió en analizar el comportamiento del panel una vez que los panelistas conocieron y se familiarizaron con los

atributos y el uso de la escala de evaluación. Se realizaron 6 sesiones donde se proporcionó a cada juez tres muestras de cubos de papa hervidos con diferentes tratamientos en cada sesión. Los atributos evaluados fueron apariencia general, color característico, sabor característico, y los parámetros de textura: dureza y humedad. Con los datos obtenidos se evaluó la consistencia y uniformidad del panel, realizando un análisis de varianza de dos factores (muestras y sesiones) para cada panelista y cada atributo. La capacidad discriminadora se estableció en función de los valores de F correspondiente a las muestras para valores de $p_m \leq 0,5$, y la capacidad de reproducibilidad se estableció a valores F correspondientes a las sesiones para valores de $p_r \geq 0,05$ (Trincheri y Ceroli, 2007). La concordancia entre cada panelista y el resto del panel es un aspecto muy importante que debe ser analizado, ya que la presencia de panelistas discrepantes puede afectar notablemente las características discriminatorias del panel. La concordancia de los juicios entre los miembros del panel se analizó el promedio de cada individuo y el valor promedio del conjunto de evaluadores. Una vez que los jueces fueron entrenados correctamente, se continuó con la caracterización sensorial de los cubos de papa mínimamente procesados.

2.12.2.2 Caracterización sensorial de cubos de papas mínimamente procesados con panel entrenado

Las muestras de papas utilizadas para el análisis sensorial fueron cortadas y lavadas como lo descrito en el Capítulo 2 (inciso 2.1 y 2.2). Para ello se utilizaron tubérculos de las variedades Innovator y Spunta, obtenidas del Plan de Mejoramiento, INTA, Balcarce, cosechadas en abril del año 2014.

Los cubos de papa fueron deshidratados osmóticamente en soluciones de JG y SO de 35% p/p, con el agregado de NaCl (5% p/p) con la presencia de agentes antioxidantes (AA y AC: 0,5% p/p). Las condiciones del tratamiento osmótico fueron: temperatura de 40°C y el tiempo de inmersión fue de 2 horas, presión atmosférica y agitación forzada constante y se trabajó con una relación solución/masa de papa $\cong 20/1$.

Las muestras tratadas fueron envasadas en bolsas de polietileno de baja densidad y almacenadas en refrigeración durante 0, 10 y 15 días para luego realizar el análisis sensorial de dichas muestras hervidas. Las muestras fueron presentadas a cada panelista en platos blancos descartables codificados con un número de tres dígitos al azar, en forma simultánea. Inmediatamente después de la degustación los panelistas anotaban sus resultados en la Planilla 6 (Anexo 2) en la que figuraban todos los atributos a evaluar en una escala numérica de diez puntos. Los panelistas analizaron en cabinas de degustación y en forma individual 6 muestras por sesión.

Las muestras de papa fueron evaluadas en un Laboratorio de Evaluación Sensorial del grupo de investigación en papa del INTA, Balcarce. El mismo cuenta con 6 cabinas separadas una con otra

y conectadas con el área de preparación de las muestras a través de una puerta ventana. (Normas IRAM 20003:1995) (Figura 12).



Figura 12. Cabinas de Análisis Sensorial, INTA Balcarce

Se realizó un diseño en bloques completos aleatorizados con seis panelistas seleccionados y entrenados. Este diseño incluye los panelistas como factor de bloqueo y seis repeticiones por tratamiento, por variedad y por muestra. Se realizaron 8 sesiones; 4 sesiones fueron para analizar 6 muestras al día 0 y 4 sesiones para analizar 6 muestras que se mantuvieron en refrigeración durante 15 días.

Los datos obtenidos, se analizaron mediante ANOVA de dos factores (tratamiento y variedad) y con pruebas de comparaciones múltiples de Tukey ($p < 0,05$) mediante el programa estadístico Infostat (Di Renzo y col., 2009).

2.12.2.3 Aceptabilidad sensorial de cubos de papas mínimamente procesados con panel de consumidores

Paralelamente a la caracterización sensorial del producto mínimamente procesado se realizó una prueba con consumidores con una escala hedónica con el objeto de adquirir información sobre la aceptabilidad de gusto o disgusto de las muestras. Se realizó un test para verificar si los cubos de papas sometidos a los tratamientos propuestos tenían aceptación entre los consumidores. Para ello se evaluó la aceptabilidad sensorial de las muestras de cubos de papa control y las tratadas en soluciones de JG y SO en las variedades de papa Innovator y Spunta con 50 evaluadores no entrenados al día 0, 10 y 15 de almacenamiento en refrigeración. A los panelistas se les explicó cómo se debería evaluar la Aceptabilidad General y por atributos de acuerdo a las instrucciones y escala que figura en la Planilla 7 (Anexo 2). Las muestras fueron servidas en platos blancos de plásticos, codificados con números de dígitos al azar en forma aleatoria. Cada participante debía enjuagar su boca con agua entre cada muestra. La prueba se llevó a cabo en tres días consecutivos en el horario de 10 a 10:30 am.

Cada categoría de la escala hedónica balanceada, utilizada en la evaluación de la aceptabilidad global y por atributo, fue convertida a una puntuación entre 1 y 9, donde 1: “me disgusta extremadamente” y 9: “me gusta extremadamente” (Planilla 7, Anexo 2). Se fijó un límite de aceptabilidad para las muestras de 5. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significación de 5%. En aquellas muestras donde existían diferencias significativas se realizó un test de comparación múltiple de medias de Tukey mediante el programa estadístico Infostat (Di Renzo y col., 2009).

2.12.2.4 Vida útil Sensorial en los cubos de papa mínimamente procesados

La Vida Útil Sensorial (VUS) de los cubos de papas DO se determinó mediante la metodología de “Punto de Corte” (Ramírez, Hough y Contarini, 2001). Para evaluar la vida útil a partir de cambios sensoriales, fue necesario determinar el/los atributos críticos. El atributo crítico se considera aquel que presenta un cambio sensorial indeseable en el producto. Posteriormente, se correlacionaron las intensidades de los descriptores críticos elegidos, evaluadas entre el panel entrenado (Capítulo 2, inciso 2.12.4) y los consumidores (Capítulo 2, inciso 2.12.5), obteniendo a través de la ecuación de la recta, el punto de corte (PC). Para ello, se utilizó un valor arbitrario de límite de aceptabilidad preestablecido, siendo un valor de 5 (Giménez, Ares y Ares, 2012). Utilizando el valor de PC y la intensidad del atributo crítico evaluado por el panel entrenado, se calculó la VUS (días) para las condiciones ensayadas, empleando la ecuación de regresión.

2.13 Análisis Estadístico

Las variables medidas fueron expresadas en función de la muestra fresca o control (C). Los resultados fueron expresados como la media \pm desviación estándar de la media y sujetos al análisis estadístico utilizando el software Infostat v.2018 (Di Renzo, 2009). Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias de Tukey al 5% de probabilidad. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar.

Para los ensayos de almacenamiento, los resultados se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño experimental completamente al azar de dos (tiempo de almacenamiento y tratamiento) y tres factores (tiempo de almacenamiento, tratamiento y variedad de papa) y comparación de medias de Tukey al 5% de probabilidad.

Se realizaron gráficos exploratorios de las variables de calidad (diferencia de color (Delta E), índice de pardeamiento (IP), dureza (D), fenoles totales (FT), ácido ascórbico (AA) y actividad de la

polifenoloxida (PPO) empleando las bibliotecas Pandas (versión 1.0.3) y Seaborn (versión 0.10.1) en el entorno de la plataforma Spyder (Python 3.7) disponible en la distribución de Anaconda (www.anaconda.org).

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) utilizando una matriz de correlación con el valor medio de cada una de las variables estudiadas. El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa Infostat (2018) (Argentina).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO 3

Tratamiento de Deshidratación Osmótica

3. Tratamiento de deshidratación osmótica

En primera instancia se realizaron experimentos de deshidratación osmótica de los cubos de papa de la variedad Spunta y de la variedad Innovator en solución de sacarosa (SA), sorbitol (SO) y jarabe de glucosa (JG) más cloruro de sodio (NaCl) al 5% y antioxidantes: 0,5% de ácido ascórbico (AA) + 0,5% ácido cítrico (AC). La deshidratación osmótica se experimentó variando el tiempo del proceso de 1, 2,3 y 4 horas, para las concentraciones de las soluciones 25 y 45% y variando la temperatura de proceso de 40, 50 a 60°C. Los resultados estadísticos de este capítulo se encuentran en el Anexo 5.

3.1 Pérdida de peso y de agua durante la deshidratación osmótica de cubos de papas

3.1.1 Pérdida de peso y de agua durante la deshidratación osmótica de cubos de papas de la variedad Spunta

En la Tabla 5 se muestran los valores medios del porcentaje de pérdida de peso (%PP) de los cubos de papa de la variedad Spunta deshidratados osmóticamente en solución de JG, SO y SA, en las temperaturas ensayadas de 40°C, 50°C y 60°C, tiempo de proceso 1, 2, 3 y 4 horas y para los valores concentración de la solución 25 y 45%.

La pérdida de peso mostró una tendencia a aumentar con el tiempo de DO y con el incremento de la temperatura, tendiendo al equilibrio a partir de las 2 h de proceso, tal como se muestra en la Tabla 5. A su vez, se observó que, la pérdida de peso en las muestras de papas deshidratadas osmóticamente en solución de sacarosa fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que aquellas sumergidas en solución de sorbitol y jarabe de glucosa.

En la Figura 13 se presentan los resultados obtenidos para las pérdidas de agua (PA) de los cubos de papa de variedad Spunta. La pérdida de agua de las muestras sumergidas en solución de JG, SO y SA al 25 y 45% fue significativa en las dos primeras horas de DO para las temperaturas ensayadas de 40°C, 50°C y 60°C para cada concentración de la solución empleada ($p < 0,05$). A su vez, en todos los casos, la pérdida de agua fue significativamente mayor, cuando las muestras fueron deshidratadas en la solución de 45% ($p < 0,0001$). La pérdida de agua de las muestras sumergidas en JG, SO y SA en cada una de las concentraciones estudiadas fue mayor cuando se empleó la temperatura de 60°C, para cada tiempo ensayado ($p < 0,05$) (Figura 13 (a), (b) y (c)).

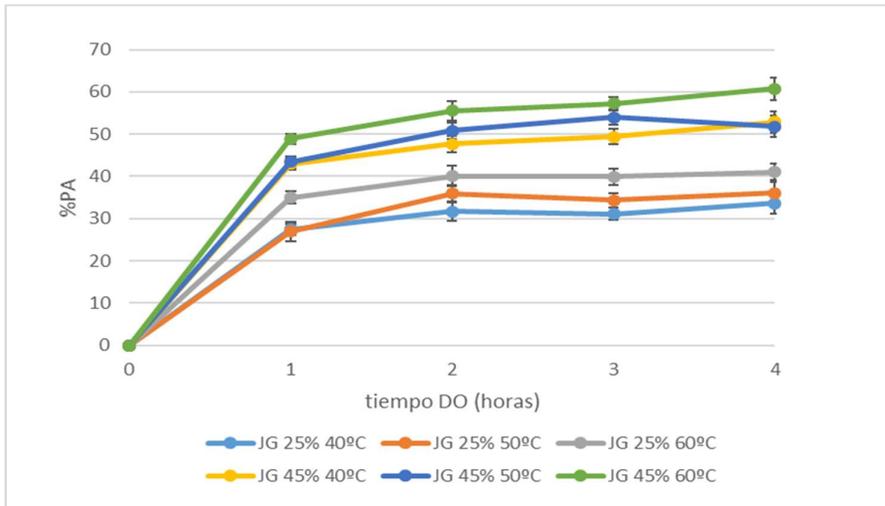
Tabla 5. Porcentaje de pérdida de peso (%PP) en los cubos de papa variedad Spunta deshidratados osmóticamente en solución de JG, SO y SA, dos concentraciones 25% y 45%, 1, 2, 3 y 4 horas de proceso, 40°C, 50°C y 60°C.

T(°C)	t(h)	JARABE de GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		25%	45%	25%	45%	25%	45%
40	1	9,80 ± 0,63	26,97 ± 0,67	12,63 ± 0,85	31,98 ± 0,85	14,61 ± 0,54	37,90 ± 1,81
	2	12,90 ± 0,94	31,66 ± 0,83	17,79 ± 0,34	37,80 ± 0,31	22,00 ± 0,46	41,29 ± 0,95
	3	14,01 ± 2,38	32,41 ± 0,61	17,60 ± 1,81	40,73 ± 0,71	23,04 ± 0,92	44,53 ± 1,50
	4	15,75 ± 0,68	32,13 ± 0,65	19,01 ± 0,36	41,37 ± 1,43	23,51 ± 0,74	44,67 ± 1,65
50	1	12,80 ± ,61	26,85 ± 0,33	13,71 ± 0,46	32,64 ± 0,77	20,33 ± 0,92	40,03 ± 0,79
	2	16,34 ± 1,38	32,04 ± 0,71	19,77 ± 2,17	38,63 ± 1,04	23,86 ± 0,44	43,79 ± 0,49
	3	15,95 ± 1,03	34,69 ± 0,93	20,33 ± 0,50	41,31 ± 1,53	22,65 ± 0,47	45,36 ± 0,79
	4	16,61 ± 1,94	35,47 ± 0,46	21,36 ± 0,96	41,03 ± 0,94	23,68 ± 0,43	46,78 ± 0,50
60	1	18,96 ± 0,38	32,82 ± 1,29	20,81 ± 0,61	38,86 ± 0,71	23,37 ± 1,43	44,46 ± 0,80
	2	22,27 ± 1,43	39,61 ± 0,62	25,04 ± 0,93	43,11 ± 0,78	27,31 ± 1,33	48,90 ± 1,41
	3	22,83 ± 1,62	41,13 ± 0,88	23,86 ± 0,71	44,86 ± 2,11	27,24 ± 1,33	50,77 ± 0,62
	4	22,49 ± 1,67	41,02 ± 0,94	24,50 ± 2,10	44,84 ± 0,68	28,31 ± 1,61	52,36 ± 1,27

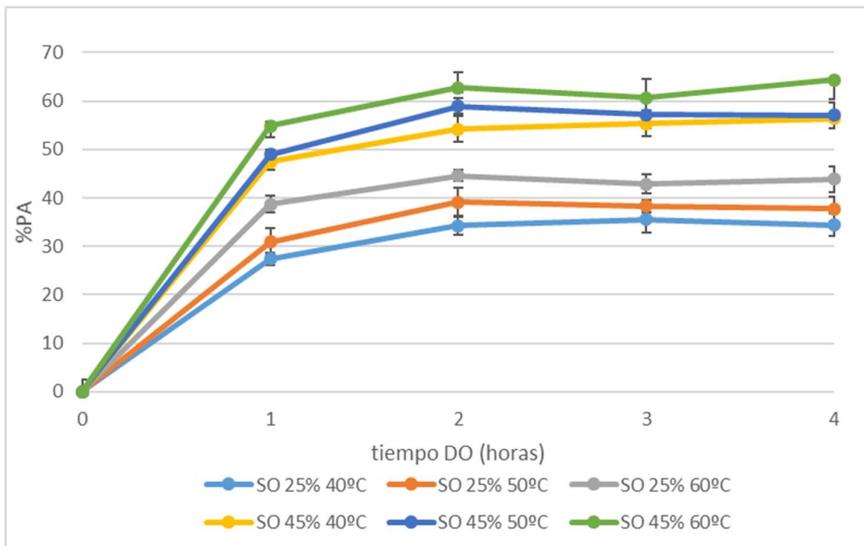
La Figura 14 muestra el comportamiento entre los solutos empleados para las soluciones deshidratantes en las dos concentraciones (25 y 45%) para las temperaturas de 40°C (a), 50°C (b) y 60°C (c) en cada tiempo de proceso de DO a través resultados experimentales de pérdida de agua.

La pérdida de agua mostró una dependencia del soluto utilizado para la solución deshidratante. Las muestras de papas sumergidas en solución de concentración 25% y 45% en cada una de las temperaturas ensayadas (40°C, 50°C y 60°C) presentaron mayores valores de PA cuando se usó sacarosa y menores para el soluto jarabe de glucosa (Figura 14).

(a)



(b)



(c)

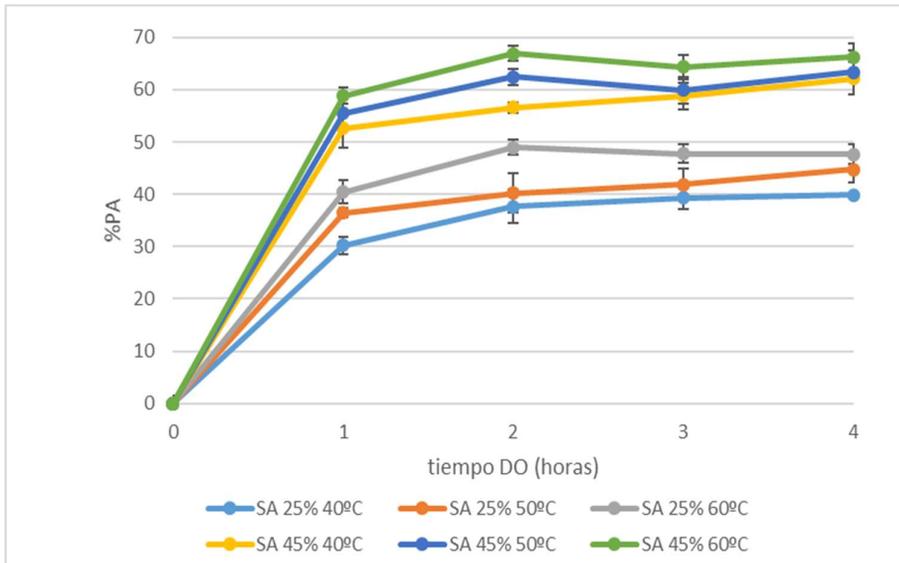
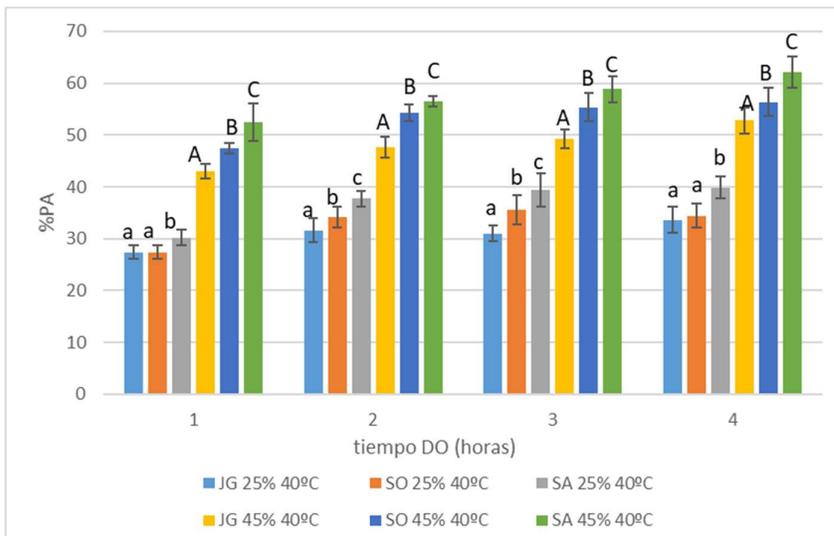
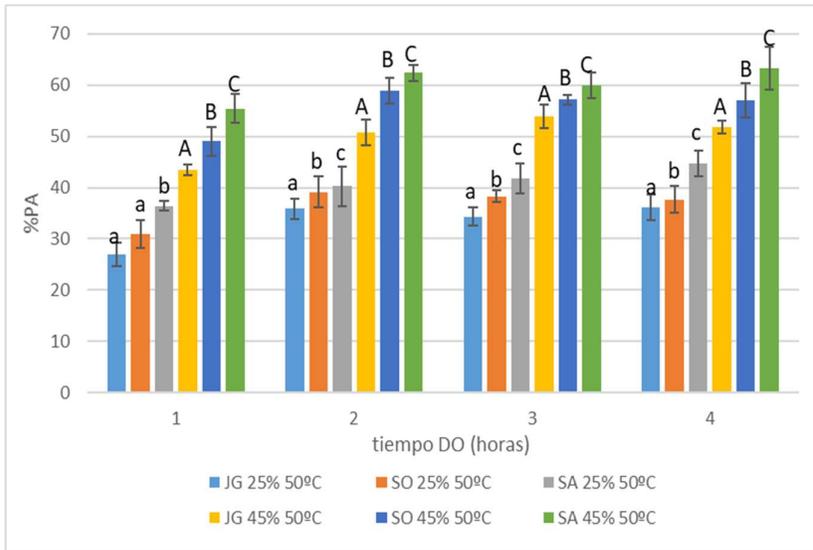


Figura 13. Pérdida de agua en cubos de papa deshidratados osmóticamente para tiempos de proceso de 1, 2, 3 y 4 horas, concentración de 25 y 45% a 40, 50 y 60°C en: (a), solución de jarabe de glucosa, (b) solución de sorbitol y (c) solución de sacarosa.

(a)



(b)



(c)

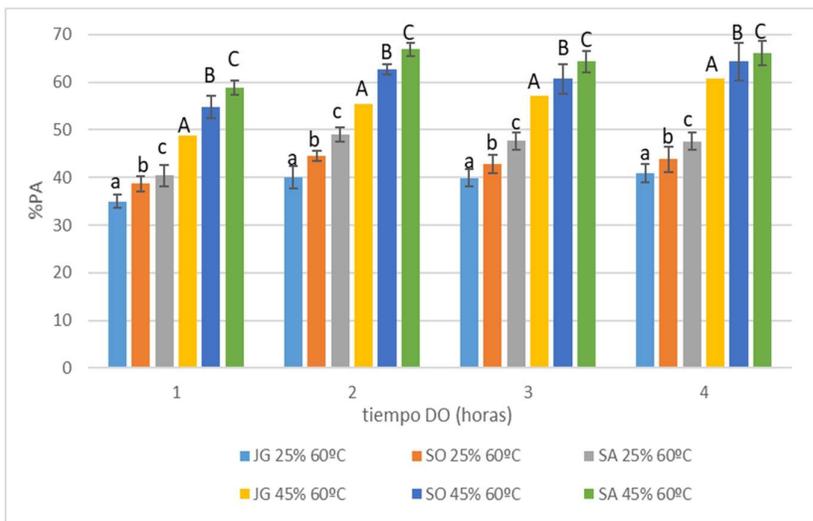


Figura 14. Pérdida de agua en cubos de papa deshidratados osmóticamente en solución de jarabe de glucosa, sorbitol y sacarosa, concentración 25 y 45% durante 4 horas a: (a) 40°C; (b) 50°C y (c) 60°C. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los solutos en la concentración de 25% en cada tiempo de proceso de DO. Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los solutos en concentración de 45% en cada tiempo de proceso de DO.

3.1.2 Pérdida de peso y de agua durante la deshidratación osmótica de cubos de papas de la variedad Innovator

En la Tabla 6 se muestra los valores medios del porcentaje de pérdida de peso (%PP) de los cubos de papa de la variedad Innovator deshidratados osmóticamente en solución de JG, SO y SA, en las

temperaturas ensayadas de 40°C, 50°C y 60°C, tiempo de proceso 1, 2, 3 y 4 horas y variando la concentración de la solución entre 25 y 45%.

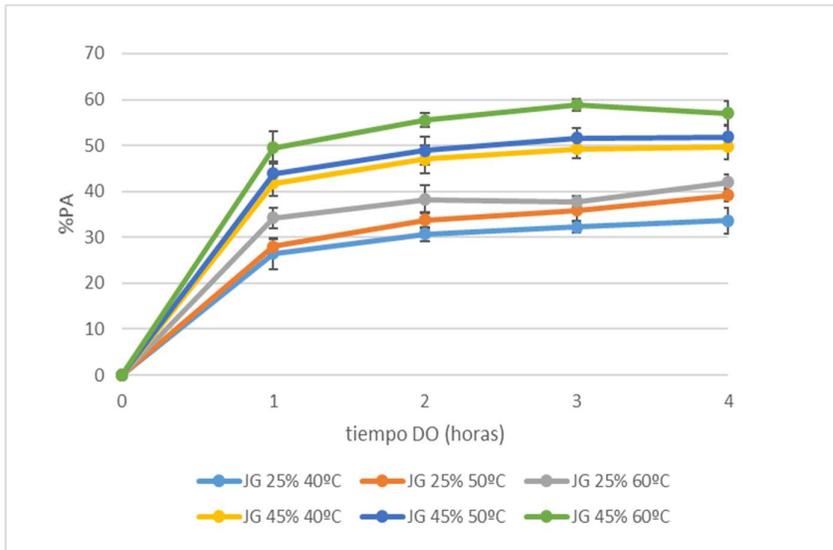
Tabla 6. Porcentaje de pérdida de peso (%PP) en los cubos de papa variedad Innovator deshidratados osmóticamente en solución de JG, SO y SA, dos concentraciones 25% y 45%, 1, 2, 3 y 4 horas de proceso, 40°C, 50°C y 60°C.

T(°C)	t(h)	JARABE de GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		25%	45%	25%	45%	25%	45%
40	1	8,96 ± 0,40	25,19 ± 0,29	11,45 ± 1,11	31,73 ± 2,12	13,63 ± 0,66	37,23 ± 0,94
	2	11,30 ± 1,32	30,78 ± 0,77	15,96 ± 0,39	37,00 ± 1,21	20,63 ± 1,04	39,87 ± 0,35
	3	13,22 ± 0,49	30,82 ± 0,71	17,36 ± 1,36	36,20 ± 2,57	22,29 ± 1,31	41,98 ± 0,93
	4	14,40 ± 0,23	31,98 ± 2,24	19,17 ± 0,29	39,62 ± 0,55	22,19 ± 1,29	44,31 ± 2,36
50	1	11,33 ± 1,49	26,48 ± 1,95	11,97 ± 0,58	32,23 ± 1,41	19,20 ± 1,89	38,44 ± 1,70
	2	15,58 ± 1,91	32,23 ± 1,41	19,48 ± 1,54	36,90 ± 0,48	23,44 ± 2,18	43,73 ± 0,71
	3	16,86 ± 2,17	34,29 ± 0,10	19,31 ± 1,31	40,11 ± 3,00	23,34 ± 0,47	43,94 ± 0,88
	4	16,73 ± 1,96	34,1 ± 0,76	21,41 ± 1,66	40,17 ± 1,61	24,12 ± 2,50	46,73 ± 0,71
60	1	16,13 ± 0,36	31,73 ± 0,71	18,62 ± 0,55	38,10 ± 0,75	22,80 ± 0,80	41,81 ± 0,60
	2	19,60 ± 0,88	39,60 ± 1,36	23,40 ± 1,65	42,76 ± 0,64	26,76 ± 1,59	48,46 ± 0,70
	3	19,89 ± 0,71	40,73 ± 2,12	24,21 ± 0,50	45,46 ± 0,33	25,82 ± 0,77	51,80 ± 2,02
	4	21,33 ± 0,50	41,29 ± 1,48	24,81 ± 2,23	43,51 ± 1,67	26,89 ± 0,71	53,60 ± 1,37

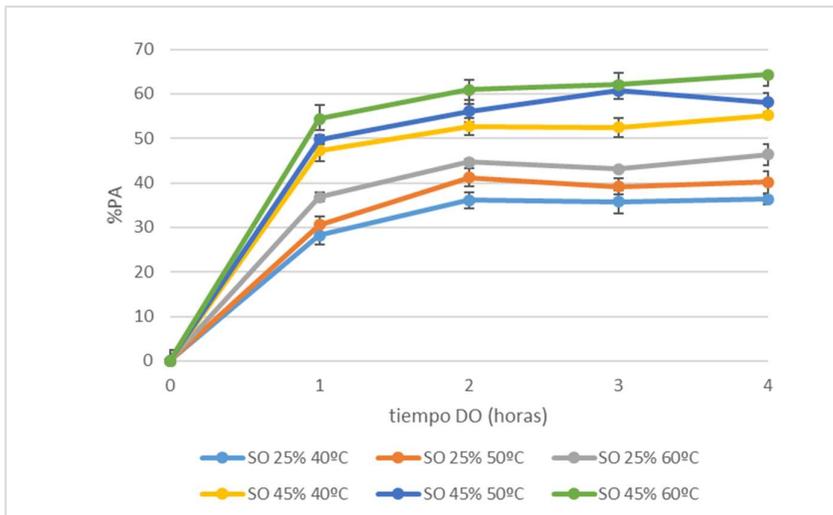
Los cubos de papa de la variedad Innovator tuvieron un comportamiento similar de pérdida de peso al de las muestras de la variedad Spunta, mostraron una tendencia de aumento con el tiempo de DO y con el aumento de temperatura. A su vez, se observó que la PP fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en los cubos de papas sumergidos en solución de sacarosa que en las muestras sumergidas en solución de sorbitol y por último en los cubos sumergidos en solución de jarabe de glucosa, existiendo a su vez, diferencias significativas entre los dos últimos ($p < 0,05$).

En la Figura 15 se muestran los resultados obtenidos para las pérdidas de agua.

(a)



(b)



(c)

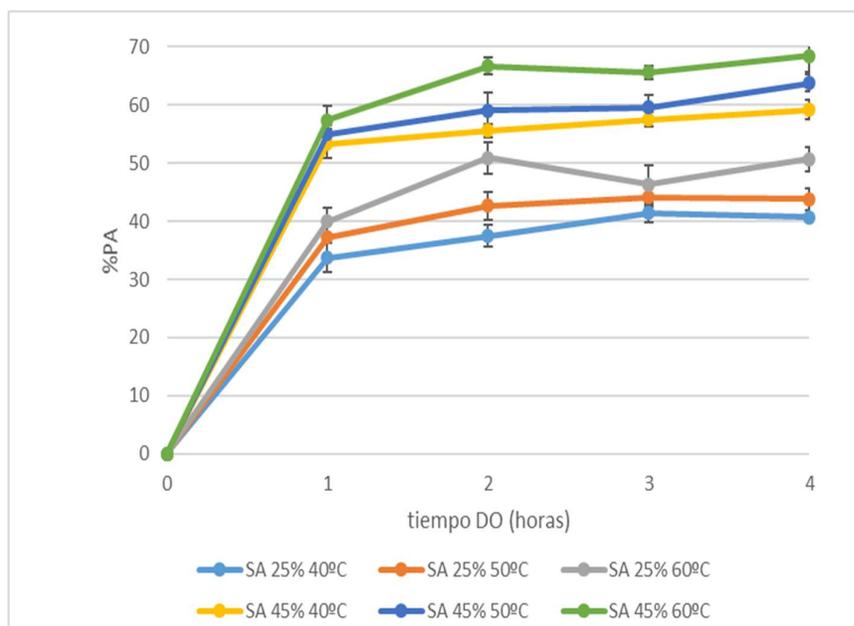


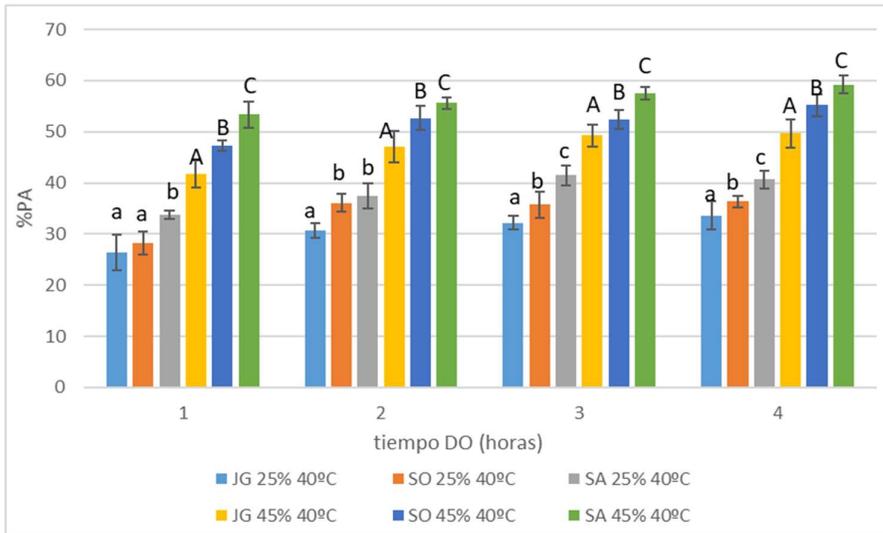
Figura 15. Pérdida de agua en cubos de papa deshidratados osmóticamente variando el tiempo de proceso en 1, 2, 3 y 4 horas, concentración de 25 y 45% a 40, 50 y 60°C en: (a) solución de jarabe de glucosa, (b) solución de sorbitol y (c) solución de sacarosa.

Ambas variedades de papa mostraron las mismas tendencias con respecto a PP y PA. La PA de las muestras sumergidas en solución de JG, SO y SA al 25 y 45% fue significativa en las dos primeras horas de DO para todas las temperaturas ensayadas para cada concentración de la solución empleada con un aumento gradual hacia el final del proceso ($p < 0,05$). En todos los casos, la pérdida de agua fue significativamente mayor cuando las muestras fueron deshidratadas en la solución de 45% ($p < 0,0001$). La pérdida de agua de las muestras sumergidas en JG, SO y SA al 25% y al 45% fue mayor cuando se empleó la temperatura de 60°C (Figura 15).

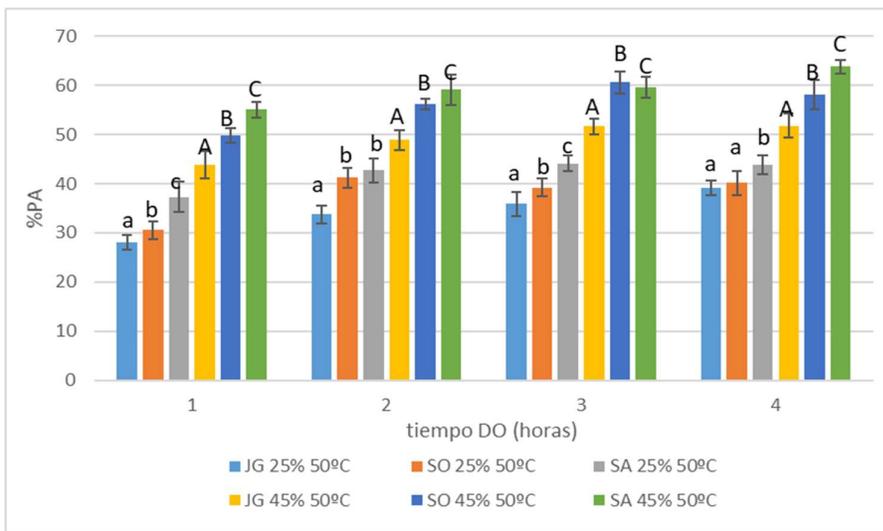
La Figura 16 muestra el comportamiento entre los solutos empleados para las soluciones deshidratantes en las dos concentraciones (25 y 45%) para las temperaturas de 40°C (a), 50°C (b) y 60°C (c) en cada tiempo de proceso de DO a través resultados experimentales de pérdida de agua.

Los cubos de papas deshidratados en solución de concentración 25% a 40°C, 50°C y 60°C presentaron mayores valores de PA cuando se usaron los solutos sacarosa y menor con el soluto jarabe de glucosa en todas las horas de proceso estudiadas ($p < 0,05$). En forma análoga, cuando se empleó una solución de concentración de 45% para las tres temperaturas estudiadas, en todos los tiempos de proceso de DO, la PA fue significativamente mayor con el soluto sacarosa y menor con el jarabe de glucosa ($p < 0,05$) (Figura 16).

(a)



(b)



(c)

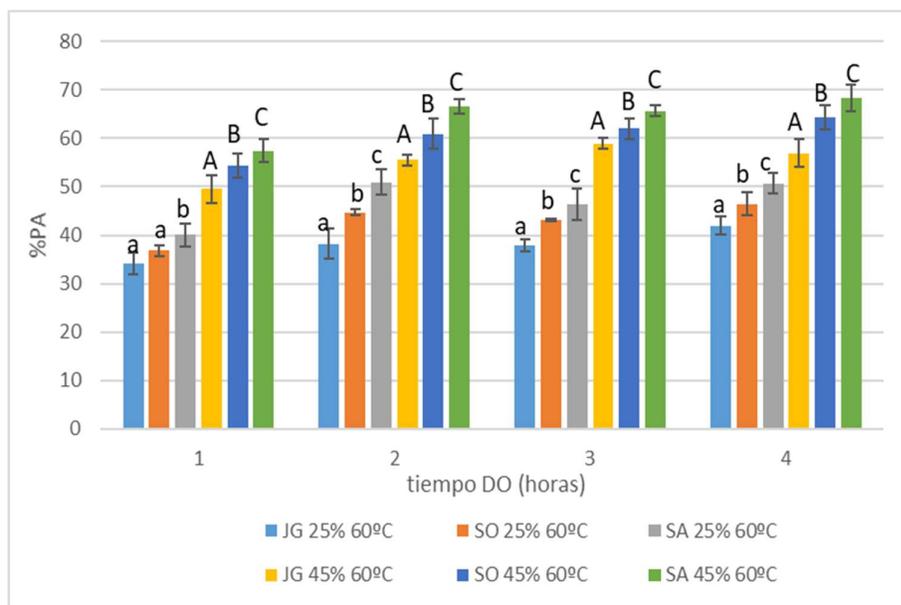


Figura 16. Pérdida de agua en cubos de papa de la variedad Innovator deshidratados osmóticamente en solución de jarabe de glucosa, sorbitol y sacarosa, concentración 25 y 45% durante 4 horas a: **(a)** 40°C; **(b)** 50°C y **(c)** 60°C. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los solutos en la concentración de 25% en cada tiempo de proceso de DO. Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los solutos en concentración de 45% en cada tiempo de proceso de DO.

La PA fue mayor cuando se empleó como soluto deshidratante la sacarosa, valores intermedios el sorbitol y menores el jarabe de glucosa. Similares resultados fueron obtenidos por Rodríguez y col. (2013), quienes observaron que el uso de diferentes agentes osmóticos influye significativamente ($p < 0,0001$) en los resultados de pérdida de agua. Los resultados presentados por los autores mostraron un mayor grado de deshidratación de las nectarinas y ciruelas tratadas en solución de sorbitol comparado con el jarabe de glucosa (concentración de las soluciones: 40 y 60%, temperatura: 25 y 40°C). Según autores como Raoult-Wack y col (1991) y Phisut (2012) la sacarosa al ser un soluto de mayor peso molecular favorece la pérdida de agua en el alimento, mientras que aquellos que presentan menor peso molecular facilitan la entrada de los sólidos.

Los resultados obtenidos tanto para la variedad de papa Spunta como para la variedad Innovator coinciden con los resultados obtenidos por Della Rocca y col. (2011). Dichos autores encontraron una mayor pérdida de agua en cubos de papa deshidratados osmóticamente en soluciones de sacarosa de distinta concentración (10, 20, 30, 40 y 60%) más NaCl al 10% p/p a temperatura de 40°C, nivel de agitación 120-130 rpm, aproximadamente durante las dos primeras horas de la DO

para todas las concentraciones de sacarosa ensayadas. Esta velocidad se reduce a partir de las 2 a 3 h de proceso (Della Rocca y Mascheroni, 2010). Este comportamiento concuerda con los resultados obtenidos por Azuara, García y Beristain (1996); Eren y Kaymal Ertekin (2007), y Della Rocca y Mascheroni (2009). Kvpil (2019) estudió la cinética de pérdida de agua y peso para los distintos tamaños de cubos de anco deshidratados osmóticamente con solución de sacarosa de 55°Brix. En dicho trabajo se observó que las mayores variaciones se produjeron durante las primeras 2-3 horas de proceso, dependiendo de la dimensión característica, y para tiempos mayores se tiende al equilibrio coincidiendo con lo reportado por Van Nieuwenhuijzen y col. (2001) en manzanas, Kowalska y Lenart (2001) para productos frutihortícolas varios (manzana, zapallo y zanahoria), Kaur y Singh (2013) en remolacha, Assis y col. (2018) en tomate, Shukla y col. (2018) en bananas, entre otros.

Los resultados de este trabajo están en concordancia con aquellos reportados por Maldonado y col. (2008), los autores observaron que en el procesamiento de yacón en solución de sacarosa 40% p/p, la mayor pérdida de agua ocurrió dentro de los primeros 60 minutos de proceso, a partir de los cuales un aumento de tiempo no produjo cambios apreciables en el contenido de agua de las muestras.

El aumento en la concentración de la solución DO de 25 a 45% provocó una mayor pérdida de agua, siendo este efecto significativo ($p < 0,0001$). Similares resultados fueron reportados por Weis (2011) en cubos de manzanas deshidratados osmóticamente en soluciones de sacarosa de distinta concentración. En dicho trabajo se observó que, para todo el tiempo de DO (1, 2, 4, 12 y 24 horas), la solución más concentrada (sacarosa 69%) removió 28% más cantidad de agua que la solución menos concentrada (sacarosa 47%). Estos resultados son equivalentes a los obtenidos por Araujo y col. (2004) e Ispir y Togrul (2009) en la DO de damascos en soluciones de jarabe de glucosa, sorbitol, fructosa, sacarosa y maltodextrina y por Ferrari y col. (2008) en la deshidratación de peras en soluciones de sacarosa y sorbitol.

Por otro lado, hubo un aumento sobre la variable PA con la temperatura. Similares resultados fueron reportados por Silva Paz y col. (2014). Los autores estudiaron la pérdida de agua en cubos de papa deshidratados osmóticamente en solución de sacarosa 40% más NaCl 5% a 30, 40 y 50°C observando un aumento de PA con el incremento de la temperatura, tendiendo al equilibrio a partir de las 2 h de proceso.

Gutiérrez Cárdenas y col. (2019) estudiaron la cinética de pérdida de agua en muestras de papa sumergidas en un baño con una solución osmótica (50% sacarosa/ 15% sal) a diferentes tiempos de procesamiento (10, 20, 30, 40, 50 y 60 min) y diferentes temperaturas (25, 45, 65 y 86°C). Ellos observaron que el tiempo y la temperatura afectan a la PA, incrementándose con el aumento de ambos parámetros.

Devic y col. (2010) también estudiaron el efecto de la temperatura. Los autores analizaron el empleo de dos temperaturas (45°C y 60°C) sobre la transferencia de masa durante la deshidratación

osmótica de manzanas en una solución de sacarosa de 60° Brix. El resultado mostró que la pérdida de agua aumentó con el tiempo y fue acelerado por el uso de temperaturas más altas.

Ispir y Togrul (2009) estudiaron la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de zanahoria. La zanahoria se sumergió en solución de sacarosa al 40% a diferentes temperaturas como 25°C, 35°C y 45°C. Ellos observaron que la temperatura tuvo un efecto intensificador sobre la deshidratación osmótica de la zanahoria.

Cabe destacar que, si bien un aumento en la temperatura de procesamiento favorece la PA, cuando la temperatura es muy elevada, ocurren cambios estructurales destructivos en la membrana celular (un efecto de hinchazón/plasticidad), arrastrando sólidos naturales, con una importante pérdida nutricional y de calidad final.

3.2 Ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica de cubos de papa.

3.2.1 Ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica de cubos de papa en la variedad Spunta.

En la Tabla 7 se muestran los valores medios de sólidos solubles (SS) y el porcentaje de ganancia de sólidos (GS) de los cubos de papa de variedad Spunta deshidratados osmóticamente en solución de JG, SO y SA, en las temperaturas ensayadas de 40°C, 50°C y 60°C, tiempo de proceso 1, 2, 3 y 4 horas y con dos niveles de concentración de la solución 25 y 45%.

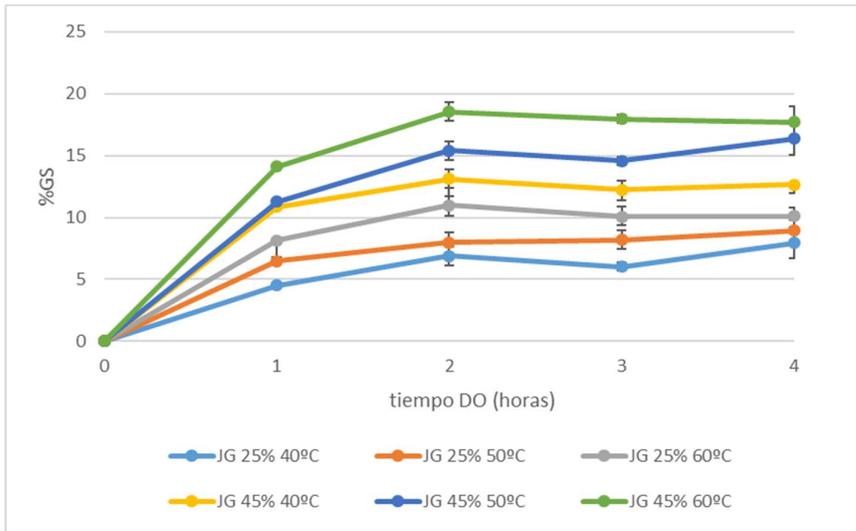
Tabla 7. Sólidos solubles (SS) de los cubos de papa DO en solución de JG, SO y SA, dos concentraciones 25% y 45%, 1, 2, 3 y 4 horas de proceso, 40°C, 50°C y 60°C.

T(°C)	t(h)	JARABE de GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		25%	45%	25%	45%	25%	45%
40	1	11,5 ± 0,71	22,5 ± 0,70	13,5 ± 0,71	24 ± 1,41	11 ± 1,41	22,5 ± 0,71
	2	14 ± 0,12	28,5 ± 0,70	17 ± 0,25	32 ± 1,41	13,5 ± 0,71	27 ± 0
	3	14,5 ± 0,70	28,5 ± 0,70	17 ± 0,30	33 ± 1,41	15,5 ± 0,71	27 ± 1,41
	4	16 ± 0,16	28 ± 0,30	19 ± 1,41	35,5 ± 0,71	14,5 ± 0,71	27,5 ± 0,71
50	1	13,5 ± 0,71	24 ± 1,41	15 ± 1,41	25 ± 1,41	12,5 ± 0,71	24 ± 0
	2	17 ± 0,51	31,5 ± 2,12	19 ± 1,41	37 ± 0	16 ± 0	30,5 ± 0,71
	3	17 ± 1,41	31,5 ± 0,71	20 ± 0	39 ± 0	15,5 ± 0,71	31 ± 2,82
	4	17 ± 0,30	32,5 ± 0,71	21,5 ± 0,71	38 ± 1,41	16,5 ± 0,71	33 ± 0
60	1	17,5 ± 0,71	30 ± 0,30	21 ± 1,41	33,5 ± 0,71	16 ± 0	29,5 ± 0,71
	2	21,5 ± 0,71	39 ± 0,30	25 ± 1,41	45 ± 1,41	20,5 ± 0,71	37,5 ± 0,71
	3	22 ± 1,41	40,5 ± 0,71	26 ± 1,41	44,5 ± 0,71	20 ± 0	39,5 ± 0,71
	4	22 ± 0,30	40,5 ± 0,71	25 ± 1,41	45 ± 0	21 ± 0	40,5 ± 0,71

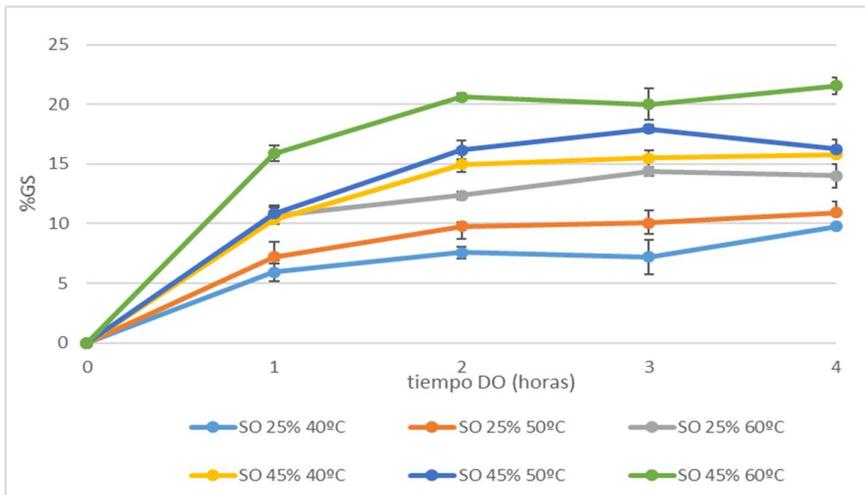
Los sólidos solubles mostraron una tendencia a aumentar con el tiempo de DO y con el incremento de la temperatura, tendiendo al equilibrio a partir de la 2 h de proceso, tal como se muestra en la Tabla 7. A su vez, se observó que los sólidos solubles fueron mayores en las muestras sumergidas en solución de sorbitol, continuando con aquellas sumergidas en solución de jarabe de glucosa y menor en los cubos de papa sumergidos en solución de sacarosa.

En las Figuras 17 se presentan los resultados obtenidos para la ganancia de sólidos obtenida por los cubos de papa de variedad Spunta.

(a)



(b)



(c)

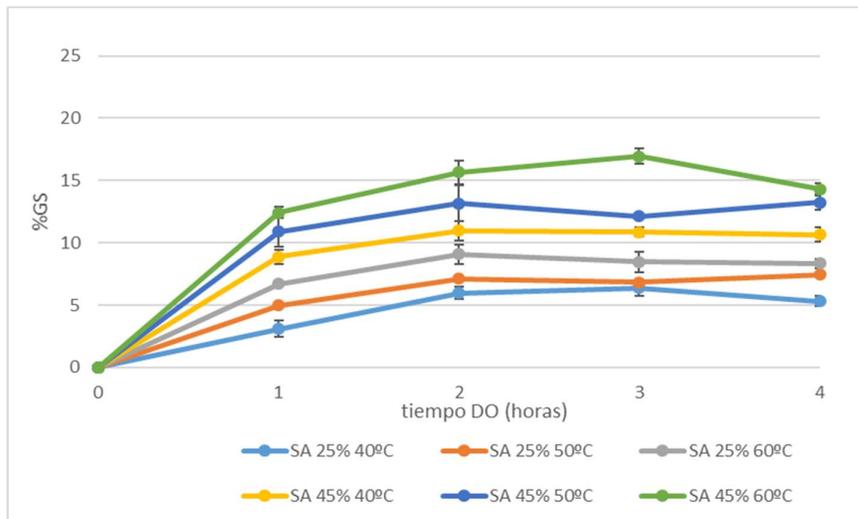
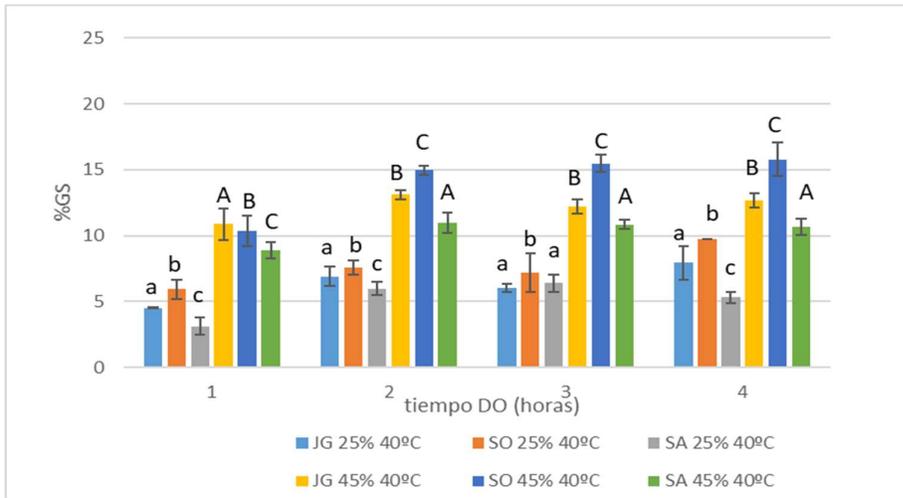


Figura 17. Ganancia de sólidos en cubos de papa deshidratados osmóticamente variando el tiempo de proceso en 1, 2, 3 y 4 horas, concentración de 25 y 45% a 40, 50 y 60°C en: (a), solución de jarabe de glucosa, (b) solución de sorbitol y (c) solución de sacarosa.

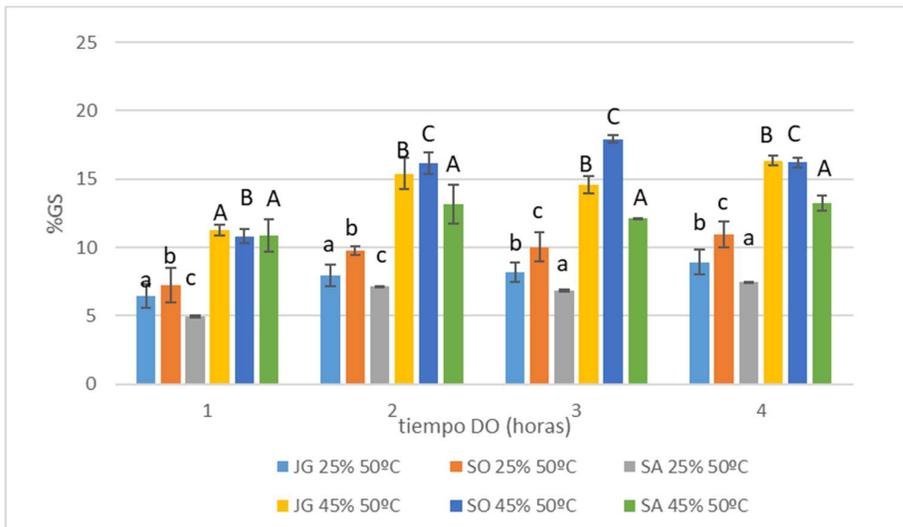
La ganancia de sólidos de las muestras sumergidas en solución de JG, SO y SA al 25 y 45% aumentó con el tiempo de proceso de DO, siendo significativa en las dos primeras horas de DO para las temperaturas ensayadas de 40°C, 50°C y 60°C ($p < 0,05$) respectivamente para cada concentración de DO empleada, con un aumento gradual hacia el final del proceso. Las muestras sumergidas en JG, SO y SA al 25% y 45% arrojaron mayores valores de GS a la temperatura de 60°C en todos los tiempos de proceso ($p < 0,05$), no existiendo diferencia entre 40 y 50°C (Figura 17). La ganancia de sólidos en todos los casos fue mayor en las muestras deshidratadas en la solución de 45% ($p < 0,0001$).

La Figura 18 muestra el comportamiento entre los solutos empleados para las soluciones deshidratantes en las dos concentraciones (25 y 45%).

(a)



(b)



(c)

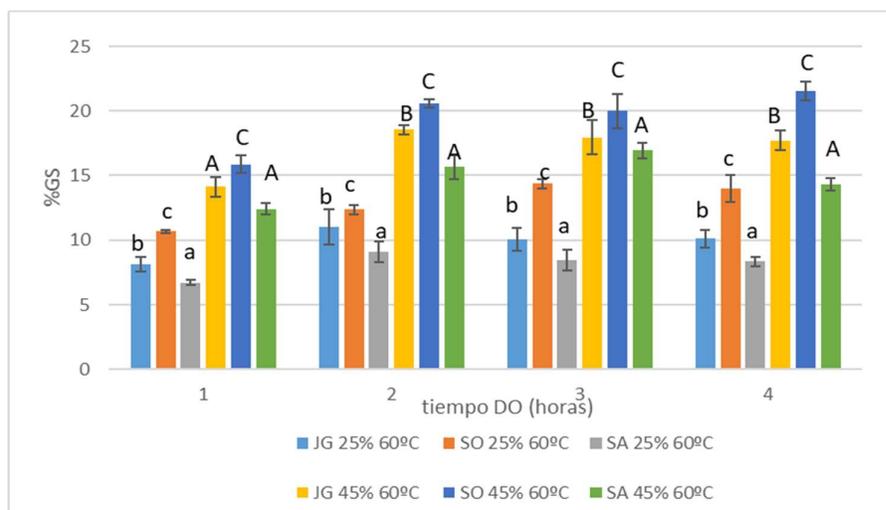


Figura 18. Ganancia de sólidos en cubos de papa deshidratados osmóticamente en solución de jarabe de glucosa, sorbitol y sacarosa, concentración 25 y 45% durante 4 horas a: (a) 40°C; (b) 50°C y (c) 60°C. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los solutos en la concentración de 25% en cada tiempo de proceso de DO. Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los solutos en concentración de 45% en cada tiempo de proceso de DO.

La ganancia de sólidos se vio afectada por el tipo de soluto utilizado para la solución deshidratante. Los cubos de papas sumergidos en soluciones de concentración 25% y 45% a 40°C, 50°C y 60°C presentaron mayores valores de GS cuando se empleó el soluto sorbitol y menor con el soluto sacarosa como agentes deshidratantes en todos los tiempos de proceso estudiado ($p < 0,05$) (Figura 18).

3.2.2 Ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica de cubos de papa en la variedad Innovator

En la Tabla 8 se muestran los valores medios de sólidos solubles (SS) de los cubos de papa de variedad Innovator, deshidratados osmóticamente en solución de JG, SO y SA, en las temperaturas ensayadas de 40°C, 50°C y 60°C, tiempo de proceso 1, 2, 3 y 4 horas y variando la concentración de la solución: 25 y 45%.

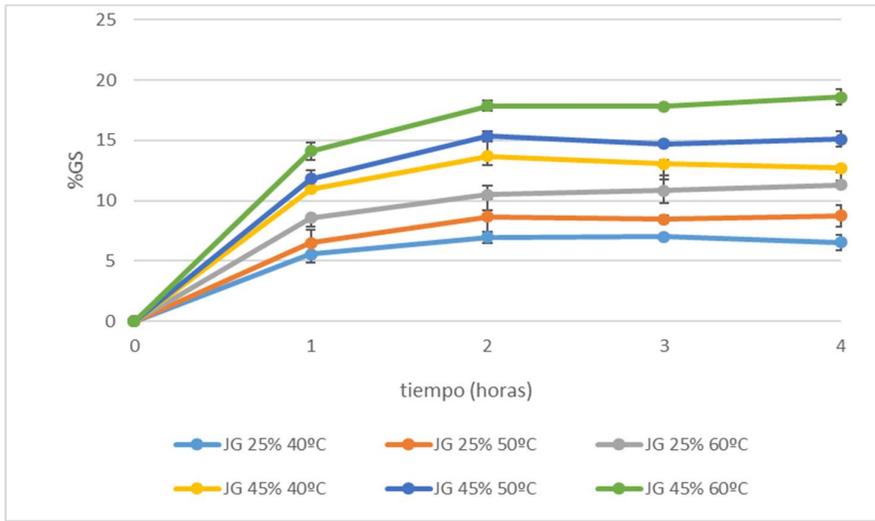
Tabla 8. Sólidos solubles (SS) de los cubos de papa DO en solución de JG, SO y SA, dos concentraciones 25% y 45%, 1, 2, 3 y 4 horas de proceso, 40°C, 50°C y 60°C.

T(°C)	t(h)	JARABE de GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		25%	45%	25%	45%	25%	45%
40	1	13 ± 0	22 ± 0	14 ± 0	24 ± 0	12 ± 0	21,5 ± 0,71
	2	15 ± 0	27,5 ± 0,71	17,5 ± 0,71	32,5 ± 0,71	14 ± 0	28 ± 0
	3	16 ± 0	27,5 ± 0,71	15,5 ± 0,71	33,5 ± 2,12	15 ± 1,41	27,5 ± 0,71
	4	16 ± 0	27,5 ± 0,71	18 ± 0	36,5 ± 0,71	16 ± 0	29 ± 0
50	1	14 ± 0	23,5 ± 0,71	16 ± 0	25,5 ± 0,71	13,5 ± 0,71	23,5 ± 0,70
	2	17 ± 1,41	31,5 ± 2,12	20,5 ± 0,71	35 ± 0	17,5 ± 0,71	31,5 ± 0,71
	3	17,5 ± 0,71	31,5 ± 2,12	20,5 ± 0,71	37,5 ± 0,71	16,5 ± 0,71	32 ± 1,41
	4	18,5 ± 0,71	32 ± 1,41	20 ± 0	38,5 ± 0,71	18,5 ± 0,71	32,5 ± 0,71
60	1	17 ± 0	29 ± 1,41	19,5 ± 0,71	33 ± 0	16,5 ± 0,71	28 ± 0
	2	20,5 ± 0,71	39,5 ± 0,71	23,5 ± 0,71	43 ± 1,41	20 ± 0	38 ± 1,41
	3	21 ± 1,41	39 ± 1,41	25 ± 0	45 ± 0	20,5 ± 0,71	40,5 ± 0,70
	4	22 ± 1,41	40,5 ± 0,71	24,5 ± 0,71	43 ± 0	22,5 ± 0,71	40 ± 1,41

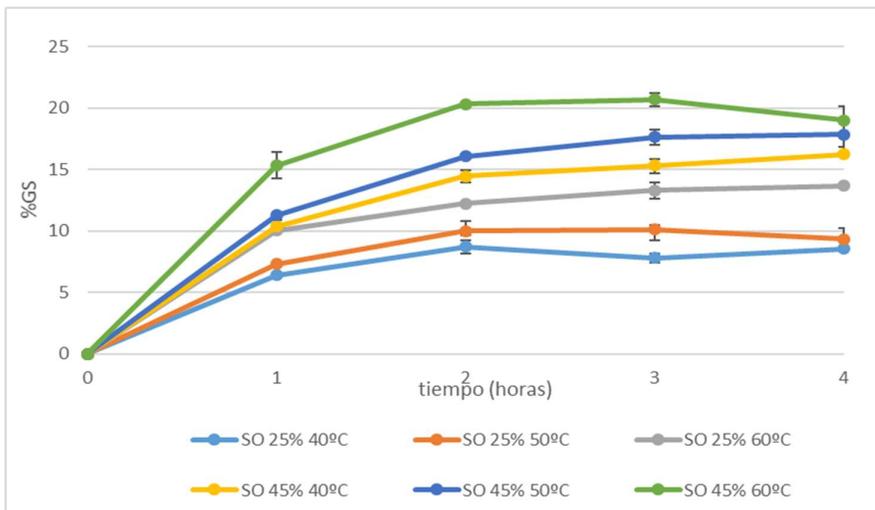
Los sólidos solubles de los cubos de papa de la variedad Innovator, deshidratados osmóticamente mostraron una tendencia a aumentar con el tiempo de DO y con la temperatura, tendiendo al equilibrio a partir de las 2 h de proceso. A su vez, se observó que los sólidos solubles fueron mayores en las muestras sumergidas en solución de sorbitol y menor en las sumergidas en solución de sacarosa.

En las Figuras 19 se muestran los valores obtenidos para la ganancia de sólidos obtenida por los cubos de papa de variedad Innovator a distintas temperaturas.

(a)



(b)



(c)

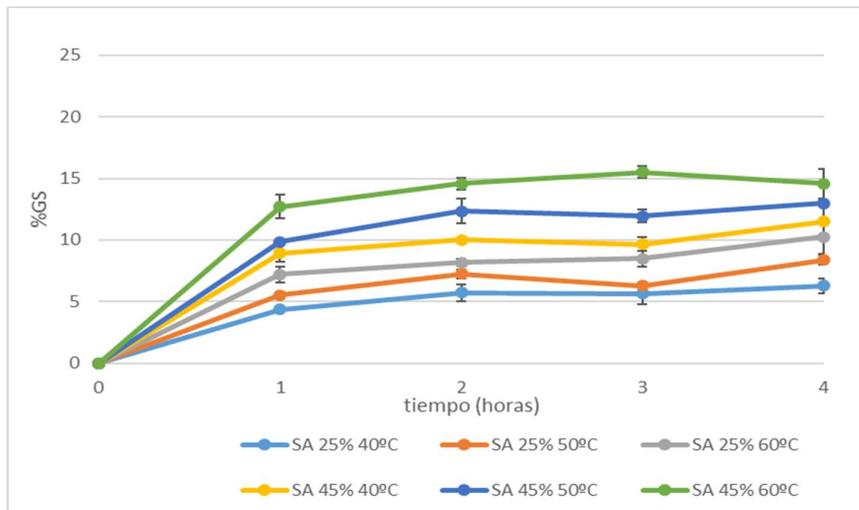
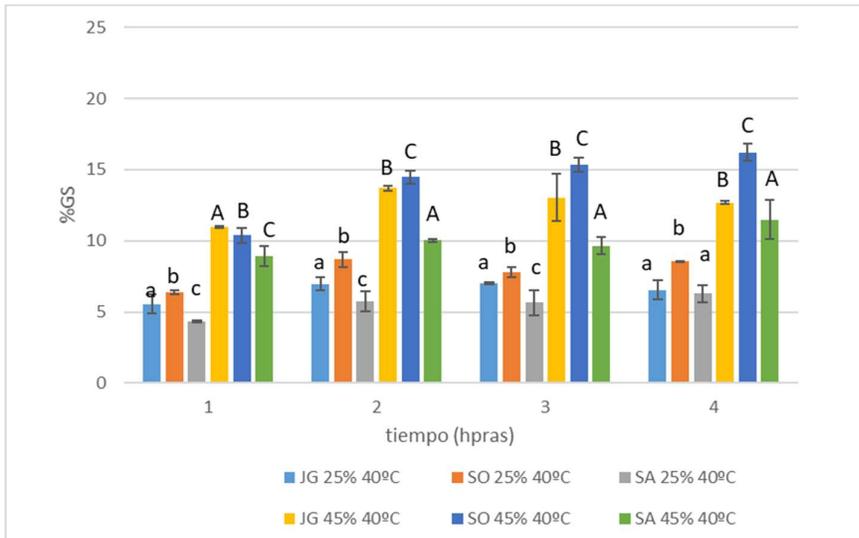


Figura 19. Ganancia de sólidos en cubos de papa deshidratados osmóticamente variando el tiempo de proceso en 1, 2, 3 y 4 horas, concentración de 25 y 45% a 40, 50 y 60°C en: (a), solución de jarabe de glucosa, (b) solución de sorbitol y (c) solución de sacarosa.

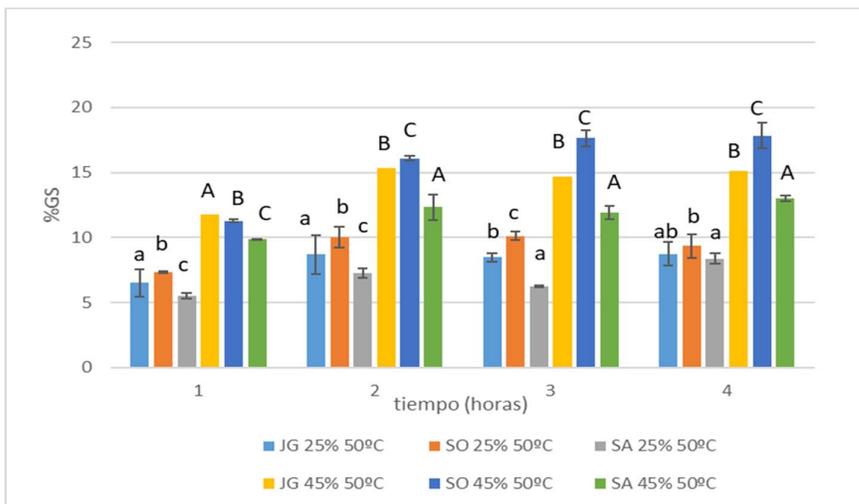
La ganancia de sólidos de las muestras deshidratadas en solución de JG, SO y SA al 25 y 45% aumentó con el tiempo de proceso de DO, siendo significativa en las dos primeras horas de DO para las temperaturas ensayadas de 40°C, 50°C y 60°C ($p < 0.05$) para cada concentración de DO empleada. La ganancia de sólidos fue mayor en las muestras deshidratadas en la solución de 45% ($p < 0,0001$). Las muestras sumergidas en JG, SO y SA al 25% y 45% tuvieron mayores valores de ganancia de sólidos cuando se empleó la temperatura de 60°C y menor con la temperatura de 40°C, para los tiempos de proceso estudiados ($p < 0,05$), no existiendo diferencia entre 40 y 50°C en la primera y tercera hora de proceso cuando se empleó solución de sacarosa al 25% como agente deshidratante (Figura 19).

La Figura 20 muestra el comportamiento entre los solutos empleados para las soluciones deshidratantes en las dos concentraciones (25 y 45%).

(a)



(b)



(c)

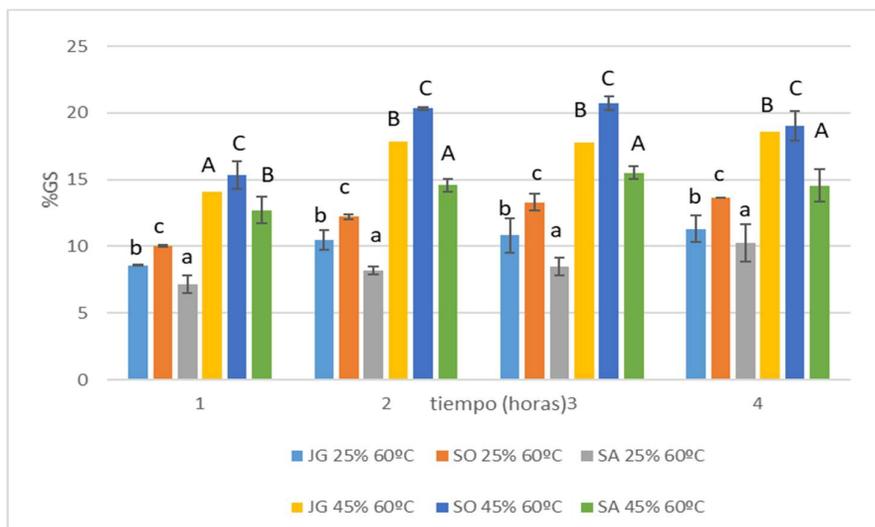


Figura 20. Ganancia de sólidos en cubos de papa deshidratados osmóticamente en solución de jarabe de glucosa, sorbitol y sacarosa, concentración 25 y 45% durante 4 horas a: (a) 40°C; (b) 50°C y (c) 60°C. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los solutos en la concentración de 25% en cada tiempo de proceso de DO. Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los solutos en concentración de 45% en cada tiempo de proceso de DO.

Los cubos de papas de la variedad Innovator, sumergidos en soluciones de concentración 25% y 45% a 40°C, 50°C y 60°C presentaron mayores valores de GS cuando se empleó como agentes deshidratantes el sorbitol y jarabe de glucosa y menor la sacarosa para todos los tiempos de proceso de DO ($p < 0,05$) (Figura 20 (a), (b) y (c)).

En todos los resultados, independientemente del tipo de papa, concentración y temperatura de solución, se observó una tendencia a ganar sólidos en las primeras horas de proceso. Estos resultados coinciden con Silva Paz y col. (2014), que observaron que después de 2 a 3 horas de deshidratación osmótica de cubos de papa deshidratados en solución de sacarosa 40% y cloruro de sodio 5%, la tendencia a ganar sólidos es levemente gradual a medida que se tiende al equilibrio. En relación a la ganancia de sólidos, esto es más notorio a 60°C, probablemente debido a que a mayor temperatura se aumenta la acción de los mecanismos hidrodinámicos lo que favorece una mayor ganancia inicial de sólidos de la solución osmótica (Giraldo, 2003).

En general, tanto para la pérdida de peso, agua y ganancia de sólidos, la temperatura tiene una marcada influencia, debido a que a temperaturas superiores la ganancia de sólidos, la pérdida de peso y de agua se incrementan. Este mismo comportamiento lo observaron Salvatori y Alzamora (2000), Vega Galvez y col. (2007), y Maldonado y col. (2008), los cuales deshidrataron diversos productos frutihortícolas (manzanas, papaya, yacón, etc). Arias y col. (2017) estudiaron el

comportamiento cinético en la DO de láminas de mango a dos concentraciones de sacarosa (45°Brix y 60°Brix) y tres temperaturas (20°C, 35°C y 50°C). Los autores observaron que la cantidad de sólidos que ingresan al producto se vió favorecido con la temperatura.

En este trabajo se observó una mayor ganancia de sólidos cuando se emplearon soluciones más concentradas. Resultados similares fueron encontrados por Rodríguez y col. (2013) en ciruelas y nectarinas DO en solución de jarabe de glucosa y sorbitol en concentraciones de 40 y 60%. El empleo de soluciones hipertónicas más concentradas permitió obtener productos finales con mayor contenido de sólidos solubles como consecuencia de una mayor ganancia de sólidos.

Los valores de GS dependieron del tipo de agente osmótico empleado, alcanzándose valores superiores cuando fueron sumergidos en solución de sorbitol. Esto puede atribuirse, por una parte, a los diferentes pesos moleculares de los solutos, siendo de 182 g/mol para el sorbitol, 342 g/mol para la sacarosa. Como se explicó anteriormente, el menor peso molecular del soluto permite un mayor ingreso al alimento (Eren y col., 2007). Por lo tanto, en esta tesis, la diferencia de ganancia de sólidos obtenida para los diferentes agentes osmóticos empleados en la DO, se puede atribuir al peso y al tamaño de sus moléculas. Los solutos con alto peso molecular es más probable que se retengan en la superficie del tejido, lo que resulta en una baja ganancia de sólidos. Por otro lado, las moléculas más pequeñas difunden más fácilmente a través de la matriz del producto (Chauhan y col. 2011).

Resultados similares a este trabajo de tesis fueron encontrados por Cerdán Guevara, (2016). Ellos observaron que cuando utilizan soluciones de la misma concentración de sacarosa, sorbitol y jarabe de maíz para la deshidratación osmótica de papas, la ganancia de sólidos fue casi el doble en las papas sumergidas en sorbitol que aquellas procesadas en sacarosa. Los resultados de este trabajo también coinciden con los obtenidos por Rodríguez (2013) en ciruelas y nectarinas, siendo este efecto más notable al utilizar sorbitol como agente deshidratante comparado con la sacarosa. Ferrari y col. (2009) estudiaron la deshidratación osmótica de pera en soluciones hipertónicas de sacarosa y sorbitol con 40 y 60°Brix de concentración. Los mayores valores de entrada de sólidos se obtuvieron con las soluciones de sorbitol. Flink (1980) comparando las propiedades de la glucosa y la sacarosa como agentes osmóticos indicó que operando con la solución de glucosa se logra un incremento en el transporte de sólidos hacia el material. Mendoca y col. (2014) estudiaron la deshidratación osmótica de rodajas de yacón sumergiendo en solución de xilitol, maltitol, eritritol, isomaltitol y sorbitol como agentes osmóticos, en concentración de 40°Brix y a 25°C. Ellos observaron que las muestras tratadas con eritritol se destacaron por su alta ganancia de sólidos al final del proceso de DO. Este resultado se pudo atribuir al bajo peso molar del eritritol (PM: 122.1 g/mol) en relación con los otros agentes osmóticos utilizados en este estudio. Se observó un GS más bajo para las muestras tratadas con maltitol (PM: 344,31 g/mol) y isomaltitol (362,32 g/mol), respectivamente. Las muestras sometidas a tratamientos con sorbitol (PM: 182,17 g/mol) y xilitol (PM: 152,15 g/mol) presentaron GS intermedio. La misma relación fue observada por Sritongtae y

col. (2011) en la deshidratación osmótica de melón con sorbitol y sacarosa. Observaron una mayor GS en la solución de sorbitol debido a su menor tamaño molecular.

Con respecto a los valores finales de contenido de sólidos solubles, tanto para las muestras deshidratadas en jarabe de glucosa como en sorbitol, el aumento del contenido de sólidos solubles fue relevante debido al bajo peso molecular de ambos agentes (180,16 y 182,17 g/mol, respectivamente), lo cual facilitó el ingreso de la molécula hacia los cubos de papa (Torregiani, 1993; Araujo y col. 2004; Ruiz López y col. 2010). Lazarides (2001) expresa que la velocidad de penetración del soluto a la fruta es directamente proporcional al nivel de concentración e inversamente al tamaño molecular del azúcar. Los resultados de este trabajo de tesis conciben con Río Pérez y col (2005) quienes trabajando con papaya hawaiana dispusieron de 4 diferentes agentes edulcorantes (miel de abeja, miel crema, jarabe de sacarosa y miel de caña) con una misma concentración de sólidos solubles, en igual cantidad relación jarabe/fruta pudieron observar que la sacarosa siendo el soluto de mayor peso y tamaño, presentó menores valores de sólidos solubles y mayores valores de pérdida de agua al final del proceso con respecto a la muestra deshidratada con los otros agentes. Dermesonlouoglou y col. (2007) reportaron que los tratamientos con los solutos glucosa, oligofruktosa y con mezcla de oligofruktos/trehalosa causaron una significativa pérdida de humedad en el tomate. Sin embargo, la deshidratación osmótica con glucosa, la cual tiene el peso molecular menor, causó la mayor ganancia de sólidos y la menor pérdida de agua. Los resultados obtenidos por Wais (2011) mostraron que para la deshidratación osmótica de manzanas con sacarosa y xilitol en una concentración de 47% p/p cada una, durante todo el proceso, el xilitol consiguió incorporarse a la estructura del alimento en mayor cantidad y más velozmente que la sacarosa.

Además del peso molecular hay otras variables que influyen sobre el comportamiento de los agentes osmóticos, como la viscosidad, el poder depresor de la a_w y el comportamiento iónico que harán que la interacción de los solutos con el agua y la matriz sólida del alimento sean distintas (Raoult-Wack y col. 1991; Cháfer y col. 2001; Moreira Azoubel y Murr, 2004). La Influencia del tejido vegetal es una variable importante para la eficiencia de la deshidratación osmótica. La membrana celular otorga rigidez y protección a la célula. La naturaleza semipermeable de las membranas permite que pequeñas moléculas de agua puedan atravesarla, pero restringen la transmisión de moléculas de mayor tamaño como las de azúcar (Barat, 1998). La papa contiene principalmente agua (80%), carbohidratos, proteínas, vitaminas y antioxidantes. Dentro de los carbohidratos, el contenido de almidón en la papa varía entre 15% y 20% de su peso. Este almidón es una molécula biológicamente activa (Bailey y Bailey, 1998; Medina y Salas, 2008), importante en la elaboración de alimentos y se caracteriza por su baja temperatura de gelatinización, baja tendencia a retrogradación y resistencia a la degradación enzimática (Sun y col., 2006). Además, posee una alta viscosidad y capacidad para enlazarse con agua (Zaidul y col. 2007) y por lo tanto con soluciones acuosas, características que son directamente atribuidas a su estructura (Blennow y col. 2003; Singh y Kaur,

2009). Esta propiedad estructural de la papa permitiría la asociación de los solutos presentes en la solución deshidratante con el almidón. A su vez, esta transferencia de masa estaría relacionada con las propiedades físicas de los solutos empleados para realizar la deshidratación osmótica, siendo los de menor peso molecular como el sorbitol, el que tendría mayor capacidad para asociarse al almidón e ingresar a los cubos de papa mínimamente procesados, mientras que la sacarosa, siendo de mayor peso molecular penetra menos al alimento, o en su defecto, no lo hace (Heng y col. 1990 y Raoult Wack , 1994).

Por otro lado, algunos solutos osmóticos como las sales o los solutos de bajo peso molecular se concentran en el centro del tejido vegetal mientras que otros como la sacarosa se impregnan en las capas externas del tejido formando una barrera superficial alrededor del alimento. Ispir y col. (2009) durante la deshidratación osmótica de frutas en soluciones osmóticas de sacarosa y sal, reportó que la sacarosa se acumulaba y compactaba en la superficie formando una capa fina sobre el tejido vegetal (barrera de masa externa), mientras que la sal fue encontrada, luego de penetrar, en el centro del tejido. Sluka y col. (2014) reportaron durante la DO de cubos de papa en solución de sacarosa la formación de una barrera sólida (fase límite) en la superficie de la muestra que hizo disminuir la fuerza motriz de transferencia de solutos entre la solución y el producto. Adicionalmente, observó mediante microscopía que la mayor retención del soluto se obtuvo en los espacios extracelulares y en la región que limita la pared con la membrana citoplasmática (Lenart y col. 1984; Guilbert y col. 1990; Baroni y col. 2007).

3.3 Modelo Empíricos

Los datos experimentales obtenidos en las experiencias de deshidratación osmótica se ajustaron con modelos empíricos: Modelos de Azuara y Peleg.

3.3.1 Modelo de Azuara

Se aplicó el modelo (Ecuación 4) a los datos experimentales y se graficó el primer miembro de la ecuación, t/PA versus el tiempo de deshidratación osmótica.

En la Tabla 9 y 10 se presentan los parámetros del modelo para las distintas condiciones de temperatura, tiempo y concentración y tipo de solutos ensayados durante la deshidratación osmótica de las muestras de cubos de papa de la variedad Spunta y Innovator, respectivamente.

Tabla 9. Parámetros del modelo de Azuara: PA^∞ , s_1 , coeficientes de determinación R^2 y desvío estándar DE de PA^∞ y s_1 para los cubos de papa de variedad Spunta.

Conc.	Temp	Soluto	PA^∞ (%)	DE PA^∞	$S_1(\text{min}^{-1})$	DE S_1	R^2
25%	40°C	JG	35,792	0,996	2,922	0,296	0,997
		SO	39,565	1,769	3,095	0,611	0,996
		SA	44,581	1,825	1,294	1,799	0,999
	50°C	JG	38,078	2,048	3,011	0,283	0,942
		SO	43,104	0,263	3,162	0,842	0,995
		SA	44,944	0,143	5,186	0,358	0,998
	60°C	JG	44,357	0,974	5,716	0,887	0,999
		SO	46,332	1,820	5,613	1,032	0,998
		SA	50,517	1,082	4,984	0,635	0,998
45%	40°C	JG	53,193	0,400	4,357	0,872	1,000
		SO	59,882	0,507	4,187	0,331	0,999
		SA	65,792	0,612	3,654	0,526	0,999
	50°C	JG	57,811	0,945	3,242	0,267	0,999
		SO	61,057	3,159	6,006	3,528	0,998
		SA	65,153	0,900	4,958	0,295	0,999
	60°C	JG	64,309	0,292	3,209	0,126	0,999
		SO	66,452	0,937	5,024	0,308	0,999
		SA	70,426	0,701	6,342	0,661	1,000

Tabla 10. Parámetros del modelo de Azuara: PA^∞ , s_1 , coeficientes de determinación R^2 y desvío estándar DE de PA^∞ y s_1 para los cubos de papa de variedad Innovator.

Conc.	Temp	Soluto	PA^∞ (%)	DE PA^∞	$S_1(\text{min}^{-1})$	DE S_1	R^2
25%	40°C	JG	36,854	1,2478	2,4807	0,1320	0,999
		SO	44,351	0,6954	1,9190	0,1910	0,998
		SA	44,199	2,0697	3,9242	2,1463	0,994
	50°C	JG	44,843	0,0000	1,5693	0,1168	0,995
		SO	43,578	0,6713	3,3029	0,0499	0,992
		SA	46,561	2,1439	4,7465	0,9448	0,998
	60°C	JG	43,583	0,9400	3,5111	0,5264	0,998
		SO	53,245	5,9762	4,4938	1,8473	0,998
		SA	53,477	0,4044	3,7657	0,4543	0,993
45%	40°C	JG	52,983	2,7751	4,0931	1,7030	0,999
		SO	57,471	0,0000	5,0220	1,1003	0,996
		SA	61,407	2,6639	7,0872	4,8264	0,998
	50°C	JG	55,711	0,2195	3,7341	0,5046	0,999
		SO	62,933	2,2390	4,4593	1,6425	0,998
		SA	65,147	0,3001	5,4019	0,4269	0,997
	60°C	JG	60,250	1,0266	5,7029	1,4385	0,998
		SO	64,527	1,1775	8,8718	4,5327	0,998
		SA	68,279	1,6478	6,9211	1,3026	0,999

El ajuste del modelo fue muy satisfactorio como lo reflejan los elevados valores de los coeficientes de determinación, R^2 alcanzados en las distintas experiencias.

La pérdida de agua a tiempo infinito fue significativamente ($p < 0,0001$) mayor cuando se trabajó con soluciones más concentradas. También se observó que la PA_{∞} fue mayor cuando se usó mayor temperatura ($p < 0,0001$) y cuando se empleó la sacarosa como soluto deshidratante ($p < 0,0001$).

Con respecto a la velocidad de pérdida de agua S_1 , la misma fue significativamente mayor cuando se empleó la mayor concentración en la solución de ósmosis ($p = 0,0001$), la mayor temperatura ($p = 0,0015$) y cuando se empleó la sacarosa para la solución ($p = 0,0128$). A su vez, se observó la misma velocidad pérdida de agua en ambas variedades de papa ($p = 0,5382$).

Estos resultados coinciden con Della Rocca (2010), en donde la PA_{∞} fue mayor cuando se empleó la mayor concentración de DO con sacarosa 50% p/p y NaCl 10% p/p en cubos de papas.

Similares resultados a este trabajo de tesis fueron encontrados también por Gutiérrez Cárdenas en (2019) en láminas de papa de variedad Fiana deshidratadas osmóticamente en solución osmótica de sacarosa 50% p/p + NaCl 15% p/p a diferentes tiempos (10, 20, 30, 40, 50 y 60 min) y diferentes temperaturas (25, 45, 65 y 86°C). Ellos observaron que la temperatura y el tiempo afectaron el %PA en las diferentes cinéticas experimentales, incrementándose con el tiempo y la temperatura. La mayor pérdida de agua fue obtenida en el tratamiento con 85°C, lo que reflejó la influencia de la temperatura para el incremento de %PA.

Chuquillanque (2017) evaluaron rodajas de kiwi verde deshidratadas osmóticamente en soluciones de sacarosa, miel y glucosa en tres concentraciones (40, 50 y 60°Brix) y observaron que según el modelo de Azuara, las constantes de velocidad para la pérdida de agua presenta altos R^2 para las tres soluciones osmóticas, siendo mayor para 60 °Brix en sacarosa ($R^2 = 0,9875$), miel ($R^2 = 0,9766$) y glucosa ($R^2 = 0,9888$); a su vez, a mayor concentración presenta altos valores de coeficientes de velocidad.

Se compararon los valores de pérdida de agua a tiempo infinito estimados por el modelo de Azuara y los valores experimentales de pérdida de agua obtenidos luego de 4 h de deshidratación osmótica para las variedades Spunta e Innovator. Los mismos se presentan en la Tabla 11 y 12.

Tabla 11. Valores de pérdida de agua a tiempo infinito estimados por el modelo de Azuara y valores experimentales obtenidos luego de 4 h de deshidratación osmótica, variedad Spunta.

Conc.	Temp	Soluto	PA ∞ (%)	PA 4 h(%)
25%	40°C	JG	35,792	33,657
		SO	39,565	34,426
		SA	44,581	39,883
	50°C	JG	38,078	36,075
		SO	43,104	37,701
		SA	44,944	44,743
	60°C	JG	44,357	40,956
		SO	46,332	43,856
		SA	50,517	47,605
45%	40°C	JG	53,193	52,814
		SO	59,882	56,352
		SA	65,792	62,150
	50°C	JG	57,811	51,729
		SO	61,057	57,037
		SA	65,153	63,304
	60°C	JG	64,309	60,691
		SO	66,452	64,383
		SA	70,426	66,182

Tabla 12. Valores de pérdida de agua a tiempo infinito estimados por el modelo de Azuara y valores experimentales obtenidos luego de 4 h de deshidratación osmótica, variedad Innovator.

Conc.	Temp	Soluto	PA ∞ (%)	PA 4 h(%)
25%	40°C	JG	36,854	33,649
		SO	44,351	36,391
		SA	44,199	40,666
	50°C	JG	44,843	39,147
		SO	43,578	40,144
		SA	46,561	43,844
	60°C	JG	43,583	41,952
		SO	53,245	46,416
		SA	53,477	50,682
45%	40°C	JG	52,983	49,712
		SO	57,471	55,226
		SA	61,407	59,221
	50°C	JG	55,711	51,819
		SO	62,933	58,093
		SA	65,147	63,798
	60°C	JG	60,250	56,975
		SO	64,527	64,372
		SA	68,279	68,409

Los valores experimentales y predichos son bastantes similares, si bien los experimentales son más pequeños ya que seguramente transcurridas 4 horas de deshidratación osmótica todavía no se alcanza el equilibrio. Sin embargo, la poca diferencia entre los valores, podría indicar que un ensayo de DO de 4 hs es suficiente para este tipo de producto.

Este modelo también permite predecir la ganancia de sólidos en el equilibrio. Se aplicó el modelo de Azuara (Ecuación 4) a los datos experimentales y se graficó el primer miembro de la ecuación, t/GS versus el tiempo de deshidratación osmótica.

Las Tabla 13 y 14 muestran los parámetros del modelo para las distintas condiciones de temperatura, tiempos y concentración y tipo de solutos ensayados durante la deshidratación osmótica de las muestras de cubos de papa de la variedad Spunta e Innovator, respectivamente.

Tabla 13. Parámetros del modelo de Azuara: GS^∞ , S2, coeficientes de determinación R^2 y desvío estándar DE de GS^∞ y s2 para los cubos de papa de variedad Spunta.

Conc.	Temp	Soluto	GS^∞ (%)	DE GS^∞	S2(min-1)	DE S2	R^2
25%	40°C	JG	9,471	1,368	0,927	0,359	0,957
		SO	11,462	2,399	1,261	0,830	0,954
		SA	7,113	2,512	2,572	2,956	0,869
	50°C	JG	9,393	0,622	2,469	1,460	0,966
		SO	13,417	1,028	1,145	0,512	0,994
		SA	8,041	0,210	1,114	0,033	0,936
	60°C	JG	12,420	0,360	2,464	0,919	0,991
		SO	14,254	2,763	6,831	7,500	0,978
		SA	10,156	0,698	1,678	0,343	0,977
45%	40°C	JG	14,047	0,572	4,651	1,850	0,990
		SO	16,794	0,219	1,752	0,282	0,982
		SA	9,440	0,158	2,201	22,975	0,977
	50°C	JG	16,230	1,263	4,012	2,344	0,981
		SO	18,829	0,726	1,882	0,625	0,967
		SA	12,891	0,329	2,581	0,648	0,973
	60°C	JG	19,188	0,702	3,696	0,925	0,995
		SO	20,412	0,412	3,534	0,287	0,987
		SA	14,628	1,341	3,785	2,305	0,992

Tabla 14. Parámetros del modelo de Azuara: GS_{∞} , s_2 , coeficientes de determinación R^2 y desvío estándar DE de GS_{∞} y s_2 para los cubos de papa de variedad Innovator.

Conc.	Temp	Soluto	GS_{∞} (%)	DE GS_{∞}	$S_2(\text{min}^{-1})$	DE S_2	R^2
25%	40°C	JG	8,684	0,005	2,384	0,193	0,994
		SO	8,734	0,264	3,079	0,469	0,917
		SA	7,595	0,545	1,155	0,152	0,953
	50°C	JG	10,152	0,965	2,321	1,567	0,971
		SO	10,506	0,514	4,620	2,163	0,983
		SA	9,421	0,651	1,194	0,263	0,937
	60°C	JG	12,776	1,794	2,047	0,784	0,997
		SO	13,304	0,936	4,039	1,847	0,987
		SA	11,320	0,948	1,333	0,529	0,976
45%	40°C	JG	13,600	0,327	4,954	0,046	0,992
		SO	19,417	1,700	1,301	0,353	0,995
		SA	15,380	1,505	5,221	5,409	0,978
	50°C	JG	16,540	1,119	3,558	2,329	0,965
		SO	19,830	1,855	1,570	0,469	0,987
		SA	11,879	0,489	5,925	2,870	0,969
	60°C	JG	19,141	0,880	3,228	0,969	0,982
		SO	22,099	0,035	2,291	0,028	0,992
		SA	17,562	0,283	2,094	0,237	0,980

El ajuste del modelo es muy satisfactorio como lo reflejan los elevados valores de los coeficientes de determinación, R^2 alcanzados en las distintas experiencias.

La ganancia de sólidos a tiempo infinito fue significativamente ($p < 0,001$) mayor cuando se trabajó con soluciones más concentradas, a mayor temperatura ($p = 0,0002$) y menor cuando se empleó la sacarosa ($p = 0,0012$) como soluto deshidratante. A su vez, las dos variedades de papa siguieron la misma tendencia, observándose una ganancia de sólidos a tiempo infinito similar ($p = 0,1049$).

La velocidad de ganancia de sólidos, reflejada en el parámetro S_2 , fue mayor a mayor concentración en la solución de ósmosis ($p = 0,0922$). A su vez, la velocidad de ganancia de sólidos no dependió de la variedad de papa estudiada ($p = 0,4005$).

Resultados similares a este trabajo fueron obtenidos por Gutiérrez Cárdenas y col (2019), quienes evaluaron las cinéticas de deshidratación osmótica y el ajuste del modelo de Azuara para la optimización del diseño y control del proceso de láminas de papas tratadas en solución de 50% p/p sacarosa y 15% p/p de NaCl, sometidas a diferentes condiciones de temperatura (25, 45, 65 y 86°C) y tiempo de DO (10, 20, 30, 40, 50 y 60 min). Ellos observaron que la ganancia de sólidos al igual que la pérdida de agua se incrementa con el tiempo y la temperatura. También obtuvieron altos valores de coeficiente de correlación (R^2) (por encima de 0,98). Los resultados de esta tesis concuerdan con los obtenidos por Chuquillanqui (2017) en kiwi verde deshidratado osmóticamente

en sacarosa, miel y glucosa a concentraciones de 40°Brix, 50°Brix y 60°Brix. En dicho trabajo, el modelo de Azuara presentó mayores valores de las constantes de velocidad y del coeficiente de determinación a mayor concentración, en la solución osmótica de sacarosa (0,9829), miel (0,9416) y glucosa (0,9628).

Se compararon los valores de ganancia de sólidos a tiempo infinito estimados por el modelo de Azuara y los valores experimentales de ganancia de sólidos luego de 4 horas de deshidratación osmótica para la variedad Spunta e Innovator (Tabla 15 y 16).

Tabla 15. Valores de ganancia de sólidos a tiempo infinito estimados por el modelo de Azuara y valores experimentales obtenidos luego de 4 h de deshidratación osmótica, variedad Spunta.

Conc.	Temp	Soluto	GS [∞] (%)	GS 4 h (%)
25%	40°C	JG	9,471	7,957
		SO	11,462	9,768
		SA	7,113	5,323
	50°C	JG	9,393	8,932
		SO	13,417	10,934
		SA	8,041	7,447
	60°C	JG	12,420	10,116
		SO	14,254	13,995
		SA	10,156	8,337
45%	40°C	JG	14,047	12,665
		SO	16,794	15,769
		SA	9,440	9,363
	50°C	JG	16,230	16,157
		SO	18,829	16,228
		SA	12,891	12,234
	60°C	JG	19,188	17,708
		SO	20,412	20,446
		SA	14,628	14,326

Tabla 16. Valores de ganancia de sólidos a tiempo infinito estimados por el modelo de Azuara y valores experimentales obtenidos luego de 4 h de deshidratación osmótica, variedad Innovator.

Conc.	Temp	Soluto	GS [∞] (%)	GS 4h (%)
25%	40°C	JG	8,684	6,556
		SO	8,734	8,549
		SA	7,595	6,283
	50°C	JG	10,152	8,746
		SO	10,506	9,331
		SA	9,421	8,381
	60°C	JG	12,776	11,302
		SO	13,304	13,261
		SA	11,320	10,248
45%	40°C	JG	13,600	12,697
		SO	19,417	16,227
		SA	15,380	11,495
	50°C	JG	16,540	15,093
		SO	19,830	17,841
		SA	11,879	11,880
	60°C	JG	19,141	18,588
		SO	22,099	19,013
		SA	17,562	14,568

Los valores experimentales y predichos son bastantes similares, siendo los experimentales menores, dado que no se pudo alcanzar el equilibrio a 4 hs de proceso. Sin embargo, se observó que en la variedad Spunta, a mayor concentración empleada de solución, los valores están muy cerca del equilibrio de DO.

3.3.2 Modelo de Peleg

Los datos experimentales de pérdida de humedad se modelaron con la Ecuación 1. En las tablas 17 y 18 se presentan los valores de los parámetros k1 y k2 en las distintas experiencias, los desvíos estándar (DE) y el coeficiente de determinación R² para los diferentes ajustes, tanto para la variedad de papa Spunta como para la Innovator.

Tabla 17. Parámetros del modelo de Peleg (k_1 y k_2), DE (k_1 y k_2) y los coeficientes de correlación, R^2 , variedad Spunta.

Conc.	Temp	Soluto	k_1 (min-1)	DEK1	k_2 (min-1)	DE K2	R^2
25%	40°C	JG	-0,329	0,007	-0,095	0,015	0,994
		SO	-0,351	0,001	-0,077	0,006	0,986
		SA	-0,261	0,030	-0,073	0,020	0,998
	50°C	JG	-0,399	0,033	-0,061	0,006	0,937
		SO	-0,332	0,017	-0,069	0,005	0,970
		SA	-0,239	0,012	-0,057	0,003	0,990
	60°C	JG	-0,242	0,004	-0,066	0,000	0,978
		SO	-0,230	0,004	-0,054	0,000	0,991
		SA	-0,200	0,018	-0,050	0,006	0,994
45%	40°C	JG	-0,290	0,003	-0,049	0,000	0,994
		SO	-0,216	0,003	-0,052	0,002	0,989
		SA	-0,194	0,003	-0,035	0,003	0,985
	50°C	JG	-0,200	0,003	-0,044	0,000	0,990
		SO	-0,195	0,014	-0,048	0,007	0,989
		SA	-0,101	0,007	-0,040	0,003	0,989
	60°C	JG	-0,148	0,003	-0,035	0,001	0,993
		SO	-0,117	0,002	-0,033	0,001	0,995
		SA	-0,094	0,002	-0,035	0,000	0,993

Tabla 18. Parámetros del modelo de Peleg (k_1 y k_2), DE (k_1 y k_2) y los coeficientes de correlación, R^2 , variedad Innovator.

Conc.	Temp	Soluto	k_1 (min-1)	DEK1	k_2 (min-1)	DE K2	R^2
25%	40°C	JG	-0,448	0,022	-0,096	0,020	0,962
		SO	-0,479	0,069	-0,048	0,023	0,900
		SA	-0,338	0,078	-0,094	0,030	0,900
	50°C	JG	-0,335	0,063	-0,041	0,012	0,955
		SO	-0,337	0,048	-0,094	0,028	0,946
		SA	-0,256	0,024	-0,067	0,010	0,975
	60°C	JG	-0,372	0,012	-0,077	0,002	0,993
		SO	-0,532	0,008	-0,068	0,003	0,952
		SA	-0,218	0,008	-0,051	0,003	0,924
45%	40°C	JG	-0,296	0,017	-0,061	0,005	0,996
		SO	-0,301	0,006	-0,065	0,004	0,979
		SA	-0,183	0,019	-0,060	0,004	0,999
	50°C	JG	-0,241	0,030	-0,058	0,007	0,996
		SO	-0,189	0,006	-0,045	0,002	0,991
		SA	-0,105	0,000	-0,054	0,000	0,984
	60°C	JG	-0,148	0,003	-0,061	0,003	0,982
		SO	-0,179	0,011	-0,034	0,004	0,984
		SA	-0,100	0,004	-0,037	0,001	0,961

El ajuste del modelo de Peleg, fue muy satisfactorio como lo reflejan los elevados valores de los coeficientes de determinación, R^2 alcanzados en las distintas experiencias.

Se estimaron las velocidades iniciales de variación de humedad o velocidades iniciales de transferencia de masa y las humedades de equilibrio respectivamente, para las distintas concentraciones de las soluciones, distintas temperaturas y diferentes solutos empleados en las soluciones deshidratantes. En la Tabla 19 y 20 se muestran los resultados para las distintas condiciones para las variedades de papa Spunta e Innovator.

Tabla 19. Velocidades iniciales de transferencia de masa (valor absoluto, VA) y humedades de equilibrio (He%) para distintas condiciones de deshidratación osmótica ensayadas para la variedad Spunta.

Conc.	Temp	Soluto	VA vel inicial de transf de masa (%/min)	He %
25%	40°C	JG	3,037	71,330
		SO	2,847	68,919
		SA	3,831	67,855
	50°C	JG	2,504	65,637
		SO	3,011	67,462
		SA	4,184	64,332
	60°C	JG	4,134	66,733
		SO	4,351	63,584
		SA	5,000	63,601
45%	40°C	JG	3,454	61,487
		SO	4,622	62,827
		SA	5,160	52,917
	50°C	JG	5,000	59,451
		SO	5,136	61,098
		SA	9,862	56,959
	60°C	JG	6,754	53,256
		SO	8,545	52,043
		SA	10,638	53,098

Tabla 20. Velocidades iniciales de transferencia de masa (valor absoluto, VA) y humedades de equilibrio (He%) para distintas condiciones de deshidratación osmótica ensayadas para la variedad Innovator.

Conc.	Temp	Soluto	VA vel inicial de transf de masa (%/min)	He %
25%	40°C	JG	2,233	67,355
		SO	2,090	54,487
		SA	2,963	66,814
	50°C	JG	2,982	52,749
		SO	2,967	66,852
		SA	3,914	62,841
	60°C	JG	2,688	65,085
		SO	1,881	63,215
		SA	4,587	58,248
45%	40°C	JG	3,384	61,582
		SO	3,328	62,587
		SA	5,479	61,329
	50°C	JG	4,158	60,509
		SO	5,305	55,719
		SA	9,524	59,566
	60°C	JG	6,780	61,619
		SO	5,602	48,497
		SA	10,000	50,995

A medida que la concentración de la solución de ósmosis aumenta, la velocidad de transferencia del agua hacia la solución incrementa ($p < 0,0001$). Lo mismo se observó cuando aumenta la temperatura del proceso ($p = 0,0313$). Los valores obtenidos de velocidad inicial de transferencia de agua o de variación de humedad para las soluciones sacarosa y sorbitol fueron mayores con respecto a las soluciones de jarabe de glucosa ($p = 0,0026$). Simultáneamente la humedad de equilibrio del producto disminuyó con la mayor temperatura ($p = 0,0018$) y concentración empleada ($p < 0,0001$) en el proceso de ósmosis. La velocidad inicial de transferencia de agua fue mayor en la variedad Spunta ($p = 0,0029$).

Resultados similares fueron obtenidos por Della Rocca (2010). En su trabajo observó que los valores obtenidos de velocidad inicial de transferencia de agua o de variación de humedad en cubos de papa para las soluciones de 2% p/p y 30% p/p en sacarosa son muy similares. Para concentraciones superiores (40% p/p y 50% p/p) la velocidad inicial de transferencia de agua aumenta. Chuquillanqui Romero (2017) modeló la cinética de secado de láminas de kiwi por deshidratación osmótica en solución osmótica de sacarosa, miel y glucosa a las concentraciones de 40 °Brix, 50 °Brix y 60 °Brix mediante el modelo empírico de Peleg. Dicho modelo se ajustó de manera satisfactoria en diferentes concentraciones, en donde se observó que a medida que las concentraciones de las soluciones osmóticas aumentan, la velocidad de transferencia del agua hacia la solución incrementa. Mascheroni y Della Rocca (2010) indicaron que la pérdida de agua y las constantes de velocidad tiende a aumentar a concentraciones mayores de solución deshidratante.

Los datos experimentales de ganancia de sólidos también se modelaron con la Ecuación 8. En las tablas 21 y 22 se presentan los valores de los parámetros s1 y s2 en las distintas experiencias, los desvíos estándar (DE) de s1 y s2 y el coeficiente de determinación, R² para los diferentes ajustes, tanto para la variedad de papa Spunta como para la Innovator.

Tabla 21. Parámetros del modelo de Peleg (s1 y s2), DE (s1 y s2) y los coeficientes de correlación, R², variedad Spunta.

Conc.	Temp.	Soluto	s1 (min/%)	DEs1	s2 (%-1)	DE s2	R ²
25%	40°C	JG	0,084	0,0168	0,072	0,0074	0,978
		SO	0,058	0,0243	0,059	0,0117	0,970
		SA	0,078	0,0463	0,080	0,0176	0,928
	50°C	JG	0,035	0,0098	0,073	0,0000	0,976
		SO	0,051	0,0163	0,048	0,0026	0,993
		SA	0,051	0,0019	0,075	0,0007	0,965
	60°C	JG	0,023	0,0071	0,052	0,0004	0,990
		SO	0,013	0,0162	0,046	0,0057	0,984
		SA	0,031	0,0030	0,055	0,0006	0,988
45%	40°C	JG	0,013	0,0010	0,039	0,0008	0,987
		SO	0,024	0,0035	0,027	0,0020	0,984
		SA	0,014	0,0051	0,041	0,0015	0,991
	50°C	JG	0,018	0,0028	0,032	0,0014	0,985
		SO	0,021	0,0010	0,024	0,0005	0,961
		SA	0,020	0,0011	0,031	0,0015	0,983
	60°C	JG	0,013	0,0011	0,024	0,0008	0,992
		SO	0,010	0,0000	0,022	0,0002	0,987
		SA	0,015	0,0030	0,024	0,0010	0,997

Tabla 22. Parámetros del modelo de Peleg (s1 y s2), DE (s1 y s2) y los coeficientes de correlación, R², variedad Innovator.

Conc.	Temp	Soluto	s1 (min/%)	DEs1	s2 (%-1)	DE s2	R ²
25%	40°C	JG	0,043	0,0000	0,079	0,0000	0,997
		SO	0,037	0,0045	0,072	0,0028	0,930
		SA	0,072	0,0000	0,074	0,0042	0,975
	50°C	JG	0,047	0,0177	0,063	0,0053	0,982
		SO	0,022	0,0029	0,059	0,0003	0,951
		SA	0,050	0,0066	0,064	0,0008	0,951
	60°C	JG	0,030	0,0069	0,052	0,0070	0,998
		SO	0,022	0,0029	0,059	0,0003	0,981
		SA	0,039	0,0100	0,049	0,0035	0,984
45%	40°C	JG	0,014	0,0042	0,040	0,0015	0,990
		SO	0,026	0,0004	0,026	0,0014	0,988
		SA	0,021	0,0025	0,036	0,0010	0,989
	50°C	JG	0,018	0,0049	0,032	0,0014	0,974
		SO	0,022	0,0004	0,024	0,0005	0,991
		SA	0,019	0,0012	0,031	0,0003	0,983
	60°C	JG	0,014	0,0007	0,024	0,0003	0,984
		SO	0,009	0,0010	0,023	0,0001	0,983
		SA	0,017	0,0010	0,024	0,0013	0,985

La velocidad de transferencia de sólidos desde la solución aumenta a medida que aumentan la concentración de la solución de ósmosis y la temperatura ($p < 0,0001$ y $p < 0,0001$, respectivamente). Los valores obtenidos de velocidad inicial de transferencia sólidos para las soluciones sacarosa fueron menores con respecto a las soluciones de jarabe de glucosa y sorbitol ($p = 0,0686$). La variedad de papa empleada para la DO no influyó en este parámetro ($p = 0,4117$). Arias y col (2017) estudiaron el comportamiento de los sólidos solubles (SS) y humedad (H) en función del tiempo a los dos niveles de °Brix de trabajo (45 y 60%) y diferentes temperaturas (20, 35 y 50°C) en la deshidratación osmótica de mango (*Mangifera indica* L.) para los datos experimentales y predichos por el modelo empírico de Peleg. Ellos observaron como la temperatura y la concentración de la solución osmodeshidratante tienen efecto sobre SS y H, siendo mayor la cantidad de sólidos que ingresa a la fruta y menor la humedad, a mayor temperatura y concentración de la solución, lo cual se puede explicar gracias al efecto que tanto la temperatura y el gradiente de concentración tienen sobre la transferencia de masa en este proceso (Alakali y col. 2006; Corzo y Bracho, 2004). En la tabla 23 y 24 se presentan los errores porcentuales entre los valores experimentales y los predichos por el modelo de Azuara y Peleg para la pérdida de agua, para la variedad de papa Spunta e Innovator, respectivamente.

Tabla 23. Errores porcentuales modelo de Azuara y Peleg para la pérdida de agua para los cubos de papa, variedad Spunta.

Conc.	Temp	Soluto	Error Azuara PA%	Error Peleg H%
25%	40°C	JG	2,688	0,379
		SO	4,101	0,645
		SA	7,712	0,232
	50°C	JG	4,448	0,925
		SO	4,621	1,196
		SA	2,564	0,743
	60°C	JG	4,640	0,848
		SO	2,319	0,601
		SA	3,029	0,537
45%	40°C	JG	1,458	0,654
		SO	0,883	1,195
		SA	1,858	1,317
	50°C	JG	2,433	1,022
		SO	3,788	1,413
		SA	2,843	1,168
	60°C	JG	1,035	0,782
		SO	2,259	0,988
		SA	3,065	1,791

Tabla 24. Errores porcentuales modelo de Azuara y Peleg para la pérdida de agua para los cubos de papa, variedad Innovator.

Conc.	Temp	Soluto	Error Azuara PA%	Error Peleg H%
25%	40°C	JG	0,322	0,401
		SO	4,759	1,417
		SA	3,226	1,601
	50°C	JG	1,874	0,264
		SO	4,882	1,422
		SA	1,696	0,833
	60°C	JG	2,305	0,295
		SO	4,700	1,234
		SA	4,965	1,685
45%	40°C	JG	0,888	0,312
		SO	1,441	1,128
		SA	1,539	0,322
	50°C	JG	0,588	0,395
		SO	2,561	1,033
		SA	1,618	1,496
	60°C	JG	2,114	1,016
		SO	2,424	3,479
		SA	3,191	3,698

Los errores porcentuales de los modelos utilizados para la pérdida de agua fueron aceptables, se hallaron en el rango de 0,322 y 4,965 % para Azuara y 0,322 y 3,698 % para Peleg. Se observó que el modelo de Peleg ajustó mejor los datos experimentales para la pérdida de agua.

Della Rocca (2010), hallaron que los errores porcentuales del Modelo de Azuara aplicado a papas se encontraron entre 1,42 y 8,29%, mientras que el modelo de Peleg se hallaron en el rango de 0,24-12,17 %. Los resultados de esta tesis son similares a los presentados por Arias y col (2017), quienes indicaron que el modelo de Peleg ajustó mejor que el modelo empírico de Azuara en láminas de mango deshidratadas osmóticamente con distintas concentraciones y a distintas temperaturas.

En la tabla 25 y 26 se presentan los errores porcentuales entre los valores experimentales y los predichos por el modelo de Azuara y Peleg para ganancia de sólidos, para la variedad de papa Spunta e Innovator, respectivamente.

Tabla 25. Errores porcentuales modelo de Azuara y Peleg para la ganancia de sólidos para los cubos de papa, variedad Spunta.

Conc.	Temp	Soluto	Error Azuara GS%	Error Peleg S%
25%	40°C	JG	8,287	1,851
		SO	9,161	2,668
		SA	5,899	3,595
	50°C	JG	2,747	3,423
		SO	2,323	1,214
		SA	8,985	3,267
	60°C	JG	8,693	2,697
		SO	7,776	3,476
		SA	6,319	3,044
45%	40°C	JG	5,466	4,226
		SO	7,977	2,266
		SA	6,745	1,958
	50°C	JG	7,766	2,941
		SO	8,709	6,157
		SA	7,915	2,154
	60°C	JG	4,822	3,333
		SO	7,925	4,167
		SA	9,545	1,811

Tabla 26. Errores porcentuales modelo de Azuara y Peleg para la ganancia de sólidos para los cubos de papa, variedad Innovator.

Conc.	Temp	Soluto	Error Azuara GS%	Error Peleg S%
25%	40°C	JG	7,870	1,130
		SO	5,813	5,534
		SA	4,761	1,020
	50°C	JG	5,545	1,276
		SO	9,052	4,724
		SA	9,965	2,182
	60°C	JG	0,610	1,361
		SO	6,367	8,295
		SA	6,167	2,007
45%	40°C	JG	4,290	3,384
		SO	2,471	2,429
		SA	6,297	3,444
	50°C	JG	5,004	3,727
		SO	6,346	2,884
		SA	8,005	3,562
	60°C	JG	4,480	4,191
		SO	5,668	5,201
		SA	4,845	4,064

Los errores porcentuales de los modelos utilizados para la ganancia de sólidos también fueron aceptables, se mostraron en el rango de 0,61 y 9,965 % para Azuara y 1,020 y 8,295 % para Peleg. Chuquillanqui Romero (2017) estudió la cinética de deshidratación osmótica de kiwi en solución de sacarosa, miel y glucosa en las concentraciones de 40°Brix, 50°Brix y 60°Brix mediante los modelos de Azuara, Magee y Peleg, concluyendo que el modelo de Peleg presenta alto nivel de predicción para todas las condiciones de DO estudiadas, respecto a los otros modelos. Della Rocca (2010) mostró que el modelo de Peleg presenta alto nivel de predicción para la ganancia de sólidos, el coeficiente de determinación fue el principal criterio utilizado para seleccionar el modelo matemático.

Los modelos utilizados en este trabajo de tesis, permitieron ajustar los parámetros de deshidratación osmótica, logrando obtener las condiciones finales de operación, para ser posteriormente aplicados a los cubos de papa mínimamente procesados en dos variedades de papa.

A partir de los resultados obtenidos de la pérdida de agua y ganancia de sólidos en función del tiempo, se seleccionaron las condiciones para analizar la calidad de los cubos de papa osmodeshidratados. En la mayoría de los casos analizados se alcanzaron niveles favorables en ambos parámetros a 2 horas de proceso; por lo tanto, este fue el tiempo seleccionado para avanzar en las determinaciones de calidad. Con respecto a la PA, en las Figuras 13 y 15 se observa un mayor efecto de la temperatura en las muestras tratadas a una menor concentración. Las curvas de PA en función de la temperatura tienden a solaparse a una mayor concentración de la solución, indicando poco efecto de la temperatura en esa condición. Un efecto contrario se observa cuando

se emplean soluciones de menor concentración, donde las curvas a distintas temperaturas se separan, lo que indicaría un mayor efecto de la temperatura. Por lo tanto, el empleo de una concentración intermedia, permitiría atenuar el efecto de la temperatura generando altos valores de PA y niveles conservadores de GS. Con respecto a esto último, el empleo de bajas temperaturas mostró en la mayoría de los casos valores aceptables de GS. Además, una temperatura de 40°C permite también obtener una pérdida de agua favorable manteniendo una conveniente eficiencia energética.

En resumen, de acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó las condiciones más favorables para la deshidratación osmótica de las papas, teniendo en cuenta la mayor pérdida de agua y menor ganancia de sólidos obtenida en los cubos de papa DO, mediante el ajuste de los modelos empíricos de Azuara y Peleg. Las condiciones finales de operación elegidas fueron: Tiempo de proceso: 2 horas, agentes osmóticos: sorbitol y jarabe de glucosa, excluyéndose a la sacarosa por sus características sensoriales en el producto final (pruebas preliminares, Anexo 4) y por su poder edulcorante siendo mayor al del sorbitol y jarabe de glucosa, concentración de solutos: 35% (concentración intermedia de las ensayadas) más NaCl: 5% y Antioxidantes: 0,5% AA + 0,5% AC y temperatura de proceso: 40°C.

Para este estudio, se utilizaron ambas variedades de papa: Innovator, que es utilizada por la industria y que presenta una matriz vegetal de menor humedad (contenido de humedad inicial del 79% y sólidos solubles de 6°Brix) y Spunta, utilizada para consumo con un contenido de humedad inicial de 82,76% y 5°Brix iniciales.

Para este tiempo de procesamiento y esta concentración intermedia se estudiaron las cinéticas de PP, PA, GS y SS.

3.4 Pérdida de agua y ganancia de sólidos de los cubos de papa deshidratados osmóticamente en las condiciones finales establecidas en dos variedades de papa

La pérdida de agua de los cubos de papa de la variedad Innovator y Spunta deshidratadas durante 2 horas en soluciones de jarabe de glucosa y sorbitol (35%) + 5% NaCl y 0,5% de AA y 0,5% de AC, a temperatura de 40°C, se representa en la Figura 21.

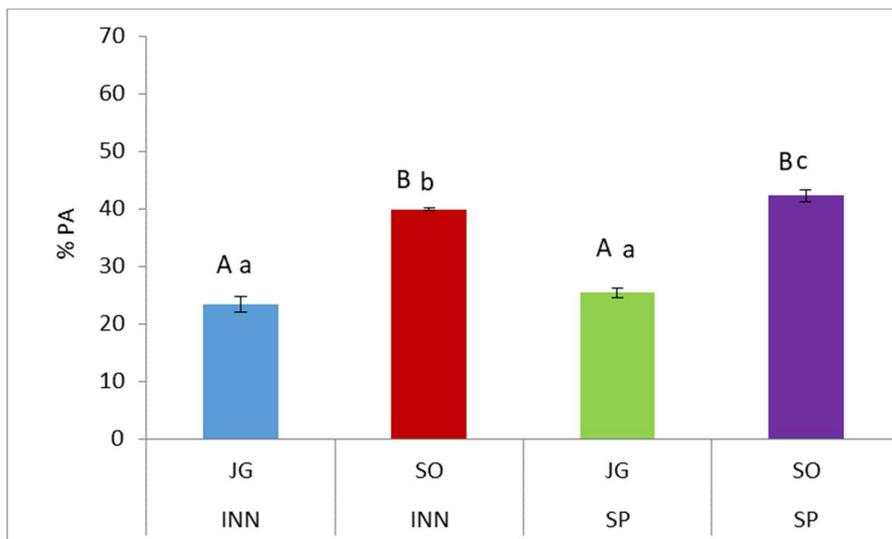


Figura 21. Pérdida de agua en cubos de papa de la variedad Innovator y Spunta deshidratados osmóticamente durante 2 horas en solución de sorbitol y solución de jarabe de glucosa 35% + 5%ClNa y 0,5%AC y 0,5%AA, a 40°C. Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los solutos empleados como agentes deshidratantes en la misma variedad de papa. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variedades de papa con el mismo soluto empleado en la DO.

La pérdida de agua fue significativamente mayor cuando los cubos de papa fueron sumergidos en solución de sorbitol tanto para la variedad de papa Innovator ($p = 0,0002$) como para Spunta ($p = 0,0067$). A su vez, se observó que cuando se utilizó sorbitol como agente deshidratante, los cubos de papa de la variedad Spunta mostraron mayores valores de PA que los de la variedad Innovator ($p = 0,0051$), por otro lado, cuando se utilizó jarabe de glucosa como soluto, no existió diferencia en los valores de PA entre las variedades de papa estudiadas ($p = 0,157$).

En relación a la ganancia de sólidos, la Figura 22 muestra los valores de GS experimentados por los cubos de papas sumergidos en solución de sorbitol y jarabe de glucosa (35%) + 5% NaCl y 0,5% de AA y 0,5% de AC, a temperatura de 40°C.

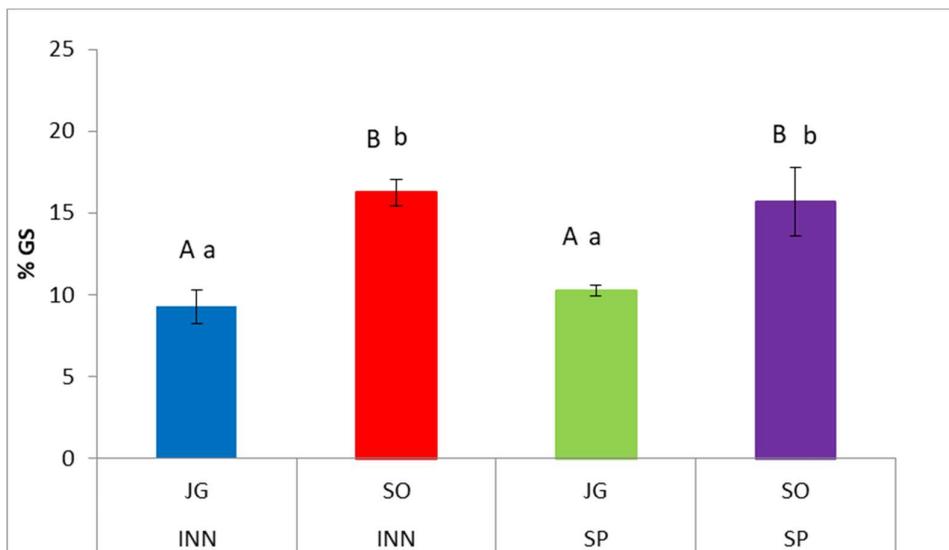


Figura 22. Ganancia de sólidos de cubos de papa de la variedad Innovator y Spunta deshidratados osmóticamente durante 2 horas en solución de sorbitol y solución de jarabe de glucosa 35% más 5% NaCl y 0,5% AC y 0,5% AA, a 40°C. Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los solutos empleados como agentes deshidratantes en la misma variedad de papa. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las variedades de papa con el mismo soluto empleado en la DO.

Los valores de GS fueron mayores en las muestras de papa sumergidas en solución de sorbitol tanto en la variedad Innovator ($p = 0,0057$) como en Spunta ($p = 0,0129$). Los valores de GS fueron independientes de la variedad de papa analizada, siendo no significativo para las muestras DO con JG ($p = 0,074$) y sorbitol ($p = 0,1855$).

Las diferentes variedades de papa no influyeron en los parámetros del tratamiento osmótico, sin embargo, están directamente relacionadas con la calidad final de los productos, por lo tanto, es necesario evaluar la calidad nutricional, estructural, microbiológica y sensorial de los cubos de papa mínimamente procesados en ambas variedades de papa.

CAPÍTULO 4

Envasado y parámetros de calidad

4.1 Envasado de papa osmóticamente deshidratadas

En este capítulo se presenta la evolución de la concentración de O_2 y CO_2 en las muestras de papa de la variedad Spunta y de la variedad Innovator deshidratadas osmóticamente en soluciones de sorbitol (SO) y jarabe de glucosa (JG) (35%) con el agregado de cloruro de sodio (NaCl) al 5% p/p y antioxidantes: 0,5% p/p de ácido ascórbico (AA) + 0,5% p/p ácido cítrico (AC). Las muestras fueron almacenadas en envases de polietileno de baja densidad de diferentes espesores (30, 50, 70 y 100 μm) durante 0, 5, 10 y 15 días en refrigeración. Además, se estableció una relación entre la composición gaseosa en el espacio de cabeza y el color a través del índice de pardeamiento.

4.1.1 Concentración de gases (O_2 y CO_2) dentro de los envases

El envasado en películas poliméricas con permeabilidad selectiva a CO_2 , O_2 y vapor de agua, es ampliamente utilizado en condiciones de refrigeración durante la comercialización de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas (Artés y col. 2007; Brecht, 1995).

La Figura 23 muestra la composición de O_2 dentro de los envases de 30, 50, 70 y 100 μm para las muestras control y tratadas.

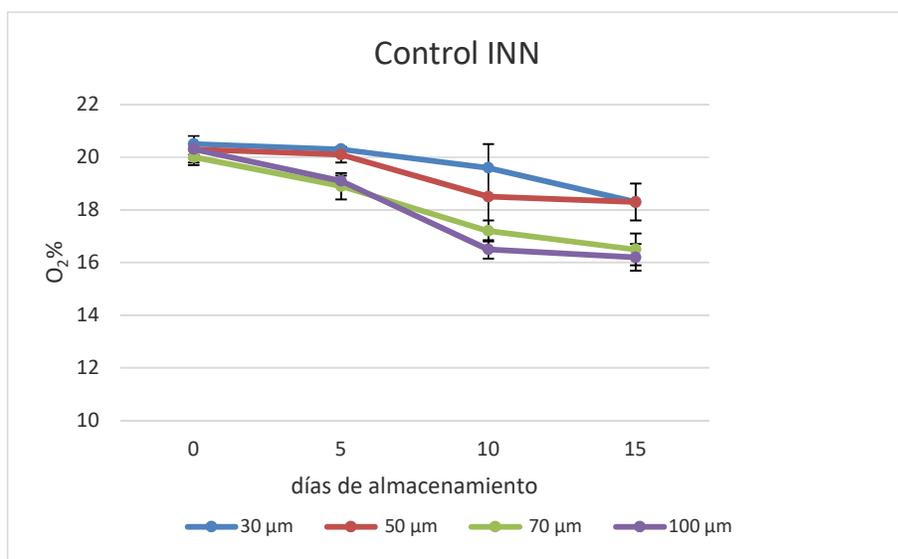


Figura 23 (a). Composición de O_2 dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 μm de cubos de papa control de la variedad Innovator, almacenados en refrigeración a 4°C .

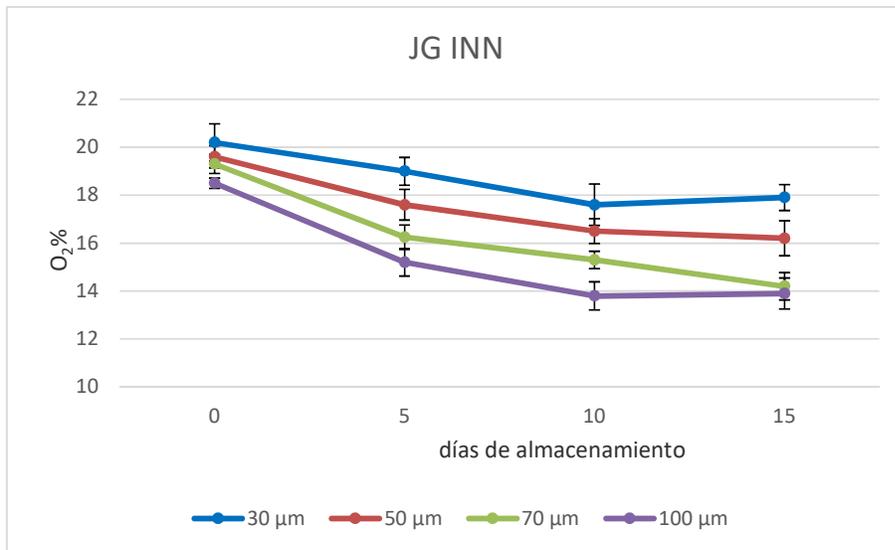


Figura 23 (b). Composición de O_2 dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 μm de cubos de papa de la variedad Innovator deshidratados osmóticamente en solución de jarabe de glucosa almacenados en refrigeración a 4°C .

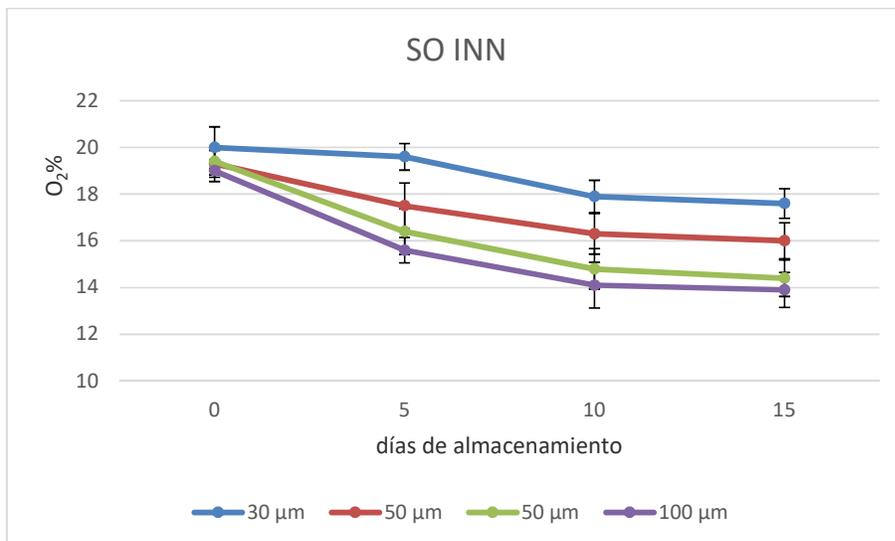


Figura 23 (c). Composición de O_2 dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 μm de cubos de papa de la variedad Innovator deshidratados osmóticamente en solución de sorbitol almacenados en refrigeración a 4°C .

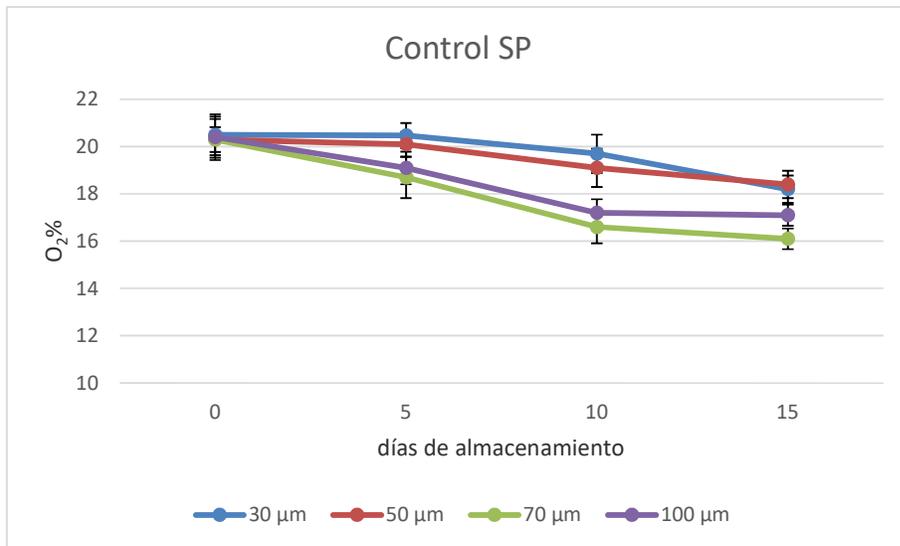


Figura 23 (d). Composición de O₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 μm de cubos de papa control de la variedad Spunta, almacenados en refrigeración a 4°C.

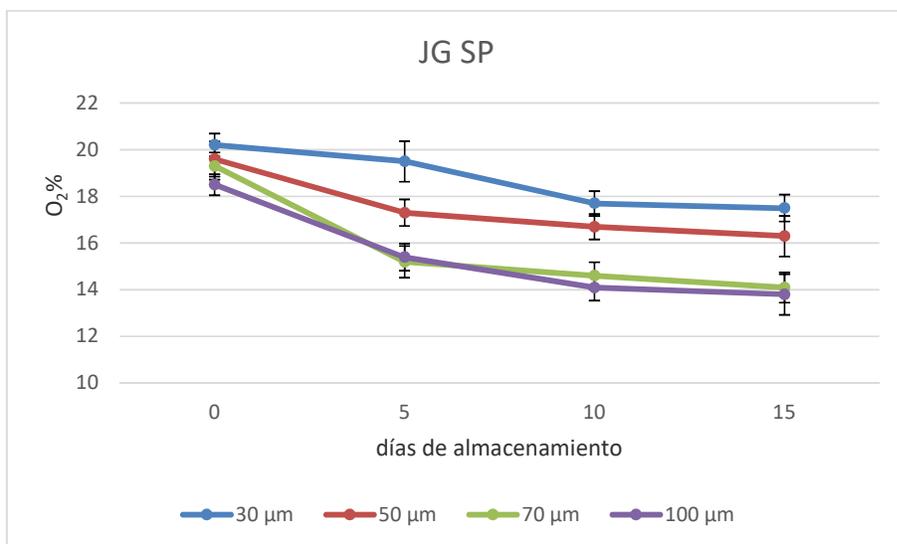


Figura 23 (e). Composición de O₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 μm de cubos de papa de la variedad Spunta deshidratados osmóticamente en solución de jarabe de glucosa almacenados en refrigeración a 4°C.

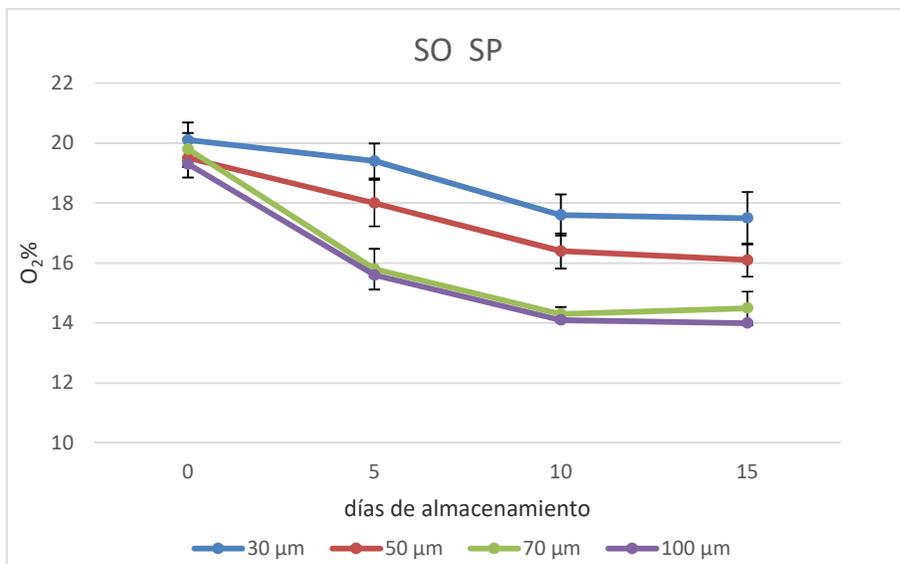


Figura 23 (f). Composición de O₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 μm de cubos de papa de la variedad Spunta, deshidratados osmóticamente en solución de sorbitol almacenados en refrigeración a 4°C.

Asimismo, la Figura 24 muestra la composición de CO₂ alcanzada en los envases de 30, 50, 70 y 100 μm para las muestras control y tratadas.

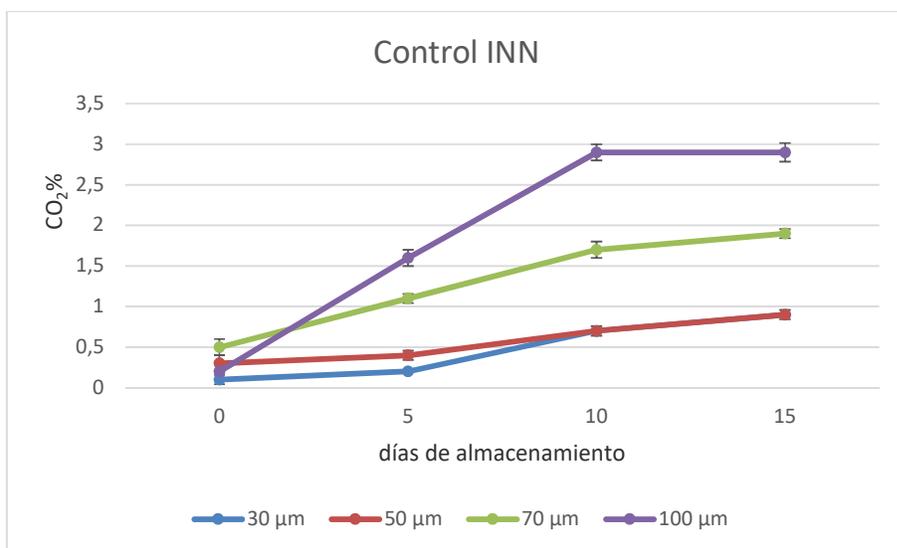


Figura 24 (a). Composición de CO₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 μm de cubos de papa control de la variedad Innovator, almacenados en refrigeración a 4°C.

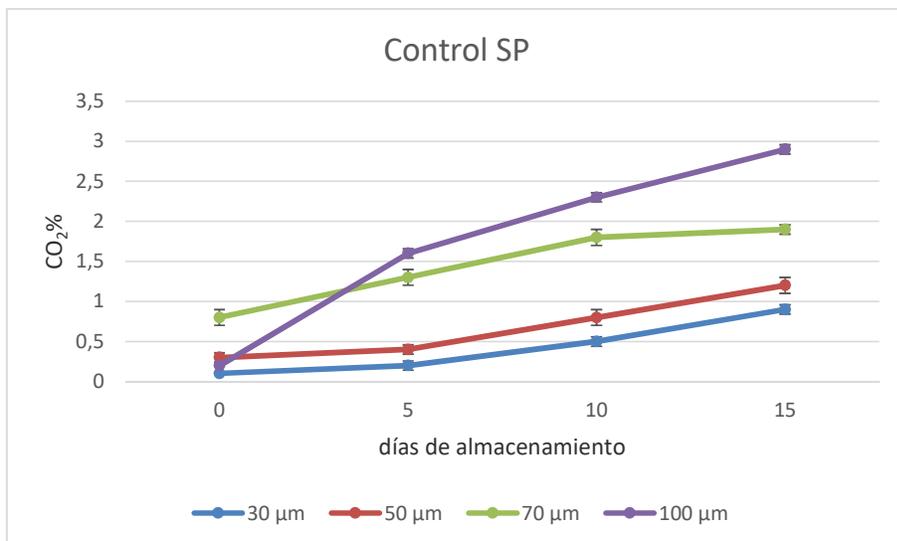


Figura 24 (b). Composición de CO₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 μm de cubos de papa control de la variedad Spunta, almacenados en refrigeración a 4°C.

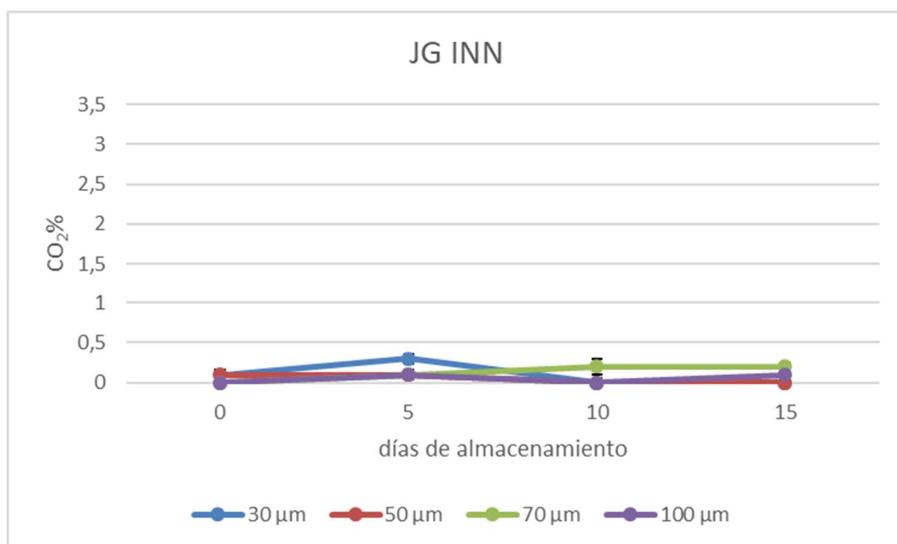


Figura 24 (c). Composición de CO₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 μm de cubos de papa DO en solución de jarabe de glucosa, almacenados en refrigeración a 4°C.

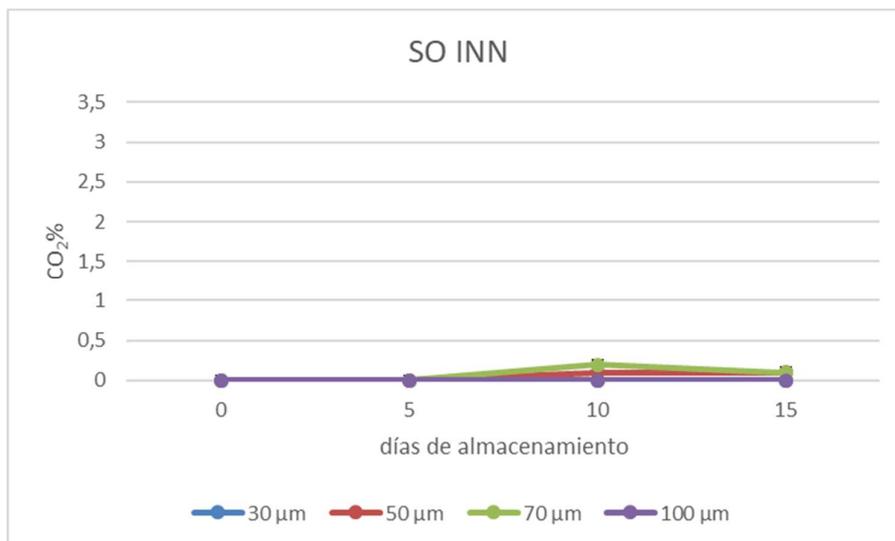


Figura 24 (d). Composición de CO₂ dentro del envase de espesores: 30, 50, 70 y 100 μm de cubos de papa DO en solución de sorbitol, almacenados en refrigeración a 4°C.

Se pudo observar que la concentración de O₂ en las muestras controles y tratadas disminuyó ($p < 0,001$) durante el almacenamiento hasta el día 10, y a partir de este momento se mantuvo constante hasta el día 15 en las bolsas de polietileno de baja densidad (PEBD) en todos los espesores evaluados (30, 50, 70 y 100 μm) ($p < 0,0001$). Por otra parte, la concentración de O₂ fue mayor en las muestras envasadas en PEBD de 30 μm, disminuyendo con el espesor del material. A su vez, las muestras deshidratadas osmóticamente de la variedad Innovator y Spunta presentaron menores contenidos de O₂ en el espacio de cabeza del envase con respecto a las muestras controles ($p < 0,0001$) a lo largo del almacenamiento. La variedad de papa no fue un factor determinante para la concentración de O₂ en los envases ($p = 0,1847$) (Figura 23).

La concentración de CO₂ solo varió en las bolsas de PEBD conteniendo las muestras controles (Figura 24 (a y b)). Los valores aumentaron con el tiempo de almacenamiento en refrigeración y dependieron del tipo de espesor utilizado en las bolsas de PEBD ($p < 0,0001$). La concentración de CO₂ fue independiente de la variedad de papa utilizada en el envase ($p = 0,1857$). Las muestras de la variedad Innovator deshidratadas osmóticamente con los diferentes solutos mostraron valores de CO₂ bajos (0,1%), manteniéndose sin variación con el tiempo de almacenamiento e independiente del tipo de envase (Figura 24 (c) y (d)). Este mismo comportamiento se observó en las muestras de la variedad Spunta deshidratadas osmóticamente (Figura no mostrada).

Estos resultados concuerdan con lo reportados por Martínez y Artés (2005), en donde hace referencia a que a medida que aumenta el espesor del envase de PEBD disminuye la permeabilidad al O₂ y al CO₂. Cabe mencionar que en las muestras deshidratadas osmóticamente se visualizó un mayor exudado que en las muestras control. Si bien, en este trabajo de investigación no se

cuantificó esta variable, es posible que el bajo nivel detectado de CO_2 en las muestras DO se deba a que el CO_2 es un gas que se disuelve en agua para formar ácido carbónico (Sandhya, 2010).

Sanjinez-Argandoñal (2010) reportaron la influencia de la composición del producto en el almacenamiento refrigerado. Encontraron que un aumento en el contenido de los sólidos solubles durante el período de almacenamiento conlleva a un aumento en la tasa respiratoria de los tejidos vegetales. El proceso de deshidratación osmótica conllevaría a un aumento en el contenido de sólidos solubles durante el período de conservación. Este incremento en el contenido de sólidos solubles podría explicar la aceleración del proceso respiratorio representado por una disminución del O_2 en el espacio de cabeza de los envases con las muestras DO en ambas soluciones. Por lo tanto, la concentración de gases en el espacio de cabeza de los envases con los cubos de papa mínimamente procesados dependería principalmente de las modificaciones ocasionadas en la composición del alimento debido al proceso de deshidratación osmótica.

4.1.2 Medición de color: índice de pardeamiento (IP).

Para la elección del espesor de envase no sólo se evaluó la permeabilidad del mismo al O_2 y al CO_2 , sino también se midió el índice de pardeamiento en las muestras.

Las Figuras 25 muestran el índice de pardeamiento (IP) de las muestras control y tratadas envasadas, de las diferentes variedades, almacenadas refrigeradas en envases de PEBD de diferentes espesores.

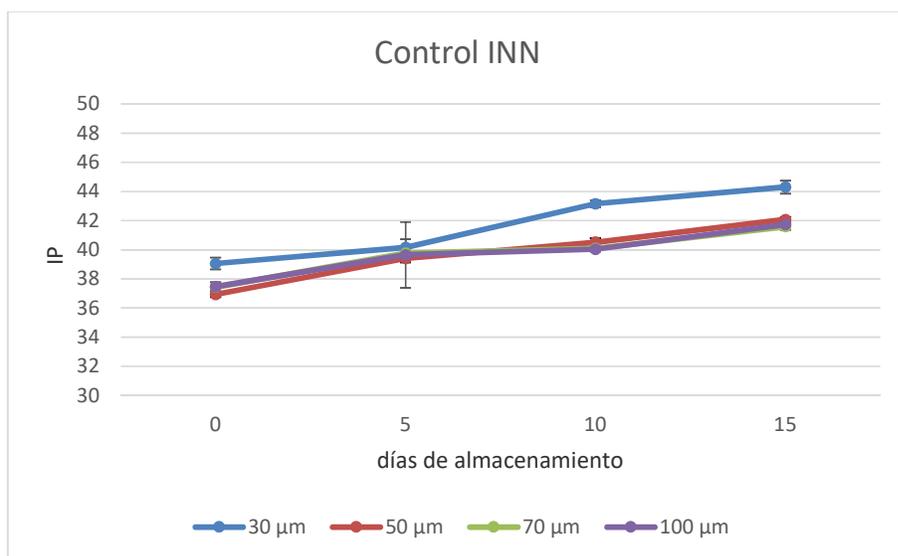


Figura 25 (a). IP de las muestras control de la variedad Innovator almacenada en refrigeración a 4°C.

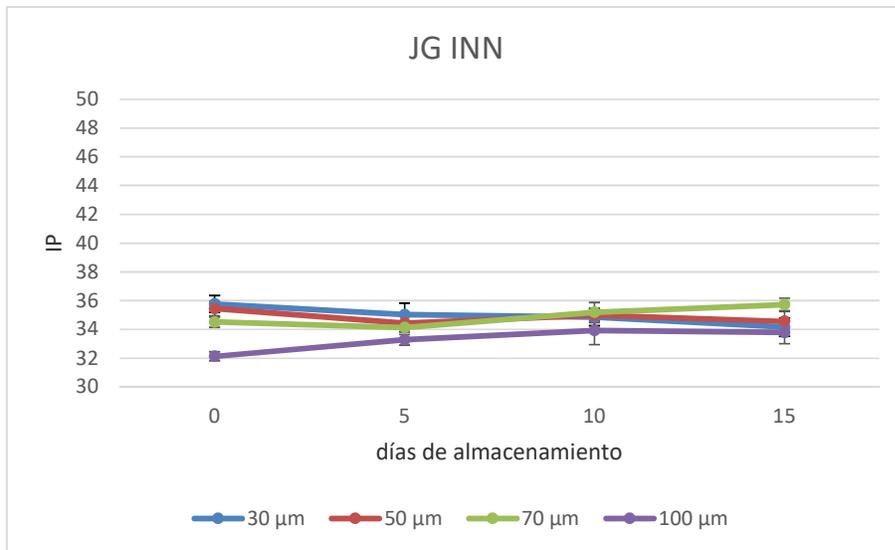


Figura 25 (b). IP de las muestras DO en solución de JG, de la variedad Innovator almacenada en refrigeración a 4°C.

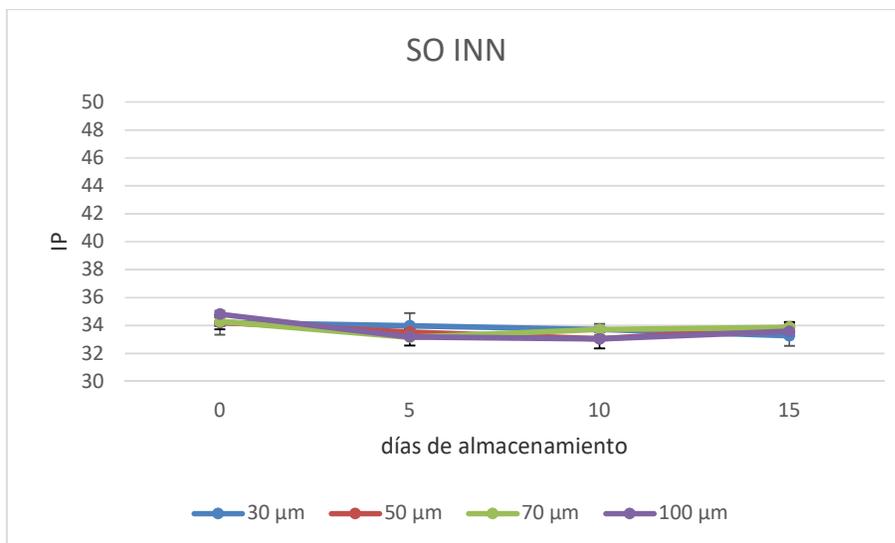


Figura 25 (c). IP de las muestras DO en solución de SO, de la variedad Innovator almacenada en refrigeración a 4°C.

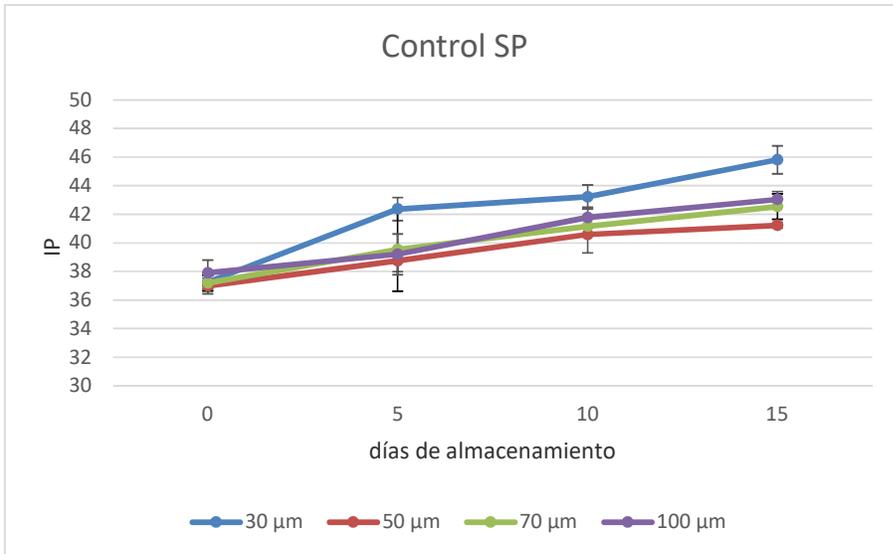


Figura 25 (d). IP de las muestras control de la variedad Spunta almacenada en refrigeración a 4°C.

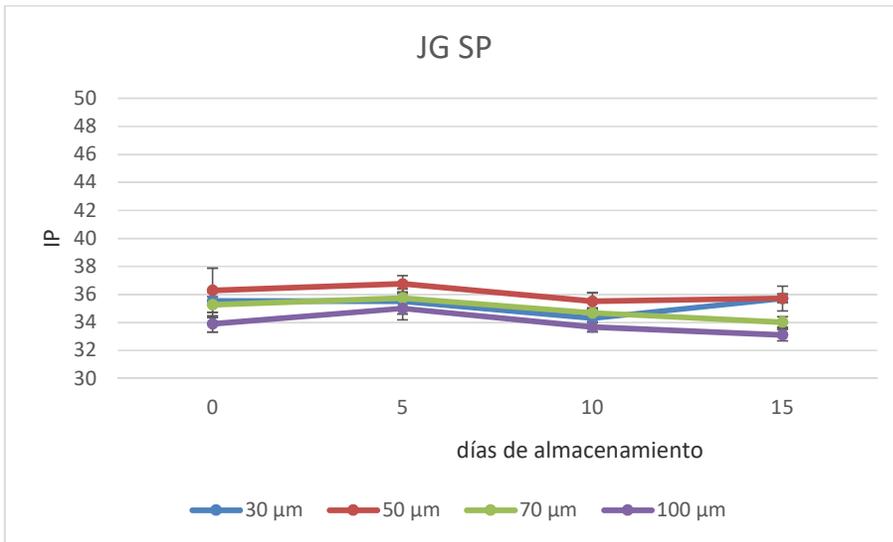


Figura 25 (e). IP de las muestras DO en solución de JG, de la variedad Spunta almacenada en refrigeración a 4°C.

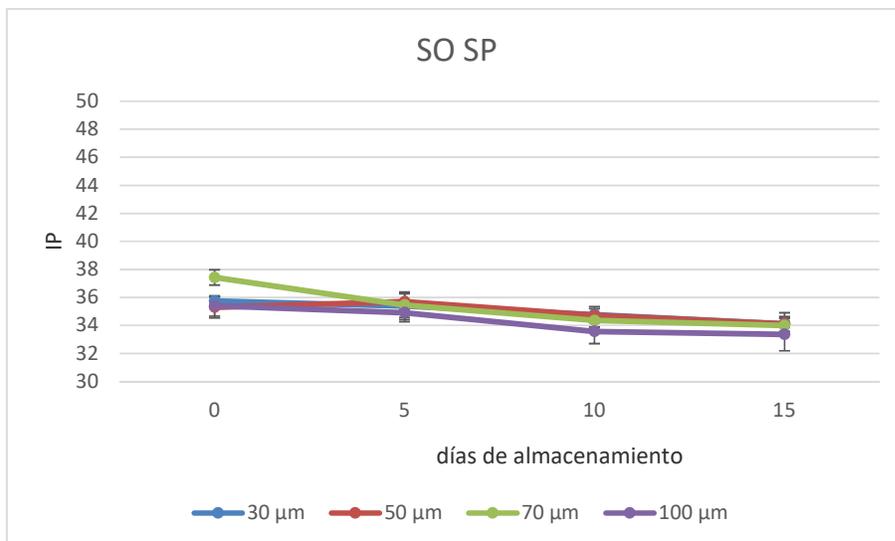


Figura 25 (f). IP de las muestras DO en solución de SO, de la variedad Spunta almacenada en refrigeración a 4°C.

El índice de pardeamiento de las muestras control envasadas en PEBD aumentó significativamente ($p < 0,001$) durante el almacenamiento. Se encontraron diferencias ($p < 0,001$) entre los valores de IP de las muestras control en las bolsas de PEBD con diferentes tipos de espesores, presentando mayores valores las muestras de las bolsas de 30 μm y menores en las de las bolsas de 100 μm . Estos resultados demuestran que, existe un efecto protector frente al pardeamiento enzimático, que se relaciona con el espesor del envase en los cubos de papa frescos (controles) durante el almacenamiento.

Por lo contrario, el valor de IP de las muestras tratadas con JG y SO se mantuvo constante durante el tiempo de almacenamiento y fue independiente del espesor de envase utilizado. Ésto puede deberse a que el tratamiento osmótico provocó una inhibición de la actividad de la polifenoloxidasas, reprimiendo el mecanismo de pardeamiento enzimático y, por lo tanto, manteniendo el color de las muestras durante el almacenamiento como se observa en la Figura 26. Estos resultados se relacionan con los valores de la actividad de la la enzima polifenoloxidasas presentados en el Capítulo 4 (inciso 4.2.1.3) y con la medición de color Capítulo 4 (inciso 4.2.2).

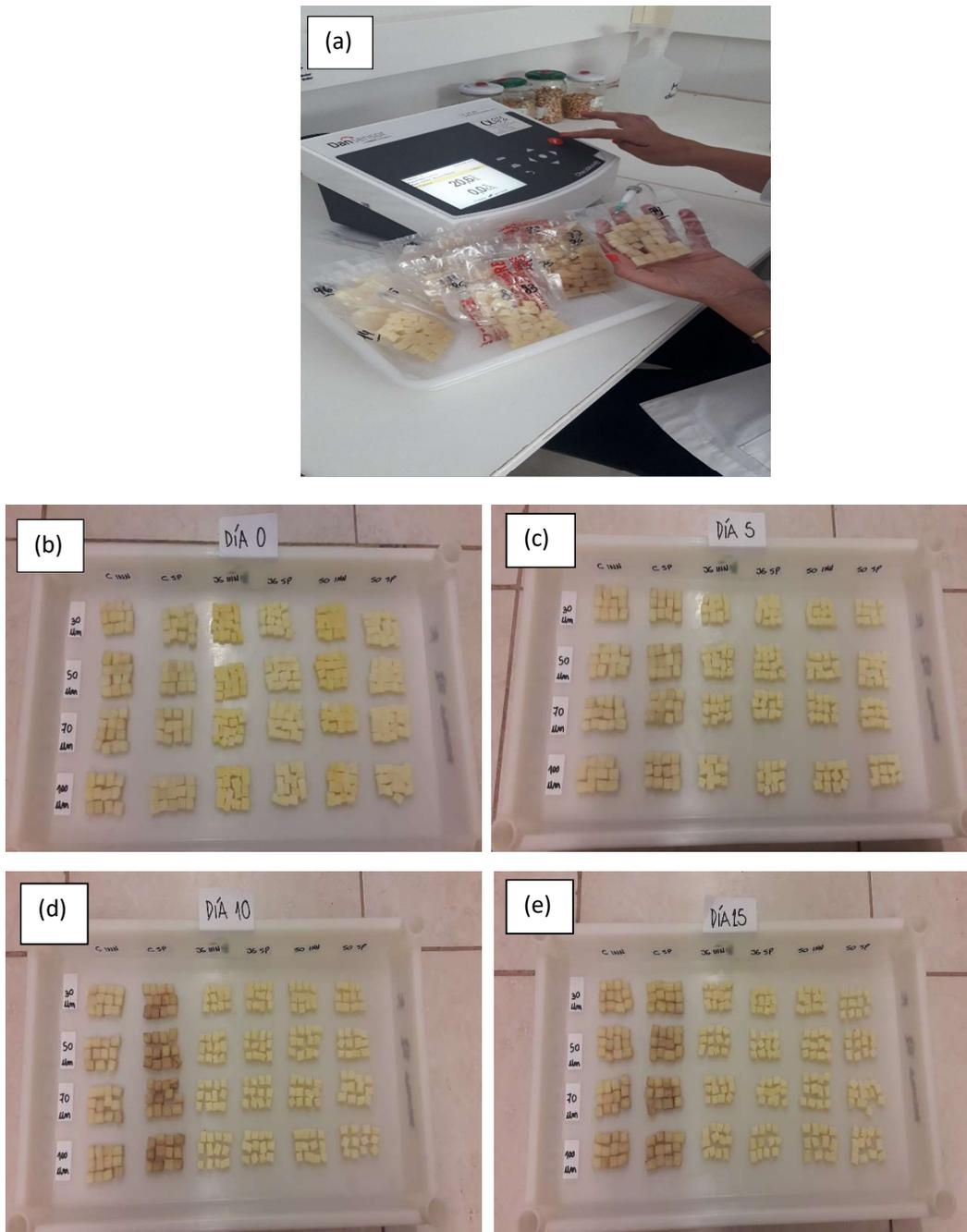


Figura 26. Cubos de papas control y tratados en solución de sorbitol y jarabe de glucosa de la variedad Spunta y Innovator envasados en PEBD de espesor 30, 60, 70 y 100 μ m almacenados en refrigeración a 4°C: a) equipo medidor de gases, b) 0 días de almacenamiento, c) 5 días de almacenamiento, d) 10 días de almacenamiento y e) 15 días de almacenamiento.

En resumen, los envases de PPBD de espesor de 30 y 50 μ m permitieron una mayor concentración de O₂ en las muestras controles y tratadas con DO generando un mayor índice de pardeamiento en las muestras controles (sin tratar). A su vez, se detectó que el envase de 100 μ m provocó el

desarrollo de aromas indeseables en el producto mínimamente procesado vinculados con una fermentación anaeróbica de las muestras. Estos resultados se deben a un proceso de metabolismo fermentativo propio de los tejidos vivos, que comienzan con el proceso de senescencia, acompañado de una pérdida en la calidad del sabor, aroma y color de la fruta o vegetal (Martínez-González, 2017). Por lo tanto, el envase elegido para este estudio de acuerdo a las características evaluadas fue el PEBD de 70 μm de espesor.

Cabe mencionar que, en las muestras controles (sin tratar) en la variedad Innovator y Spunta, independientemente del espesor del envase utilizado, se desencadenó el pardeamiento enzimático. Mientras que las muestras deshidratadas osmóticamente en solución de sorbitol y jarabe de glucosa se mantuvieron estables frente al cambio de color durante el almacenamiento en refrigeración. Por lo tanto, se justificaría el empleo de la tecnología de DO (35% JG / SO + 5% NaCl + 0,5% AA y 0,5% AC) para proteger al producto del pardeamiento enzimático, atributo determinante de la aceptabilidad del producto por el consumidor.

Otros autores encontraron resultados de trabajos en productos mínimamente procesados en los que se seleccionaron envases de PEBD con un espesor en un rango similar al seleccionado en la presente tesis. Loyola y col. (2010) estudiaron la vida útil de papas mínimamente procesadas variando los tratamientos de conservación y espesores del empaque y almacenadas a una temperatura de 7°C. Los tratamientos empleados por los autores fueron: 1) ácido cítrico 1,5% más metabisulfito 0,04% + polietileno espesor 70 μm , 2) ácido cítrico 1,5% mas metabisulfito 0,02% + polietileno espesor 75 μm , 3) ácido cítrico 1,5% mas metabisulfito 0.04% + polietileno espesor 52 μm , 4) ácido cítrico 1,5% mas metabisulfito 0,02% + polietileno espesor 52 μm . Ellos concluyeron que la concentración de metabisulfito de 0.04% más el espesor del envase de 75 μm brindaba una mayor protección al producto, lo cual consiguió un aumento de la vida útil del producto a 5 días.

Buitrago-Dueñas y col. (2018) evaluaron el efecto del tipo de corte y envase para mantener la resistencia a la penetración, color y aceptación sensorial de la piña mínimamente procesada bajo condiciones de almacenamiento refrigerado durante 12 días. Los cortes del fruto fueron sumergidos en solución de cloruro de calcio CaCl_2 al 1% (v/v), ácido cítrico al 1% (v/v), ácido ascórbico al 1% (v/v) con el fin de conservar la estructura y evitar la oxidación enzimática (Robles-Sánchez y col. 2013; Dussán-Sarria y col. 2014). En relación con los envases, el PEBD de 70 μm fue suficiente para evitar intercambios gaseosos con el producto, que produjeran alteraciones significativas durante el período de almacenamiento, mientras que la utilización de cajas PET no presentaron suficiente hermeticidad y bandejas con PVC (tratamiento poliestireno) presentaron una alta permeabilidad a los gases. A su vez, el envase de PEBD de 70 μm fue el mejor aceptado sensorialmente, en valores de firmeza y color del producto, y de acuerdo con las características sensoriales encontradas en el atributo de aceptación general de piña cortada.

4.2 Determinación de parámetros de calidad y su variación a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración

4.2.1 Determinación de parámetros de calidad nutricional

4.2.1.1 Determinación de Fenoles Totales

Los compuestos fenólicos son importantes determinantes de la calidad nutricional y sensorial de los alimentos vegetales (Tarola y col. 2012), siendo los tubérculos de papa una buena fuente de compuestos fenólicos. El ácido clorogénico es el principal compuesto fenólico en papas amarillas a cremas (Friedman, 1997; Al-Saikhan y col. 1995). La presencia de fenoles en la papa ocasiona el ennegrecimiento de esta y puede causar un deterioro durante el almacenamiento o procesamiento (Perla y col. 2012; Pourcel y col. 2007). Sin embargo, los fenoles presentes en la papa pueden llegar a tener efectos benéficos sobre la salud ya que muestran una fuerte actividad antioxidante.

En la Figura 27 se observa el contenido de Fenoles Totales de las muestras control y muestras sumergidas en solución de SO y JG al 35%, más 5% NaCl y 0,5% AC y 0,5% AA, a 40°C de la variedad Innovator y Spunta, y su variación a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración.

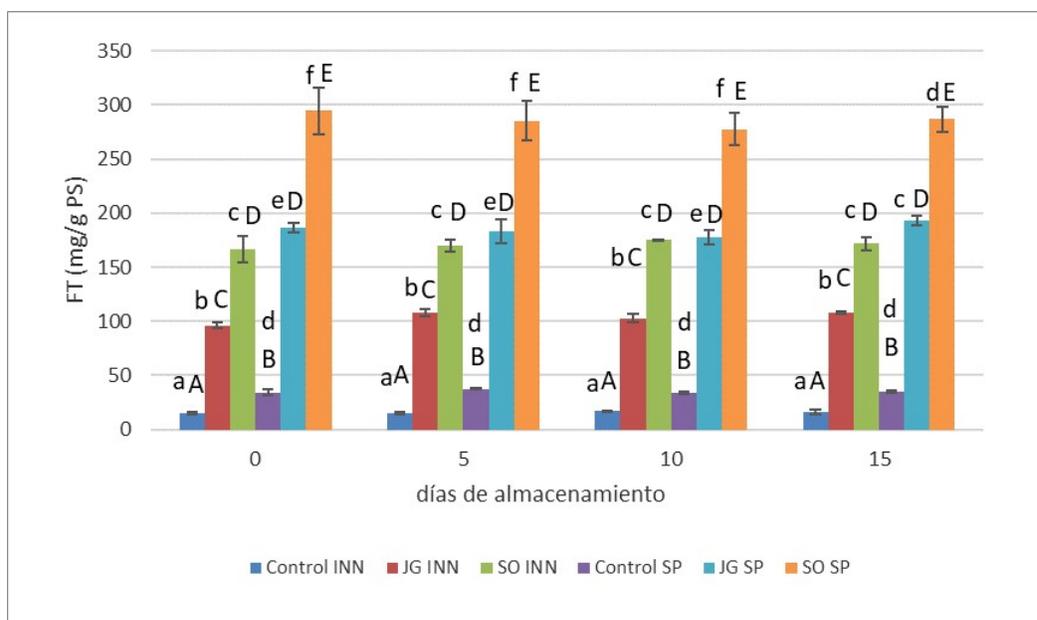


Figura 27. Variación del contenido de Fenoles Totales (mg/g PS) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad Innovator y Spunta, a través del almacenamiento a 4°C. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre solutos empleados como agente deshidratante y el control en la misma variedad de papa en cada tiempo de almacenamiento. Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las variedades de papa estudiadas para un mismo soluto en cada tiempo de almacenamiento.

Los FT fueron significativamente mayores en la variedad Spunta (34,10 mg ác. clorogénico/g PS) con respecto a la variedad Innovator (15,19 mg ác. clorogénico/g PS) en las muestras frescas ($p=0,047$). El genotipo de la papa es uno de factores más determinantes de las variaciones observadas en la concentración inicial de los compuestos fenólicos (André y col. 2009).

Se observó un aumento significativo de los FT luego del tratamiento de DO con respecto los controles tanto en la variedad Innovator ($p=0,0010$) como en Spunta ($p=0,0054$). Estos resultados coinciden con Ramírez-Anaya (2013), quien reportó un incremento de fenoles en zapallo (*Cucurbita moschata*) luego de la aplicación de algunas técnicas culinarias, atribuyendo este comportamiento al efecto de la concentración por pérdida de agua durante el procesamiento y/o al aumento de la disponibilidad de estos compuestos bioactivos por la ruptura de la estructura celular, fenómenos éstos que podrían explicar también el comportamiento de los cubos de papas deshidratados osmóticamente. Resultados similares fueron encontrados por Corbino (2017) quien evaluó el tratamiento de cubos de batatas de variedades de pulpa anaranjada (Beauregard y Boni INTA) con una solución de sales y compuestos antioxidantes (ácido ascórbico y ácido cítrico) y observó que el proceso produjo un aumento significativo, para ambos cultivares, de la capacidad antioxidante (CA) y del contenido de fenoles totales (CFT).

A su vez, las muestras sumergidas en solución de sorbitol presentaron mayores contenidos de FT comparados con los de las muestras deshidratadas en solución de glucosa ($p=0,0025$), siendo menores en la variedad Innovator. Este comportamiento puede deberse a que las muestras tratadas con sorbitol mostraron una mayor ganancia de sólidos durante el proceso de deshidratación (Capítulo 3), permitiendo además un mayor ingreso de ácido ascórbico (Capítulo 4, inciso 4.2.1.2) a los cubos de papa mínimamente procesados. Existen trabajos en donde se comprueba la correlación entre el contenido de ácido ascórbico y polifenoles totales. Simón (2008) observó una correlación positiva de la actividad antioxidante con el ácido ascórbico y los polifenoles totales en distintos cultivares de coliflor mínimamente procesados. Los autores reportan que el incremento de estos compuestos en la coliflor almacenada ha podido contribuir al aumento de la actividad antioxidante en algunos cultivares. Proteggente y col. (2002) encontraron una buena correlación entre estos parámetros determinados en varios tipos de frutas y hortalizas y sugiriendo que la actividad antioxidante de los vegetales determinada in vitro, refleja en gran medida su contenido en compuestos fenólicos y en particular de ácido ascórbico.

Los FT resultaron mayores en las muestras deshidratadas osmóticamente comparados con las muestras frescas, manteniéndose sus niveles estables y sin diferencias significativas durante el almacenamiento. Así, los valores finales de las muestras tratadas y frescas fueron de: 107,99 ác. clorogénico/g PS para JG y 171,91 ác. clorogénico/g PS para DO en sorbitol de la variedad Innovator, 193,46 ác. clorogénico/g PS para JG y 286,69 ác. clorogénico/g PS para SO en la

variedad Spunta, mientras que los valores controles para Innovator y Spunta fueron 16,14 y 35,35 (ác. clorogénico/g PS), respectivamente.

Estos resultados coinciden con Gil y col. (1998), quienes sostienen que la acción reductora de AA agregado, podría disminuir la degradación de FT durante el almacenamiento en respuesta a la aplicación de AA en rodajas de manzanas. Por otro lado, el agregado de AA podría influir en los valores resultantes de la determinación de fenoles (Watherhouse, 2002). Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos por Zhu y col. (2009) en el control de pardeamiento enzimático de pera con AA. Sangetta y Hathan (2016) reportaron que la DO por si misma aumenta ligeramente la cantidad de compuestos fenólicos en tubérculos mientras que Singla y col. (2010) encontraron que la DO, utilizada como tratamiento previo al secado de hongos comestibles, fue un método que facilitó la retención de compuestos antioxidantes, fenólicos y flavonoides.

En la presente investigación, el mayor contenido de FT se encuentra directamente relacionado con el mayor contenido de ácido ascórbico (Capítulo 4.2.1.2), lo cual explicaría el menor pardeamiento en los cubos de papa mínimamente procesados (Capítulo 4.2.1.3). El contenido de FT se mantuvo estable en las muestras controles y tratadas durante el almacenamiento en refrigeración, siendo mayor en las muestras DO en solución de sorbitol y en la variedad Spunta. Si bien no fue cuantificado el contenido de ácido cítrico, el mismo contribuye junto con el ácido ascórbico a retrasar el proceso de oxidación enzimática en las muestras debido a que ambos compuestos actúan como antioxidantes (Corbino, 2017).

4.2.1.2 Determinación de Ácido Ascórbico

La Figura 28 muestra el contenido de ácido ascórbico de las muestras control y muestras sumergidas en solución de SO y JG al 35%, más 5% NaCl y 0,5% AC y 0,5% AA, a 40°C de la variedad Innovator y Spunta, y su variación a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración.

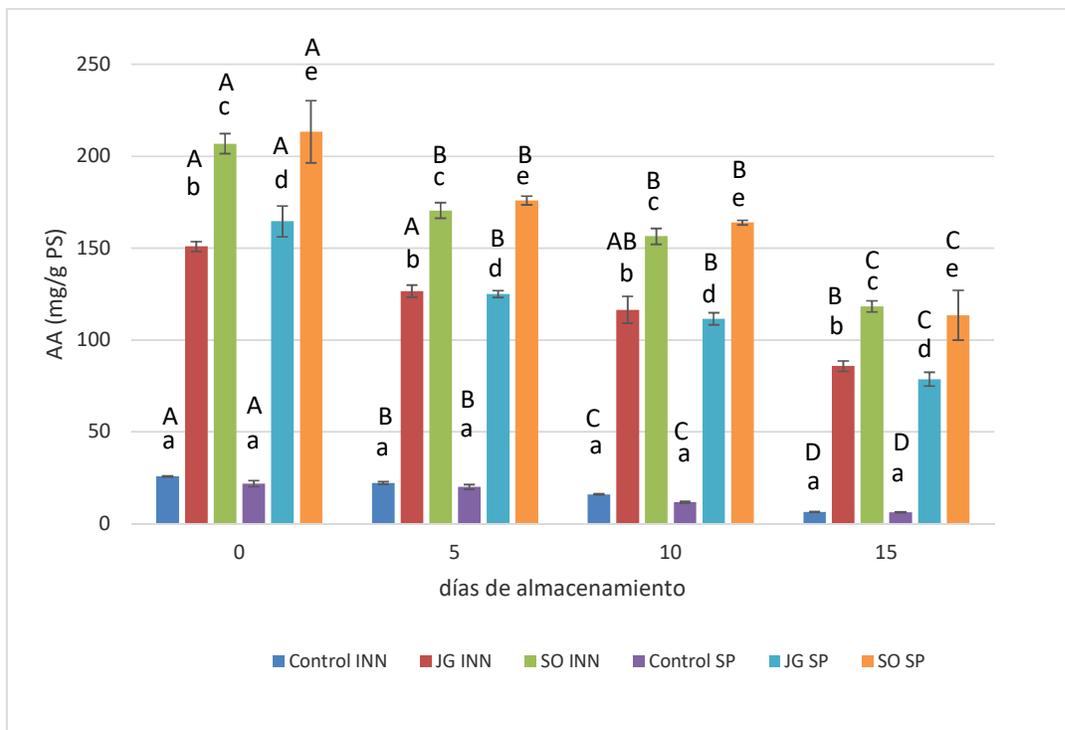


Figura 28. Variación de de AA (mg/g PS) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG en ambas variedades con el tiempo de almacenamiento. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre solutos empleados como agente deshidratante y el control en la misma variedad de papa en cada tiempo de almacenamiento y entre las variedades de papa estudiadas para un mismo soluto en cada tiempo de almacenamiento. Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en cada una de las muestras a través del almacenamiento.

El contenido de AA en las muestras de papa fresca fue similar en la variedad Innovator (27,71 mg ácido ascórbico/g de PS) y la variedad Spunta (21,72 mg ácido ascórbico/g de PS). El contenido de AA aumentó significativamente cuando los cubos de papa fueron sumergidos en solución de JG y SO, mostrando mayores valores para las muestras DO en sorbitol de la variedad INN y SP (206,82 y 213,28 mg ácido ascórbico/g de PS, respectivamente) con respecto a aquellas muestras DO en solución de jarabe de glucosa para la variedad INN y SP (150,85 y 164,51 mg ácido ascórbico/g de PS, respectivamente). Este comportamiento puede deberse a que la solución deshidratante contiene 0,5% de AA y durante el tratamiento hay una impregnación de sólidos incluyendo el AA en las muestras, encontrándose en las muestras deshidratadas en solución de sorbitol un mayor contenido de ganancia de sólidos. Esta diferencia podría deberse a los valores de viscosidad de las soluciones (Soteras, 2019). La viscosidad del jarabe de glucosa es mayor que la correspondiente a la solución de sorbitol, cuyos valores son 8,7 y 0,75 Cp, respectivamente a 40°C y 40°Brix (Rosero, 2013). Este efecto podría ser el responsable del menor ingreso de AA en los cubos de papa deshidratados en solución de jarabe de glucosa. Resultados similares fueron encontrados por Soteras (2019) en peras deshidratadas osmóticamente en solución de sacarosa y jarabe de glucosa

con una concentración de 40°Brix y a temperatura de 40°C. En ese trabajo se observó que cuando las muestras fueron deshidratadas osmóticamente en las soluciones de menor viscosidad, las mismas mostraron mayor ganancia de sólidos. Esto demostraría que la viscosidad es un factor relevante en la impregnación durante la deshidratación osmótica. Estos resultados se relacionan con los obtenidos en el contenido de fenoles totales (Capítulo 4, inciso 4.2.1.1). Estos resultados son semejantes a los de Cocci y col. (2006) quienes reportaron contenidos de AA significativamente más altos en manzanas tratadas con AA comparadas con muestras sin tratar.

Se observó una disminución significativa del contenido de AA en todos los tratamientos cuando las muestras fueron almacenadas en refrigeración durante 15 días (75 y 72% para las muestras control variedad INN y SP, respectivamente, 43 y 53% para las muestras JG INN y JG SP, respectivamente y 42 y 45% para las muestras SO INN y SO SP, respectivamente). La disminución de la concentración de AA se debería a su función como antioxidante, debido a la cual mantiene la concentración de FT con valores similares entre el inicio y el final del almacenamiento. Además de ser un compuesto lábil (Castillo y Miranda, 1995).

Roche y col. (2015) estudiaron el contenido de vitamina C en papas luego de aplicar el proceso de deshidratación osmótica en solución acuosa hipertónica de concentración de sacarosa 40% p/p, cloruro de sodio 5% p/p, ácido ascórbico 1% p/p y lactato de calcio 1% p/p. Los autores emplearon una temperatura de trabajo de 40°C, luego aplicaron congelación y envasado en material trilaminados en atmósfera de vacío, para luego almacenar en congelación a -18°C durante 90 días. Los autores reportaron que el contenido AA de la papa fue de 269 ± 5 mg/100g, aproximadamente 14 veces superior al valor de la papa fresca sin tratamiento y sin almacenamiento. Resultados similares fueron observados en este estudio en donde los valores de AA de las papas tratadas con DO fueron superiores a los cubos de papa sin tratar.

Similares resultados fueron obtenidos por Sgroppo y col. (2010) en batatas tratadas con antioxidantes, envasadas y almacenadas en refrigeración durante 14 días. Ellos observaron que el nivel de ácido ascórbico de las batatas almacenadas a 5°C disminuía durante el almacenamiento a los 14 días, alcanzando valores de 30,3% menores que al inicio ($p=0,001$).

McConnell y col. (2005) trabajando con puré de papas envasado en bolsas de polietileno observó una disminución de 11% a 15% en el contenido de ácido ascórbico después de 14 días a 4°C.

En seis cultivares de papas peladas empacadas, en el sexto día de almacenamiento a 4°C, Tudela y col. (2002) reportaron una pérdida entre 14% y 34% y fue diferente cuando el producto se almacenaba en contacto con aire.

En resumen, el mayor contenido de AA se encuentra relacionado con la ganancia de sólidos durante el proceso de deshidratación osmótica, siendo mayor en las muestras tratadas en solución de sorbitol debido a que éste es un soluto de menor peso molecular y la solución tiene una menor viscosidad comparado con la del jarabe de glucosa, facilitando el ingreso de sólidos hacia el vegetal.

El contenido de AA disminuyó durante el tiempo de almacenamiento en refrigeración debido a su rol como compuesto antioxidante.

4.2.1.3 Determinación de la actividad de la enzima polifenoloxidasas (PPO)

El pardeamiento enzimático es el principal problema en los productos mínimamente procesados de papa, éste es causado por la enzima polifenoloxidasas (PPO) la cual, en presencia de oxígeno, convierte los compuestos fenólicos en pigmentos de color oscuro (Rojas-Grau, 2008).

El pardeamiento enzimático (PE) está relacionado principalmente con la actividad de polifenoloxidasas (PPO), la cuales catalizan la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas, con la consecuente transformación a pigmentos oscuros no deseables para la calidad industrial (Friedman, 1997).

La metodología más extendida para evitar el pardeamiento, y una de las de mayor utilidad, consiste en la utilización de agentes químicos que actúan como inhibidores, interaccionando directamente sobre las enzimas, los substratos o los productos de las reacciones enzimáticas. En este trabajo se agregó a las soluciones osmóticas 0,5% AA + 0,5% AC con el objetivo de minimizar en la muestra la actividad de la polifenoloxidasas de las muestras control y muestras sumergidas en solución de SO y JG al 35%, más 5% NaCl y 0,5% AC y 0,5% AA, a 40°C de la variedad Innovator y Spunta, y su variación a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración.

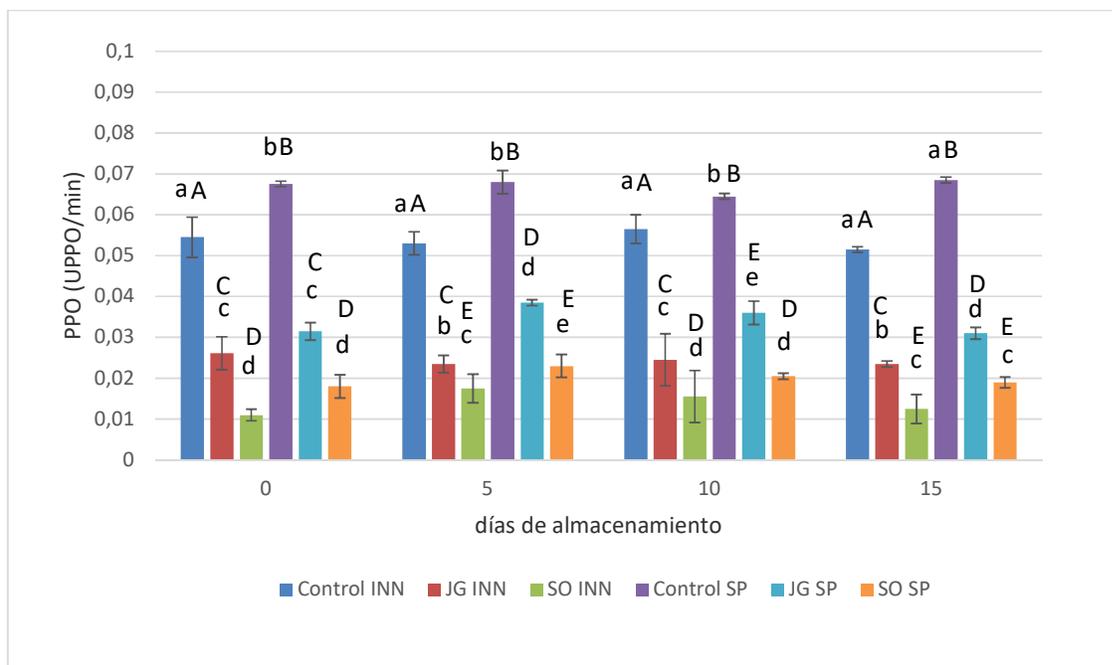


Figura 29. Actividad de la polifenoloxidasas (UPPO/min) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG en ambas variedades con el tiempo de almacenamiento. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre solutos empleados como agente deshidratante y el control en la misma variedad de papa en cada tiempo de almacenamiento. Letras mayúsculas indican

diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las variedades de papa estudiadas para un mismo soluto en cada tiempo de almacenamiento.

La actividad de la PPO en las muestras controles fue mayor en la variedad Spunta (0.0675 UPPO/min) con respecto a la variedad Innovator (0,0545 UPPO/min) ($p = 0,0460$). La velocidad de pardeamiento enzimático en vegetales mínimamente procesados varía de acuerdo a los factores pre y post cosecha. La elección del cultivar tiene un efecto potencial sobre el pardeamiento de papa preparada, ya que diferentes variedades de papa pueden tener diferente composición química (Cabezas y col. 2009a). Entre las técnicas post cosecha que pueden afectar el pardeamiento, el transporte y el almacenamiento de las papas, juega un papel importante en la velocidad de pardeamiento de las papas preparadas. Los resultados de un estudio realizado con varios cultivares de 8 vegetales (Ahvenainen y Hurme, 1996) mostraron que no todos los cultivares de un vegetal específico puede ser utilizado para el procesamiento y elaboración de vegetales mínimamente preparados. La correcta elección del cultivar es importante para zanahorias, papas y cebollas.

La PPO de las muestras tratadas fue afectada por el tipo de soluto utilizado como agente deshidratante siendo mayor con el jarabe de glucosa tanto para la variedad Innovator ($p = 0,0375$) como para la variedad Spunta ($p = 0,0326$). Este comportamiento se observó en todos tiempos de almacenamiento evaluados. Esto podría deberse a que las muestras de papas sumergidas en solución de sorbitol fueron las que obtuvieron mayor ganancia de sólidos y con ello mayor contenido de ácido ascórbico (Capítulo 4, inciso 4.1.1.2) ejerciendo éste una acción reductora de la PPO en las muestras. La actividad de las enzimas polifenoloxidasas presentes en frutas y vegetales puede ser inhibida por calentamiento o por remoción de alguno de sus componentes necesarios: O_2 , Cu^{+2} o sustrato (Guerrero Beltrán y col. 2005; Gasull y Becerra 2006; Pilco, 2014). Se recomienda que los vegetales especialmente propensos a sufrir pardeamiento por oxidación química, como manzanas, peras, duraznos, damascos, ciruelas entre las frutas, y papas, espárragos, zanahorias entre las hortalizas, deben mantenerse, inmediatamente después de cortadas o peladas, en agua adicionada de 0,1-0,2 % p/v de ácido ascórbico y de 0,2% p/v de ácido cítrico (Schmidt y Pennacchiotti, 2001). Pardo Valencia y Méndez Martínez (2017) estudiaron la acción del ácido ascórbico sobre la polifenoloxidasa en puré de anóna a concentraciones de 0,50, 0,70 y 0,90% p/v. Ellos observaron que los tres tratamientos produjeron similares efectos en el porcentaje de inhibición de la PPO, prolongando la vida útil del producto (11 días), respecto al control (8 días).

En el presente trabajo de tesis se observó que, en todos los casos, la PPO en las muestras evaluadas no varió a través del almacenamiento de las mismas en refrigeración. Los resultados de la presente tesis coinciden con los obtenidos por García Procaccini y col. (2016), quienes evaluaron la actividad de la PPO en bastones de papa tratados con soluciones antioxidantes (ácido ascórbico 1%, ácido cítrico 0,5%, y metabisulfito 0,1%), durante el almacenamiento refrigerado a 4°C.

4.2.2 Medición de color

Como ya se ha mencionado, la evolución de la DO se analizó a través de la pérdida de agua y de la ganancia de sólidos, es por ello que resultó interesante no sólo evaluar cómo se modificaba el aspecto de los productos, sino también conocer el cambio de color de los productos en las dos variedades de papas y su variación a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración.

La disminución del parámetro “L” y la disminución de “a” son considerados indicadores de pardeamiento (Riva y col. 2005 y Guiné y col. 2010).

Las papas frescas presentaron los siguientes valores de $L_0 = 71,31 \pm 1,71$; $a_0 = -5,51 \pm 1,48$ y $b_0 = 23,87 \pm 0,24$ para la variedad Innovator y $L_0 = 67,03 \pm 1,10$; $a_0 = -5,12 \pm 0,30$ y $b_0 = 26,04 \pm 0,65$ para la variedad Spunta. Los valores iniciales de los parámetros de color muestran una papa de pulpa clara, de color blanco- amarillo y con una baja tonalidad roja representada por los valores negativos de a. Las muestras respondieron al tratamiento aumentando la luminosidad, disminuyendo el enrojecimiento y aumentando el amarillamiento.

La Figura 30 representa los valores de luminosidad de las muestras control y de las muestras sumergidas en solución de SO y JG al 35%, más 5% C NaCl y 0,5% AC y 0,5% AA, a 40°C de la variedad Innovator y Spunta, y su variación a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración.

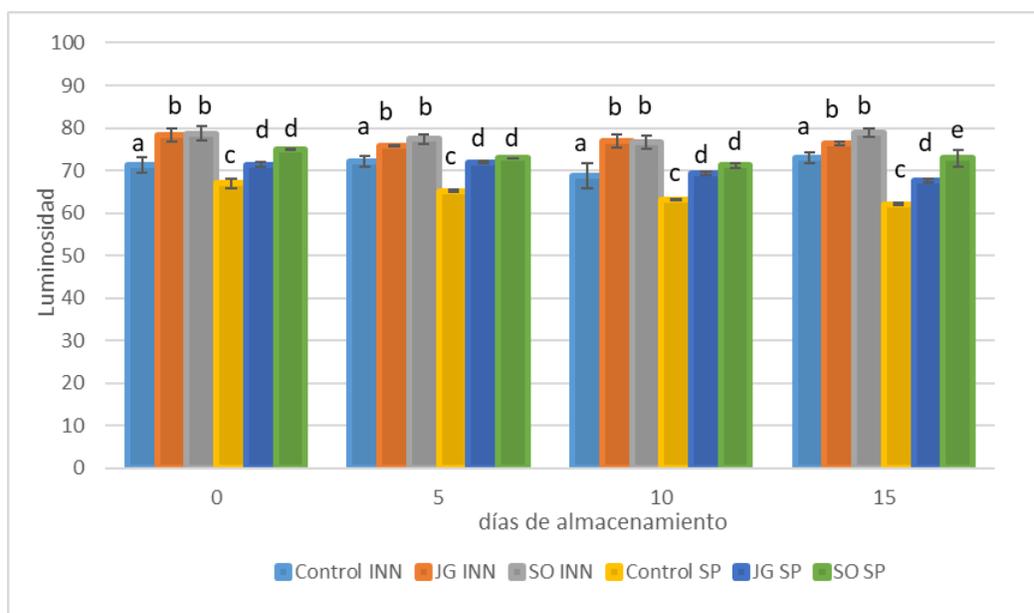


Figura 30. Luminosidad (L^*) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad INN y SP través del tiempo de almacenamiento a 4°C. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre solutos empleados como agente deshidratante y el control en la misma variedad de papa en cada tiempo de almacenamiento y entre las variedades de papa estudiadas para un mismo soluto en cada tiempo de almacenamiento.

La luminosidad de la muestra fresca de la variedad Innovator presentó mayor valor que la variedad Spunta ($p=0,0473$). Luego de sumergir las muestras en soluciones deshidratantes DO, éstas respondieron al tratamiento aumentando la luminosidad; esto se debería en gran parte como consecuencia de la presencia de antioxidantes en el baño deshidratante. Las muestras de papa tratadas de la variedad Innovator se mostraron más claras que las de la variedad Spunta. A su vez, las muestras sumergidas en solución de sorbitol de la variedad Spunta presentaron mayor valor de luminosidad comparadas con las muestras sumergidas en jarabe de glucosa de la misma variedad al día 15 de almacenamiento ($p=0,0468$).

También se observó que la luminosidad de las muestras tuvo una leve disminución, no significativa, cuando fueron almacenadas en refrigeración.

García Procaccini y col. (2016) observaron que la luminosidad de las papas bastón tratadas en soluciones con antioxidantes (1% de ácido ascórbico (AA) + 0,5% de ácido cítrico (AC), 1% de AA + 1% de AC) y almacenadas en refrigeración a 4°C, no se vió afectada durante el tiempo de almacenamiento, pero si se observaron algunas diferencias entre tratamientos.

La Figura 31 muestra los valores de a^* (menor coloración rojiza-marrón) de las muestras control y de las muestras sumergidas en solución de SO y JG al 25%, más 5% NaCl y 0,5%AC y 0,5%AA, a 40°C de la variedad Innovator y Spunta, y su variación a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración.

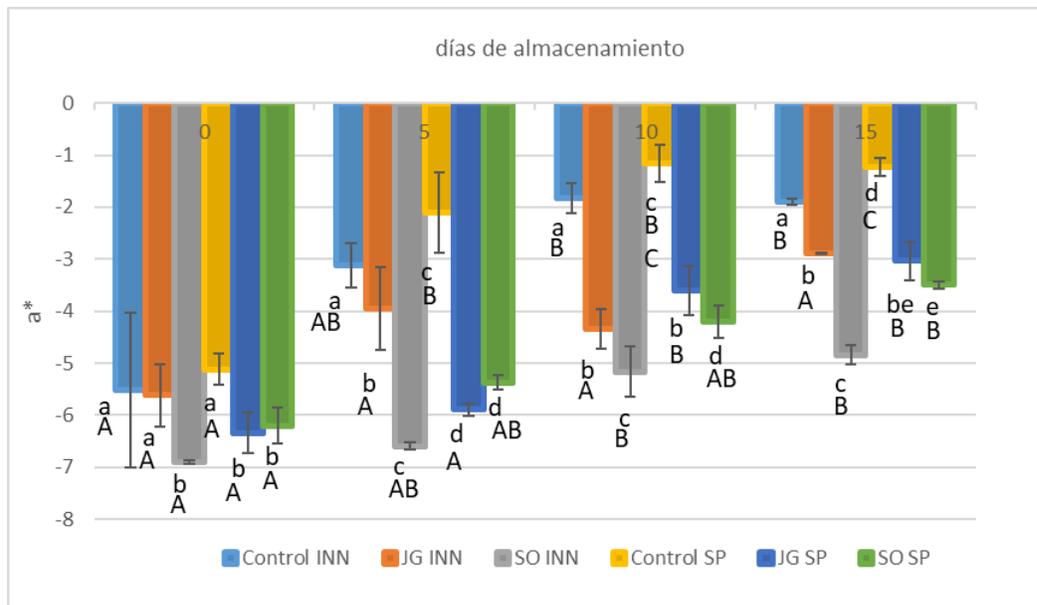


Figura 31. Valores de a^* de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad INN y SP través de los tiempos de almacenamiento a 4°C. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p<0,05$) entre solutos empleados como agente deshidratante y el control en la misma variedad de papa en cada tiempo de almacenamiento y entre las variedades de papa estudiadas para

un mismo soluto en cada tiempo de almacenamiento. Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en cada una de las muestras a través del almacenamiento.

La muestra control de la variedad INN fue levemente menos rojiza-marrón comparada con la muestra de la variedad SP ($p = 0,8062$). Cuando las muestras fueron sometidas a DO, el parámetro a^* aumentó (valor absoluto). Se observó que ambos tratamientos conducen a productos menos marrones comparados con los controles, también como consecuencia de la acción de los antioxidantes. Este comportamiento dependió del soluto utilizado como agente deshidratante, obteniendo menores valores de a^* para las muestras DO en solución de jarabe de glucosa e independiente de la variedad de papa utilizada. Las muestras sumergidas en solución de sorbitol se mostraron menos marrones; este comportamiento podría correlacionarse con la mayor ganancia de sólidos experimentada en las muestras tratadas en solución de sorbitol, y por lo tanto el mayor contenido de ácido ascórbico incorporado en estas muestras (Capítulo 4, inciso 4.2.1.2).

Los resultados encontrados en la presente investigación coinciden con los reportados por Denoya y col (2012), quienes evaluaron la actividad de la PPO, las características cromáticas y su evolución durante el almacenamiento refrigerado ($1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) por 16 días, en rodajas de manzanas cv. Granny Smith, tratadas por inmersión con una combinación de aditivos (ácido cítrico, ácido ascórbico y EDTA) en diferentes proporciones: I. 2% ácido ascórbico + 1% ácido cítrico + 0,5% EDTA; II. 1% ácido ascórbico + 0,5 % ácido cítrico + 0,25% EDTA y III agua, utilizada como control. Los resultados obtenidos para el parámetro a^* (componente verde-rojo) de las muestras sometidas a los tratamientos I y II tuvieron valores significativamente menores. El pardeamiento enzimático también se evidencia por una disminución del valor absoluto de a^* , al indicar una mayor tendencia hacia el color rojo (Rocha y Morais, 2003) que fue observada sólo en las muestras control (III) por dichos autores. El sorbitol ha sido destacado en muchos trabajos científicos por sus propiedades humectantes y protectoras del color (Torregiani y col. 1995, Ozen y col. 2002 y Riva y col. 2005).

La Figura 32 muestra los valores de b^* (amarillamiento) de las muestras control y de las muestras sumergidas en solución de SO y JG al 25%, más 5% NaCl y 0,5% AC y 0,5% AA, a 40°C de la variedad Innovator y Spunta, y su variación a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración.

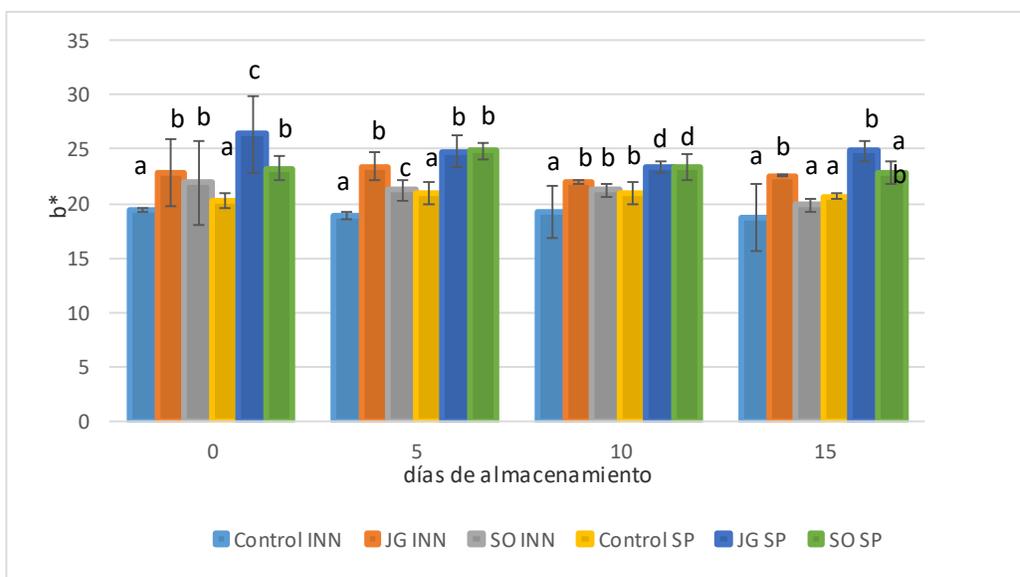


Figura 32. Valores de b^* (amarillamiento) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad INN y SP través del tiempo de almacenamiento a 4°C. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre solutos empleados como agente deshidratante y el control en la misma variedad de papa en cada tiempo de almacenamiento y entre las variedades de papa estudiadas para un mismo soluto en cada tiempo de almacenamiento.

El parámetro de color b^* muestra el amarillamiento de las muestras. Las muestras control presentaron valores similares de b^* en las dos variedades de papa estudiadas ($p = 0,1120$). Luego de la aplicación del tratamiento de DO, hubo un aumento del color amarillo, dependiendo del soluto utilizado en la solución deshidratante, siendo mayor los valores de b^* en los cubos de papa sumergidos en solución de jarabe de glucosa. El efecto de amarillamiento luego de DO se debería a los componentes de las soluciones deshidratantes, siendo mayor en la solución de jarabe de glucosa (glucosa, maltosa y maltotriosa) dado que interviene en la reacción de Maillard mientras que el sorbitol no participa de dicha reacción (Torregiani y col. 1995 a). No se observaron cambios en el color amarillo de las muestras a través del tiempo de almacenamiento, Esto está relacionado con el contenido y la naturaleza del sólido incorporado a la matriz del tejido vegetal.

La Figura 33 muestra los valores de cambio de color total (ΔE) de las muestras control y de las muestras sumergidas en solución de SO y JG al 35%, más 5%NaCl y 0,5%AC y 0,5%AA, a 40°C de la variedad Innovator y Spunta, y su variación a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración.

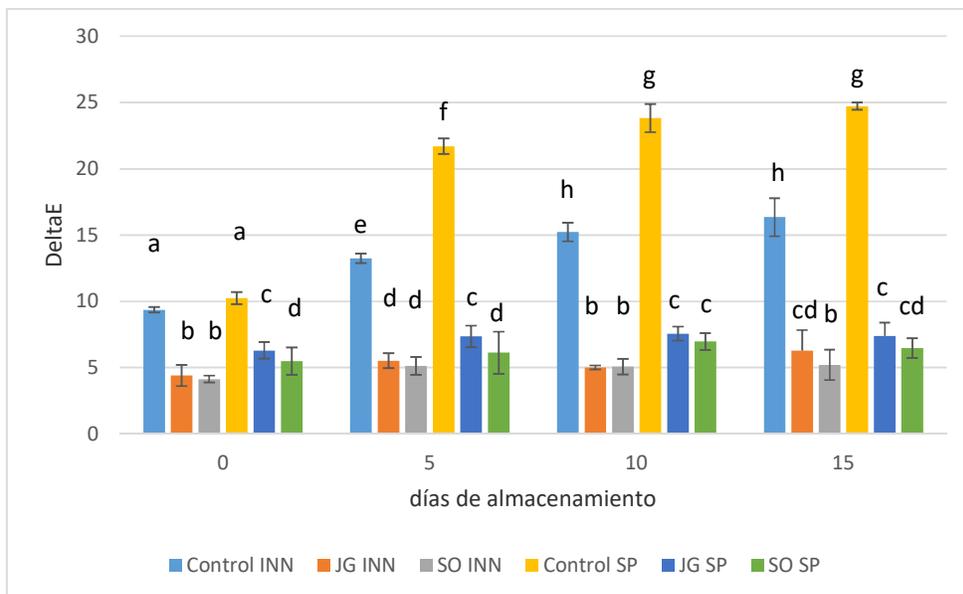


Figura 33. Valores de DeltaE de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad INN y SP través del tiempo de almacenamiento a 4°C. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre solutos empleados como agente deshidratante y el control en la misma variedad de papa en cada tiempo de almacenamiento y entre las variedades de papa estudiadas para un mismo soluto en cada tiempo de almacenamiento.

Se observó que la muestra control de la variedad Innovator tuvo una menor variación de color que la muestra control de la variedad Spunta ($p=0,0425$) y ambas muestras controles aumentaron su valor de DeltaE durante el período de almacenamiento refrigerado. Cuando las muestras fueron tratadas osmóticamente, el DeltaE disminuyó significativamente, siendo menor la diferencia de color en las muestras tratadas con SO ($p=0,0034$ para INN y $p=0,0014$ para SP). Este efecto se observó para ambas variedades, asimismo se observó un aumento leve durante el tiempo de almacenamiento en refrigeración. Estos resultados de cambio de color concuerdan con los obtenidos por Weis (2011) en manzanas tratadas con diferentes soluciones deshidratantes (sacarosa 69%, xilitol 47%, sacarosa 47%, jarabe de maíz de alto peso molecular 69%).

Esta tendencia encontrada en el DeltaE se encuentra relacionada con los cambios en el valor de a^* .

La Figura 34 presenta los valores de índice de pardeamiento (IP) de las muestras control y de las muestras sumergidas en solución de SO y JG al 35%, más 5% NaCl y 0,5%AC y 0,5% AA, a 40°C de la variedad Innovator y Spunta, y su variación a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración.

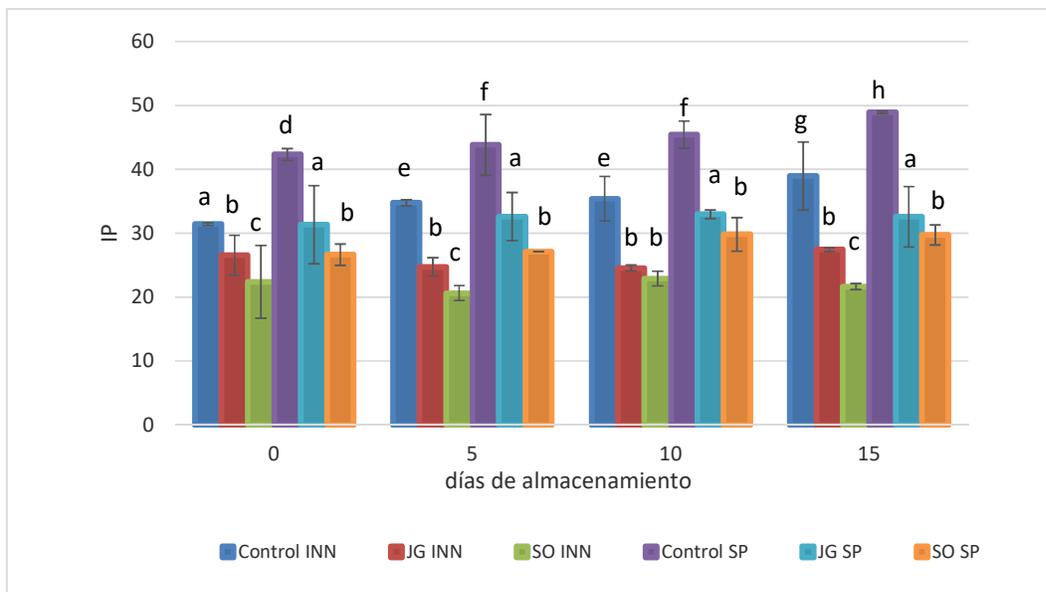


Figura 34. Valores de IP de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad INN y SP través del tiempo de almacenamiento a 4°C. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre solutos empleados como agente deshidratante y el control en la misma variedad de papa en cada tiempo de almacenamiento y entre las variedades de papa estudiadas para un mismo soluto en cada tiempo de almacenamiento.

El índice de pardeamiento (IP) de la muestra control de la variedad Innovator fue menor que la de la muestra de la variedad Spunta ($p=0,0625$). A su vez, los valores de IP disminuyeron significativamente luego de aplicar la DO, dependiendo del soluto utilizado en la solución deshidratante y la variedad de papa empleada. La muestra DO con JG mostró el mayor IP para Spunta ($p=0,0258$) como para Innovator ($p=0,037$) comparado con las muestras DO con SO para la misma variedad. La misma tendencia se observó en las muestras en los distintos tiempos de almacenamiento. En todos los casos las muestras de la variedad Spunta presentó mayores valores de IP con respecto a las muestras de la variedad Innovator.

En resumen, las muestras deshidratadas en SO y JG presentaron menos tonalidades amarillas y rojizas-amarronadas que las muestras controles, traduciéndose en un menor pardeamiento de los cubos de papa mínimamente procesados. Esto podría deberse a la acción de los agentes antioxidantes que contienen ambas soluciones deshidratantes que inhiben la acción de la PPO sobre los sustratos fenólicos presentes en los cubos de papa cortados. A su vez, las muestras DO con JG presentaron una leve diferencia de tonalidad amarilla y rojiza-amarronada con respecto a las muestras DO con SO, pudiendo deberse a que el contenido de ácido ascórbico fue mayor en estas últimas. Vale recordar que los sólidos incorporados a los cubos de papa durante la DO producen desplazamiento del oxígeno ocluido en la estructura y, en consecuencia, disminuyen las

posibilidades de pardeamiento enzimático (Kim y col. 2003). Además, las muestras de papa DO obtuvieron mayores niveles de ácido ascórbico con respecto a las muestras frescas y actividad relativamente baja de polifenoloxidasas. Esta combinación podría ser el motivo de la ausencia de oxidación y del menor pardeamiento enzimático.

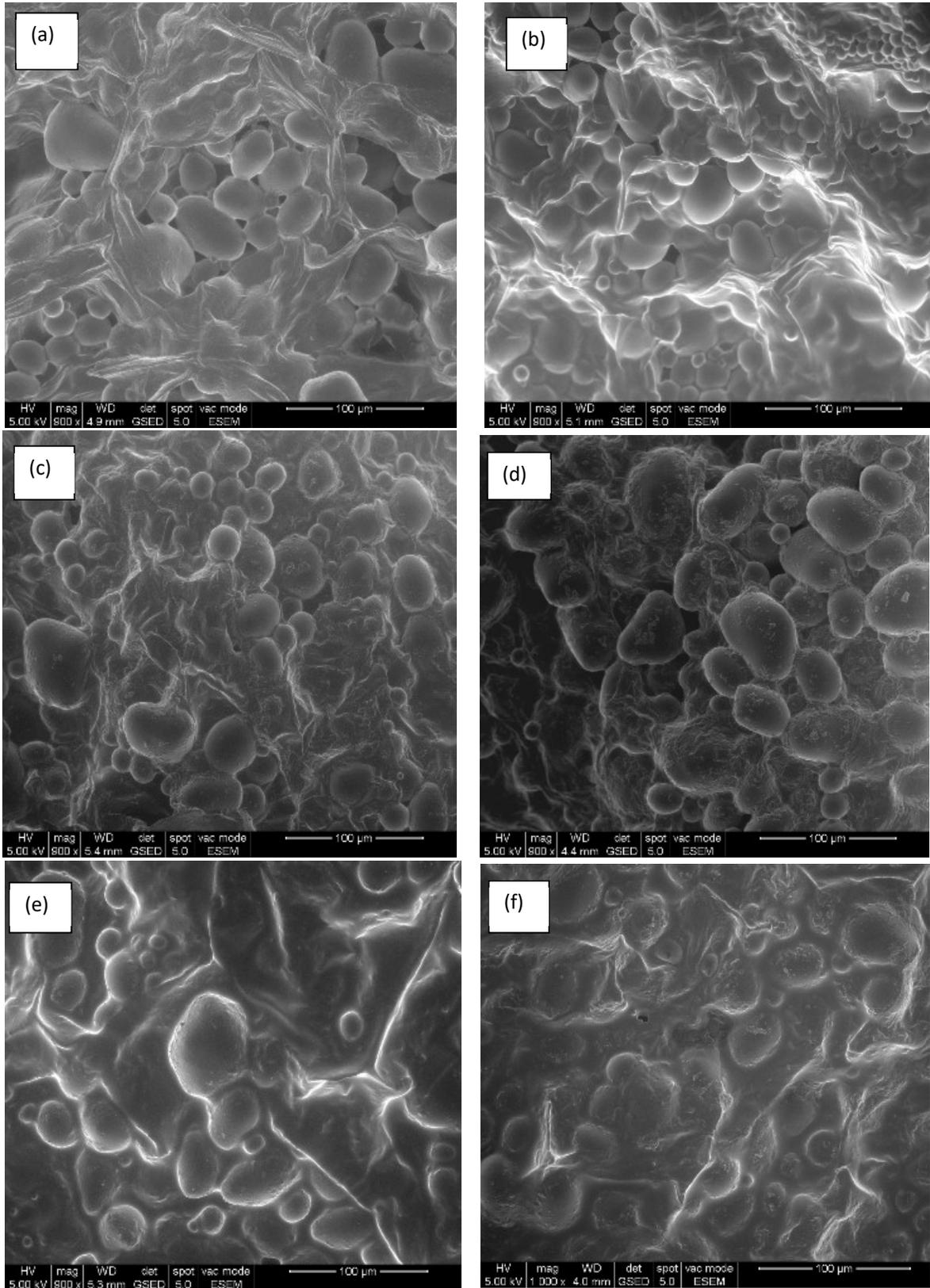
Resultados similares fueron reportados por Riva y col. (2005) en donde realizaron el proceso de deshidratación osmótica a 30 y 60 mín a 25°C con solución de 60% (p/p) de sacarosa y sorbitol, complementado con ácido ascórbico (1%) como antioxidante (Pizzocaro, Torreggiani, y Gilardi, 1993). Artés y col. (1998) indicaron que la especie y la variedad se encuentran entre los factores más importantes que influyen en la susceptibilidad al oscurecimiento de las frutas y hortalizas, resaltando que en papas y manzanas la susceptibilidad al oscurecimiento depende de la variedad. Aguilar y col. (2007) evaluaron la actividad de PPO y el potencial de oscurecimiento en nopales de 30 días de edad de 21 variedades de *Opuntia*, encontrando diferencias significativas entre las variedades analizadas. Resultados similares fueron obtenidos por Cabezas y col. (2009a) evaluaron cinco variedades de papa (Agata, Agria, Almera, Marabel y Vivaldi), encontrando diferencias en el oscurecimiento entre variedades, mostrando que Marabel se caracterizó por presentar un bajo contenido de fenoles totales, una baja actividad de PPO y menor incidencia de oscurecimiento, mientras que Almera presentó el mayor contenido de fenoles totales, de actividad de PPO y de incidencia de oscurecimiento. De igual manera, Cabezas y col. (2009b) encontraron diferencias en la susceptibilidad al oscurecimiento de cinco variedades de alcachofa (C3, Catanese, Tema, Violetto Foggiano y Violetto Sardo), indicando que C3 mostró el mayor contenido de fenoles totales y de actividad de PPO, así como la mayor incidencia de oscurecimiento; mientras que Catanese mostró el mayor contenido de ácido ascórbico total y la más baja incidencia de oscurecimiento.

4.2.3 Análisis microscópico de los productos de papa fresco y tratados

En los procesos de deshidratación, la pérdida de agua en el material puede conducir al colapso y deformación de las paredes celulares y a la disminución de la presión de turgor en las células con plasmólisis del citoplasma (Mauro y col. 2002).

Los cambios estructurales principales inducidos por el tratamiento osmótico que afectan el comportamiento mecánico del tejido de frutas son la pérdida de turgor de las células, la alteración de la laminilla media y de la pared celular, el establecimiento de perfiles de humedad y concentración de soluto, y los cambios en el tamaño y forma de las células y el empaquetamiento celular como así también los cambios en la fracción volumétrica de aire y líquido (Chiralt y col. 2001).

La Figura 35 muestra las micrografías correspondientes a cubos de papa fresca y almacenada a distintos tiempos de almacenamiento en refrigeración. Para este estudio se utilizó solo la variedad Spunta.



Figuras 35. Micrografías de cubos de papa fresca a (a) 0 días y (b) 15 días de almacenamiento, cubos de papa DO con JG a (c) 0 días y (d) 15 días de almacenamiento y cubos de papa DO con SO a (e) 0 días y (f) 15 días de almacenamiento en refrigeración.

La micrografía de la papa fresca (Figura 35 (a)) muestra células turgentes, con paredes celulares lisas y tensas. Los espacios intercelulares se observaron pequeños y de forma irregular. Las células de los cubos de papa DO con JG (Figura 35 (c)) se deformaron y se encogieron levemente, se observan pliegues y relieves en la superficie correspondientes a los sólidos incorporados y mayores espacios intercelulares. Las micrografías de las papas DO con SO (Figura 35 (e)) permiten ver células con una turgencia aceptable con la presencia de pocos pliegues, algunos relieves y espacios intercelulares más grandes. Esta diferencia puede deberse a que las muestras DO con SO obtuvieron mayor ganancia de sólidos que las muestras de papa DO con JG.

Cuando las papas DO fueron almacenadas 15 días en refrigeración (Figura 35 (d y f)), sus células se encogieron, sus paredes aparecieron con más pliegues y más relieve con respecto a la fresca (Figura 35 (b)) y a la muestra DO sin almacenar. Esta evolución en la microestructura durante el período de almacenamiento se reflejó posteriormente en la respuesta sensorial de las propiedades de textura y en las propiedades mecánicas.

Estas observaciones concuerdan con las de los autores Shi y Le Maguer (2002) y Mauro y col. (2002), que sostienen que los elementos que integran la estructura celular (pared, plasmalema y tonoplastos) se deforman debido a la disminución del líquido intracelular (citoplasma y vacuolas). La célula pasa de un estado de turgencia, máximo volumen a uno de mínimo volumen, después de perder agua y posteriormente la pared celular se relaja.

A su vez, las observaciones de las micrografías de esta tesis concuerdan con Della Rocca (2010), quien observó que, en muestras de papa fresca, la estructura típica del tejido celular de la papa se mostró con células de forma poligonal, hexagonales y pentagonales predominantemente y numerosos gránulos de almidón en su interior. Después de las dos horas de tratamiento DO con xilitol 40%*p/p* observó una mayor compresión de la estructura y menor cantidad de gránulos de almidón.

Weis (2011) realizó observaciones microscópicas de manzanas tratadas con las soluciones de sacarosa 47%, sacarosa 69% y jarabe de maíz de alto peso molecular 69%. En las micrografías observó que las células de la manzana fresca aparecen turgentes (pared celular lisa, tensa) y los espacios intercelulares son pequeños y de forma irregular. En la primera hora de DO con sacarosa 47% se produjeron cambios en el tejido: las células se encogieron y su pared apareció menos tensa, con algunos pliegues. Además, Weis observó incipiente formación de canales atribuible al encogimiento celular. A las 2 horas de DO se observó una recuperación de la forma celular y una aparente mayor turgencia, en tanto que los espacios intercelulares aumentaron su tamaño, formando canales más definidos. Esta recuperación a las 2 horas fue descrita por otros autores que atribuyeron a un “flujo de agua inverso”: cuando el tejido vegetal se coloca en un medio de alta presión osmótica, la salida de agua espontánea produce la pérdida de turgencia de las células y la plasmólisis.

Fernandez (2018) evaluó el tejido de ananá inmerso en solución de sacarosa hipertónica con lactato de calcio y ácido ascórbico y observó una deformación del tejido, células colapsadas y reducción de espacios intercelulares, posiblemente debido a la pérdida de agua durante el proceso osmótico. Además, las vacuolas, donde se encuentra el mayor volumen de agua en el tejido de la planta, disminuyeron su volumen en muestras de fruta osmóticamente deshidratadas. Resultados similares fueron reportados por Moreno y col. (2012) para los tejidos de frutillas, los autores atribuyen estos cambios al proceso de deshidratación osmótica. Asimismo, Ferrari y col. (2010) en su trabajo sobre los melones impregnados en soluciones hipertónicas con lactato de calcio observaron que después de los tratamientos hubo una reducción de los espacios intercelulares, células deformadas, contraídas y colapsadas, características del proceso osmótico. Fernandez y col. (2019) estudiaron el efecto de la aplicación de ultrasonido y de deshidratación osmótica sobre tejido de ananá, reportando que ambos tratamientos afectan al tejido. La deshidratación osmótica produjo cambios significativos en la estructura del tejido del ananá, mayores cambios a 70 °Brix que a una concentración de solución de 35°Brix, observando una distorsión gradual de la forma de las células, disrupción o pérdida gradual de adhesión entre las células y formación de canales por la ruptura del tejido. En un estudio previo (Ceroli, 2009) se estudió el comportamiento microestructural de cilindros de manzana y melones deshidratados osmóticamente en soluciones de trehalosa, sacarosa y jarabe de alta maltosa y se observó que una disminución de a_w provocó una pérdida de rigidez importante en las muestras osmotizadas respecto de los tejidos frescos en ambas matrices, observándose paredes dobladas y quebradas en las microscopías de los tejidos osmotizados.

4.2.4 Variación de propiedades mecánicas

La dureza fue una de las propiedades mecánicas más sensible a la deshidratación, tal como se muestra en Figura 36.

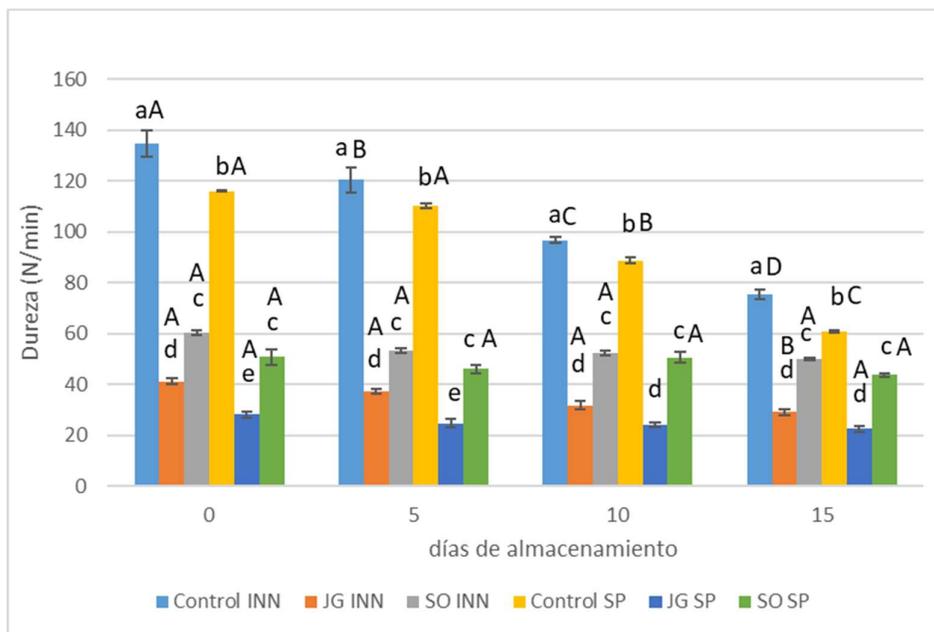


Figura 36. Dureza (N/mm) de las muestras control y muestras deshidratadas osmóticamente en solución de SO y JG de la variedad Innovator y Spunta través del tiempo de almacenamiento a 4°C. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras en cada tiempo de almacenamiento. Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en cada muestra durante tiempo de almacenamiento.

Las muestras frescas mostraron valores de dureza de 134,61 N/mm para la variedad Innovator y 116,05 N/mm para la variedad Spunta. La dureza de los cubos de papa de ambas variedades luego de la DO se redujo sensiblemente con ambos agentes deshidratantes, no obstante, la pérdida fue más notoria cuando se utilizó JG como agente deshidratante (70% y 75% más blanda que la muestra fresca de la variedad Innovator y Spunta, respectivamente). El ablandamiento de los cubos DO con SO alcanzó un valor del 56% del correspondiente al producto fresco en ambas variedades. A su vez, las muestras deshidratadas osmóticamente en solución de sorbitol mostraron mayor dureza que aquellas sumergidas en solución de jarabe de glucosa en todos los tiempos de almacenamiento en cada variedad estudiada ($p < 0,0001$). Estos resultados se condicen con los obtenidos por el posterior análisis sensorial realizado con el panel entrenado (Capítulo 5, inciso 5.3) y con los resultados observados en las micrografías de las muestras (Capítulo 4, inciso 4.2.3). Los cubos de papa DO de la variedad Innovator mostraron mayor dureza que los de la variedad Spunta con cada soluto empleado para la DO en cada tiempo de almacenamiento evaluado. La pérdida de dureza después del tratamiento DO puede relacionarse con la pérdida de agua y la ganancia de sólidos (Capítulo 3, inciso 3.1 y 3.2, respectivamente). Esta diferencia de dureza podría adjudicarse también a que el JG, al penetrar en el tejido, genere mayor daño debido a su mayor tamaño molecular promedio. Estos resultados también fueron observados sensorialmente por el panel entrenado y en las micrografías.

Resultados similares a este trabajo de tesis fueron obtenidos por Weis (2011) en manzanas DO con sacarosa de distintas concentraciones. Los productos de manzana con DO con xilitol 47% y jarabe de maíz de alto peso molecular 69%, siempre fueron más blandos que la manzana fresca.

La dureza de los cubos de papa control de ambas variedades disminuyeron su dureza a través del tiempo de almacenamiento ($p=0,0008$ y $p=0,0001$ para Innovator y Spunta, respectivamente). Las muestras DO JG y SO de ambas variedades de papa disminuyeron su dureza con el tiempo de almacenamiento, mostrando diferencias significativas para cada tiempo de almacenamiento para las muestras DO con jarabe de glucosa ($p=0,0001$ y $p=0,0016$ para Innovator y Spunta, respectivamente) y no significativos para las muestras DO con sorbitol ($p=0,0955$ y $p=0,0858$ para Innovator y Spunta, respectivamente).

Resultados similares fueron obtenidos por Kvpil (2019), quien observó que durante todo el almacenamiento resultó mayor la firmeza para las muestras frescas de anco; sin embargo, a partir del día 7 el esfuerzo máximo de las muestras testigo comenzó a descender. Por otro lado, Kvpil reportó que las muestras tratadas con sacarosa 30% y cloruro de sodio 5% mantuvieron la dureza constante durante todo el período de almacenamiento.

En resumen, se observó que el proceso de deshidratación osmótico provocó una disminución de rigidez importante en las muestras osmotizadas respecto de los tejidos frescos en las muestras de papa. Este comportamiento podría deberse, al menos parcialmente a una disminución de la presión de turgor de las muestras debido a la remoción de agua, fenómeno causante de plasmólisis y/o ruptura de las membranas plasmalema y tonoplasto. Por otra parte, la alteración y separación de membranas modifica la pared celular, que también se deforma produciendo un estrés mecánico en la laminilla media, la cual también es alterada, observándose paredes dobladas y quebradas en las microscopías de los tejidos osmotizados. Este comportamiento fue acompañado de una disminución de la dureza en las muestras deshidratadas. También se observó que el tipo de soluto utilizado y la variedad de papa estudiada en el proceso de deshidratación osmótica afectó las propiedades mecánicas del tejido vegetal. Algunos resultados mecánicos pudieron ser explicados por las observaciones microscópicas y relacionados con el análisis sensorial del producto.

4.2.5 Análisis microbiológico

Los vegetales presentan características óptimas para el desarrollo de microorganismos, ya que tienen alto contenido de nutrientes y actividad de agua (a_w) elevada (Parzanese, 2012). La acción de diversas especies de hongos, levaduras y bacterias es una de las principales causas de alteración de los vegetales mínimamente procesados, ocasionando incluso un 15% de las pérdidas postcosecha (Parzanese, 2012). Por lo que, para evitar o reducir poblaciones microbianas, la aplicación del tratamiento de deshidratación osmótica, sumado al envasado y la refrigeración constituyen una alternativa de tecnologías de conservación en alimentos.

En este trabajo se realizaron recuentos de bacterias aerobias mesófilas totales (BAMT) y hongos filamentosos y levaduras (HFyL) en muestras del producto fresco y del producto tratado y almacenado en refrigeración (0 y 15 días) de las variedades Innovator y Spunta. Los resultados obtenidos luego de los ensayos microbiológicos analizados a diferentes tiempos: 0 y 15 días luego del tratamiento y envasado se detallan en la Tabla 27 (se informan los valores promedios).

Tabla 27. Recuentos de Bacterias Aerobias Mesófilas Totales (BAMT) y Hongos filamentosos y levaduras (HFyL) en muestras frescas y tratadas con DO JG y SO en la variedad Innovator y Spunta.

	Tratamientos	Variedad SP		Variedad INN	
		Día 0	Día 15	Día 0	Día 15
BAMT (UFC/g)	Control	4,63 x10 ³	2,03 x 10 ²	3,74 x10 ³	1,70 x 10 ²
	DO JG	3,11x10 ²	25	2,98 x10 ²	25
	DO SO	2,5 x10 ²	10	2,01 x10 ²	25
HFyL (UFC/g)	Control	5,57 x10 ³	6,07x10 ³	4,37 x10 ²	5,02x10 ³
	DO JG	1,76 x10 ²	7,51 x 10 ²	1,58 x10 ²	6,2x10 ²
	DO SO	10	15	10	15

Los microorganismos aerobios mesófilos son indicadores típicos para determinar tiempo de vida útil o problemas de almacenamiento en alimentos (Matucci y col. 2011).

Las muestras frescas tuvieron un mayor recuento de bacterias aerobias mesófilas totales (BAMT) con respecto a las muestras DO en SO y JG. En los productos de la variedad de papa Spunta se observó mayor recuento de BAMT con respecto a los de la variedad Innovator. A partir de estos resultados se puede apreciar que no hubo crecimiento de bacterias aerobias mesófilas totales (BAMT) a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento debido a la falta parcial de oxígeno. Según Goñi (2013) recuentos inferiores a 10⁶ UFC/g se asocian a una microflora variada y por lo general, inocua.

A su vez, se observó un crecimiento de HyL en las papas DO con JG durante el período de tiempo estudiado, siempre mayor en las muestras de la variedad Spunta. En las muestras tratadas con DO JG en la variedad Spunta, el recuento corresponde a levaduras del género *Rhodotorula*. Los recuentos de HFyL de las muestras tratadas DO de la variedad Innovator corresponden a levaduras. No se registró desarrollo de colonias de aspecto filamentoso.

Luego del día 15 de almacenamiento del producto en refrigeración a 4°C no se detectó contaminación apreciable por los microorganismos típicos que se consideran para establecer la inocuidad de un alimento.

Resultados similares a este trabajo de investigación fueron obtenidos por Della Rocca (2010) en papa deshidratada osmóticamente durante 1 h en solución al 40 % de xilitol y 5 % de sal y luego secada y envasada en atmósfera y refrigeración, en donde los microorganismos aerobios mesófilos disminuyeron su cantidad a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento. A su vez, Kvapil (2019) observó que los valores de HyL de anco fresco se mantuvieron por debajo del valor límite hasta el final del período de conservación estudiado. Por su parte, las muestras de anco tratadas en solución de sacarosa y sal, mantuvieron valores inferiores al límite aún a los 15 días de refrigeración. Yupanqui (2010) deshidrató rodajas de mango mediante inmersión en las soluciones osmóticas (jarabes de sacarosa y glucosa) a una concentración de 70 °Brix a temperatura ambiente por un tiempo de 7 horas. Los autores reportan resultados microbiológicos negativos en las dos muestras evaluadas indicando estabilidad en los productos. Delgado Palma (2014) realizó el análisis microbiológico de trozos de papaya deshidratadas osmóticamente en solución de sacarosa 50°Brix con una relación jarabe/fruta 4/1 a 27°C durante 2h, durante el almacenamiento en refrigeración. Durante los primeros 5 días de almacenamiento las muestras DO mantuvieron crecimientos menores en comparación con las muestras frescas (recuento de aerobios mesófilos). Transcurridos los 10 y 15 días de almacenamiento, tanto las muestras DO como las frescas alcanzaron crecimientos similares, sin embargo, ambas muestras no alcanzaron los valores máximos según (Moragas y col., 2014) de aerobios mesófilos 5×10^5 UFC/g. Para el recuento de mohos y levaduras, se mostró que el crecimiento fue menor en las muestras tratadas versus las muestras frescas, sin embargo, al alcanzar los 10 días de almacenamiento la fruta fresca alcanzó los límites permitidos según Moragas y col. (2014) de mohos y levaduras (10^2 UFC/g).

Chan (2005) también observó que el crecimiento de mohos y levaduras en frutas deshidratadas presentó un crecimiento menor en comparación con las frutas fresca. En la actualidad en Argentina, la legislación vigente (CAA) se actualizó recientemente para los vegetales frescos mínimamente procesados, adicionando y modificando los artículos 925 tris y 925 quater. A la brevedad todavía no existen especificaciones para recuentos de BAMT y HyL. El Real Decreto 3484/2000, publicado en el Boletín Oficial del Estado de España, que establece las normas microbiológicas para las comidas preparadas envasadas con vegetales crudos, utiliza como indicador el recuento total de aerobios mesófilos y fija como límites un valor de 10^6 UFC/g para el día de fabricación y 10^7 UFC/g para el día de caducidad. Por otro lado, la legislación francesa propone como límite para vegetales mínimamente procesados, un recuento máximo de 5×10^7 UFC/g BAMT sin especificar el tipo de vegetal.

En función de estos límites, podemos considerar que el producto se mantuvo estable frente al deterioro microbiano en el lapso de tiempo analizado, comenzando un crecimiento de HFyL a los 15 días de almacenamiento.

Capítulo 5

Análisis de resultados y Calidad sensorial

5.1 Análisis exploratorio de las variables de calidad

A través de la estadística descriptiva y empleando el lenguaje de Python se realizó un análisis exploratorio general. En la Figura 37 se observan las relaciones entre las variables de calidad (diferencia de color (DeltaE), índice de pardeamiento (IP), dureza, contenido de fenoles totales (FT), contenido de ácido ascórbico (AA) y actividad de la polifenoloxidasas (PPO)), de las muestras control y las muestras deshidratadas osmóticamente en solución de sorbitol y jarabe de glucosa al 35% + 5 % NaCl + 0,5% AA y 0,5% AC de la variedad Innovator.

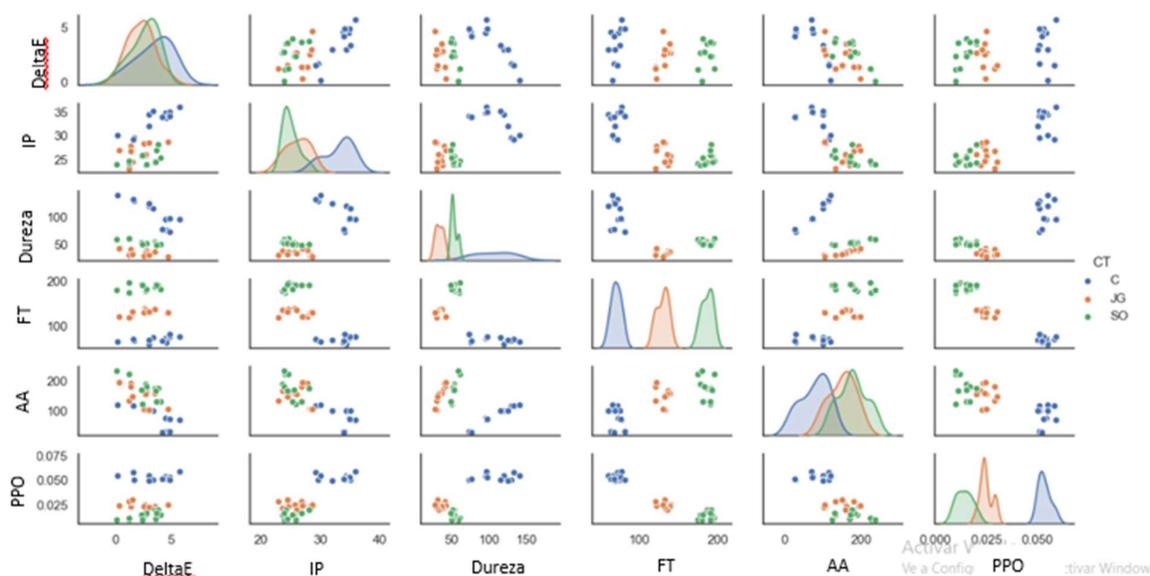


Figura 37. Análisis exploratorio general de las variables de calidad: DeltaE, IP, Dureza, FT, AA y PPO de las muestras control y tratadas en solución de sorbitol y jarabe de glucosa de la variedad INN.

En la Figura 37 se observa un comportamiento similar en cuanto al cambio de color (DeltaE) entre la muestra control y las muestras tratadas en solución de JG y SO, observándose en estas últimas los menores cambios de color (primera fila, primera columna). A su vez, se observó una correlación lineal positiva entre el DeltaE y el índice de pardeamiento, mostrando mayores valores de ambas variables para la muestra control, y menores y similares en las muestras JG y SO. También, se observó que se mostró negativa con el contenido de AA, siendo la muestra control la de menor contenido de AA y el mayor DeltaE, contrariamente a lo observado en las muestras deshidratadas en solución de JG y SO.

Por lo tanto, se pudo observar un cambio de color total disminuido en los cubos de papa mínimamente procesados, lo cual podría deberse a la acción de los agentes antioxidantes que contienen ambas soluciones deshidratantes, siendo el contenido de ácido ascórbico mayor en las muestras deshidratadas osmóticamente.

El índice de pardeamiento (IP) mostró un comportamiento solapado entre todas las muestras analizadas, pero muestra un mayor valor para la muestra control en comparación a las muestras tratadas en JG y SO. En relación al IP y contenido de fenoles totales, la muestra control obtuvo el mayor valor de IP y el menor contenido de FT, mientras que las muestras tratadas tuvieron un comportamiento inverso. Con respecto al contenido de AA se observó una correlación negativa entre el IP y el contenido de AA, observándose mayor contenido de AA y menor IP en las muestras tratadas en solución de JG y SO con respecto al control. Esto podría deberse a la acción de los agentes antioxidantes que contienen ambas soluciones deshidratantes que inhiben la acción de la PPO sobre los sustratos fenólicos presentes en los cubos de papa cortados, provocando un menor pardeamiento. En relación al IP y la actividad de la PPO, la muestra control mostró los mayores valores con respecto a las muestras tratadas con SO y JG. Las papas cortadas y peladas son propensas a sufrir pardeamiento por oxidación enzimática, debido a la presencia de los sustratos fenólicos presente en la matriz, la actividad enzimática y el oxígeno.

Con respecto a la dureza, la muestra control se presentó aplanada, mostrando un comportamiento diferente de las muestras tratadas y con un mayor valor. En cuanto a la relación entre la dureza y el contenido de FT y entre la dureza y la actividad de la PPO, no se observó correlación entre estas variables, mientras que si hubo una correlación positiva entre la dureza y el contenido de AA.

En cuanto al contenido de FT, las muestras mostraron un comportamiento diferente entre sí, observándose un menor contenido en la muestra control y mayor contenido en la muestra tratada en SO. A su vez, se mostró una correlación positiva entre las variables FT y AA, siendo las muestras tratadas con SO las de mayor contenido de FT y AA, las muestras JG contenidos intermedios y la muestra control la de menor contenido de FT y AA. A su vez, se observó una correlación negativa entre el contenido de FT y la PPO, siendo las muestras tratada en SO las de mayor contenido de FT y menor PPO, continuando con valores intermedios la muestra tratada con JG y, por último, la muestra control la de menor contenido de FT y mayor PPO. El mayor contenido de FT se encuentra directamente relacionado con el mayor contenido de ácido ascórbico y la menor actividad de la polifenoloxidasasa, lo cual explicaría el menor pardeamiento en los cubos de papa mínimamente procesados.

En la variable AA, las muestras tuvieron un comportamiento solapado, observándose similares distribuciones de frecuencia, siendo las muestras tratadas en solución de JG y SO las de mayor contenido de AA con respecto a la muestra control. Se observó una correlación negativa entre el contenido de AA y la PPO, siendo la muestra control la de menor contenido de AA y mayor actividad de la PPO y las muestras tratadas en solución de JG y SO las de mayor contenido de AA y menor actividad de la PPO. Esto podría deberse a la acción reductora del ácido ascórbico como agente antioxidante sobre la actividad de la polifenoloxidasasa. En relación a la actividad de la polifenoloxidasasa, las muestras mostraron un comportamiento diferente frente a esta variable, siendo la muestra control, la de mayor valor de PPO.

En la Figura 38 se muestra el comportamiento de las variables de calidad de la muestra control de la variedad Innovator a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración.

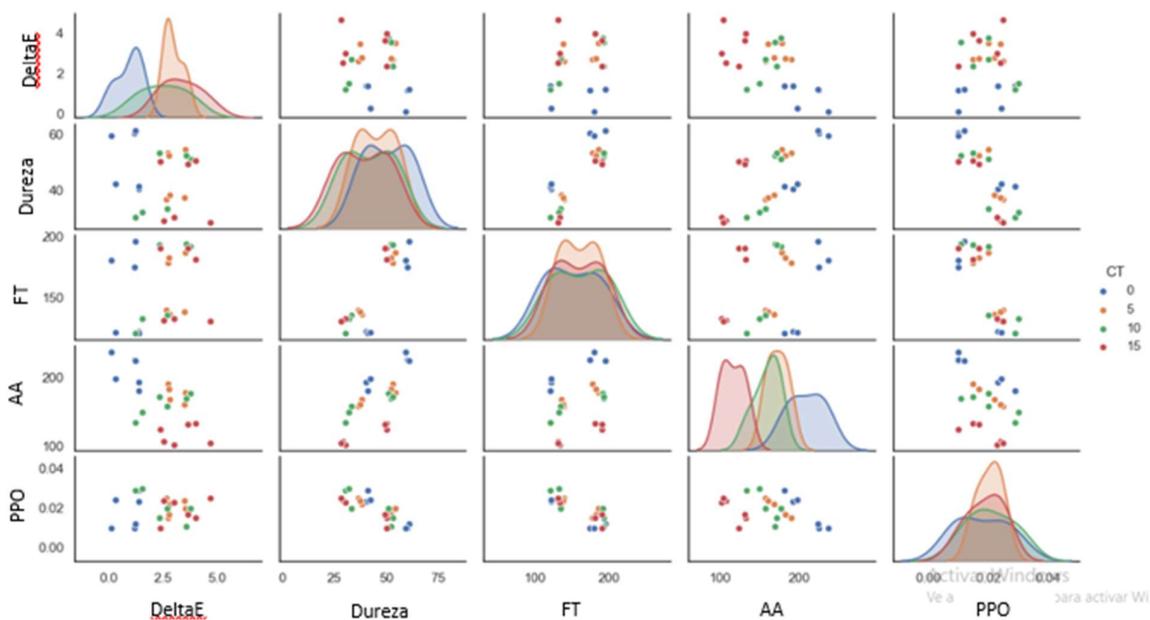


Figura 38. Análisis exploratorio general de las variables de calidad de las muestras control de la variedad INN a través del tiempo de almacenamiento.

En la Figura 38 se observa el mayor contenido de AA y dureza al inicio del almacenamiento y mayores valores de DeltaE a los 15 días de almacenamiento. A su vez, las variables que se correlacionaron a través del almacenamiento fueron DeltaE y AA, mostrando al día 0 de almacenamiento mayor contenido de AA y menor valor de DeltaE y a los 15 días de almacenamiento menor contenido de AA y mayor de DeltaE. Las variables dureza y AA también tuvieron una correlación, mostrando los mayores valores de ambas variables al inicio del almacenamiento y los menores valores a los 15 días. Las variables DeltaE y PPO mostraron una tendencia a aumentar con el almacenamiento.

En la Figura 39 se muestran el comportamiento de las variables de calidad de las muestras tratadas en solución de jarabe de glucosa de la variedad Innovator a través del almacenamiento en refrigeración.

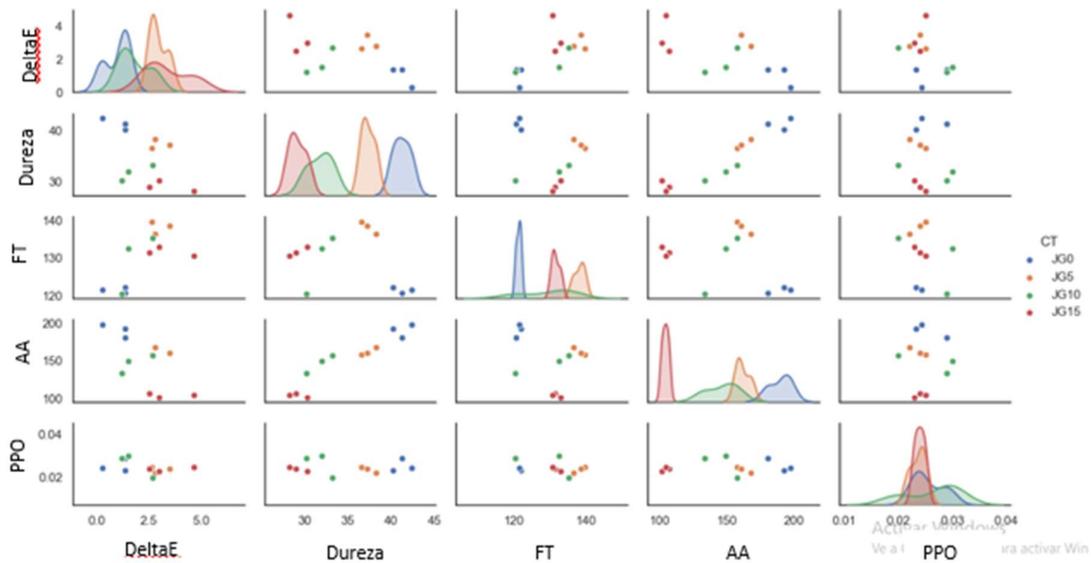


Figura 39. Análisis exploratorio general de las variables de calidad de las deshidratadas osmóticamente en solución de jarabe de glucosa de la variedad INN a través del tiempo de almacenamiento.

En la Figura 39 se observa que los valores de dureza y AA fueron mayores al inicio del almacenamiento y menores a los 15 días en refrigeración y el cambio de color fue mayor al finalizar el almacenamiento. Se observó correlación entre las variables DeltaE y dureza, mostrando menor valor de DeltaE y mayor dureza al inicio del almacenamiento y un comportamiento inverso a los 15 días de almacenamiento. A su vez, existió una correlación negativa entre DeltaE y AA, mostrando menor valor de DeltaE y mayor valor de AA al comienzo del almacenamiento y un comportamiento inverso al final del almacenamiento.

La siguiente Figura 40 presenta el comportamiento de las variables de calidad de las muestras tratadas en solución de sorbitol de los cubos de papa de la variedad Innovator a través del almacenamiento en refrigeración.

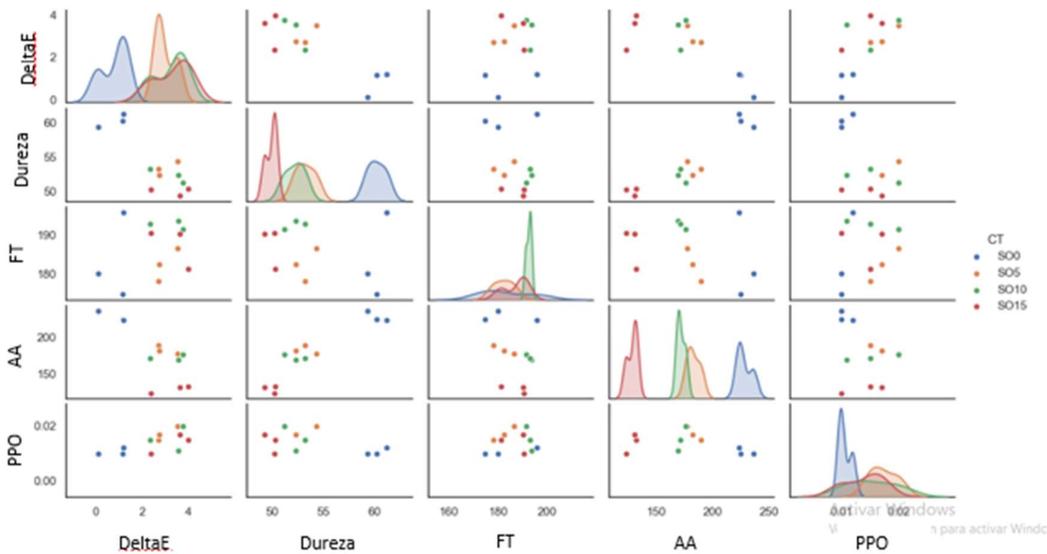


Figura 40. Análisis exploratorio general de las variables de calidad de las deshidratadas osmóticamente en solución de sorbitol de la variedad INN a través del tiempo de almacenamiento.

La Figura 40 muestra un mayor valor de dureza y contenido de AA al inicio del almacenamiento, mientras que el cambio de color fue menor al inicio del almacenamiento. Se mostró una correlación entre las variables dureza y AA, mostrando mayores valores de dureza y contenido de AA al día 0 y menores valores de las variables al día 15 de almacenamiento. Se observó correlación negativa entre AA y DeltaE, mostrando al inicio mayor contenido de AA y menor valor de DeltaE y contrariamente, menor contenido de AA y mayor valor de DeltaE al final del almacenamiento.

En la Figura 41 se observan las relaciones entre las variables de calidad (diferencia de color (DeltaE), índice de pardeamiento (IP), dureza, contenido de fenoles totales (FT), contenido de ácido ascórbico (AA) y actividad de la polifenoloxidasas (PPO)), de las muestras control y las muestras deshidratadas osmóticamente en solución de sorbitol y jarabe de glucosa al 35% + 5% NaCl + 0,5% AA y 0,5% AC de la variedad Spunta.

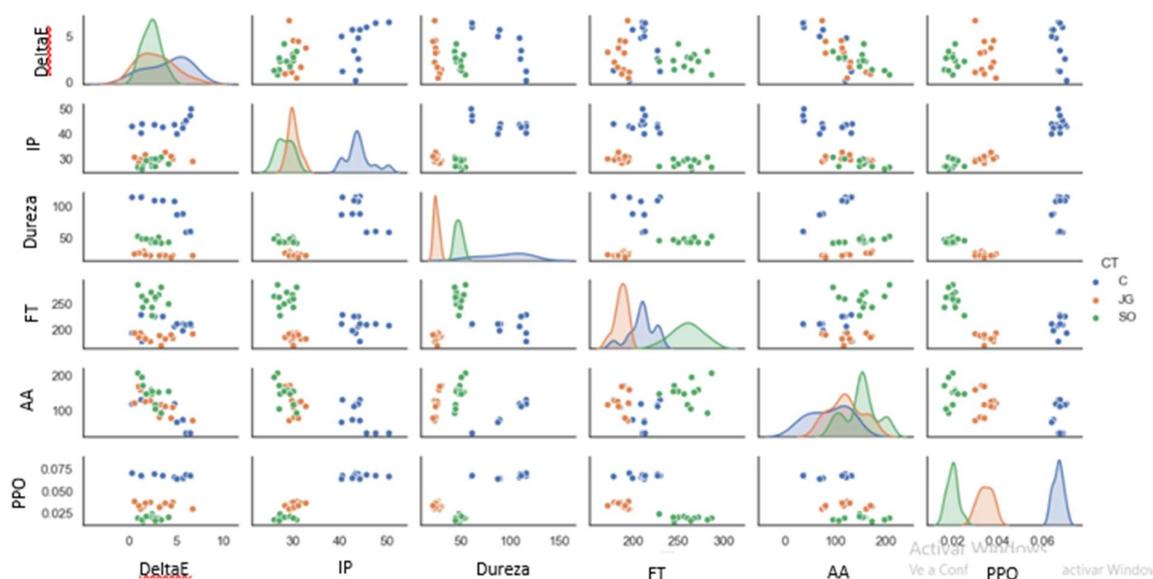


Figura 41. Análisis exploratorio general de las variables de calidad: DeltaE, IP, Dureza, FT, AA y PPP de las muestras control y tratadas en solución de sorbirol y jarabe de glucosa de la variedad SP.

En el cambio de color (DeltaE), las muestras presentaron un comportamiento solapado. En relación a las variables DeltaE y IP, la muestra control mostró mayor valor de DeltaE y mayor pardeamiento que las muestras tratadas. A su vez, se observó correlación lineal negativa entre el DeltaE y el contenido de AA, siendo mayor el cambio de color en la muestra control y menor su contenido de AA.

En el índice de pardeamiento, la muestra control tuvo un comportamiento diferente a las muestras tratadas con JG y SO, mostrando los mayores valores. Se observó que las variables IP y AA mostraron una correlación negativa; la muestra control mostró el mayor valor de IP y el menor contenido de AA comparado con las muestras tratadas.

El contenido de FT presentó un comportamiento diferente entre las muestras analizadas. Siguiendo la misma tendencia de lo observado con la variedad INN, se observó una correlación positiva entre las variables FT y AA. Al igual que lo expuesto anteriormente con la variedad INN, las muestras de la variedad SP mostraron un comportamiento similar frente a la variable AA, presentando mayor valor de AA la muestra tratada con SO.

En cuanto a la actividad de la PPO, las muestras analizadas mostraron un comportamiento diferente entre sí (curvas de distribución), siendo la muestra control y tratada con SO, la de mayor y menor PPO, respectivamente.

En las Figuras 42, 43 y 44 se muestran el comportamiento de las variables de calidad de la muestra control, muestra tratada en solución de jarabe de glucosa y de la muestra sumergida en

solución de sorbitol, respectivamente, de la variedad Spunta a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración.

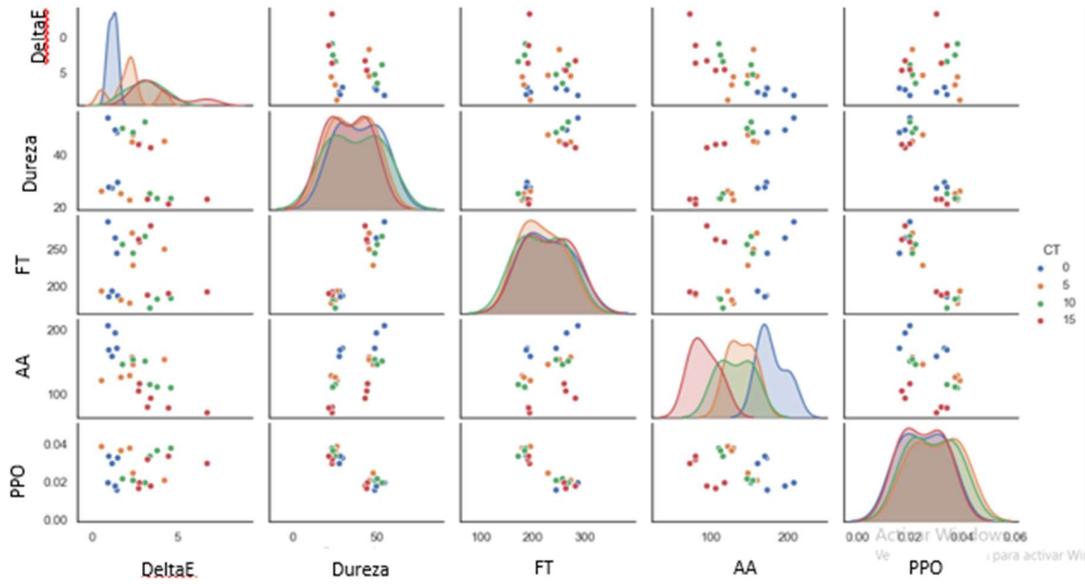


Figura 42. Análisis exploratorio general de las variables de calidad de las muestras control de la variedad SP a través del tiempo de almacenamiento.

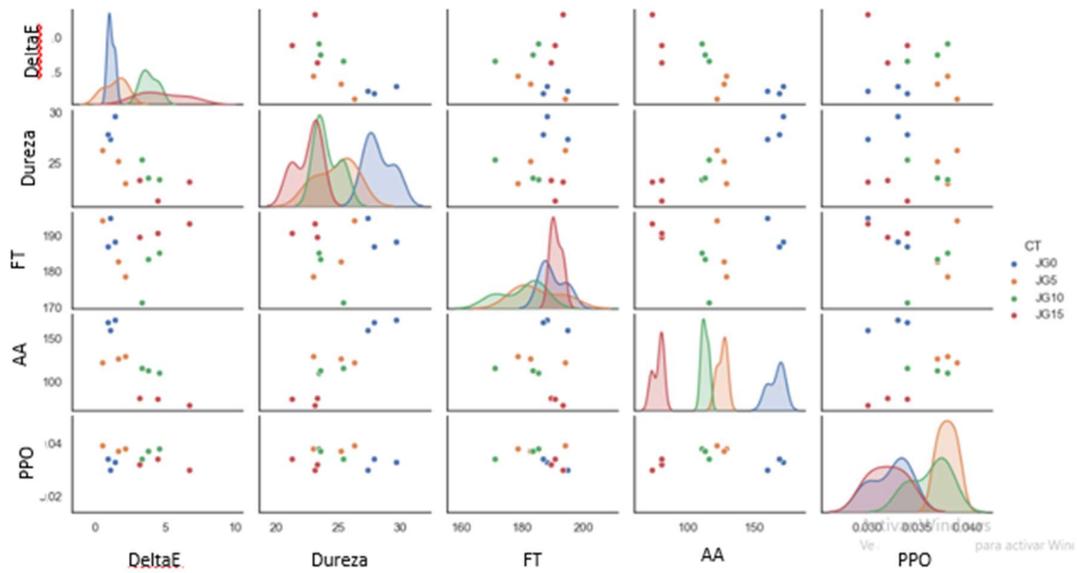


Figura 43. Análisis exploratorio general de las variables de calidad de las deshidratadas osmóticamente en solución de jarabe de glucosa de la variedad SP a través del tiempo de almacenamiento.

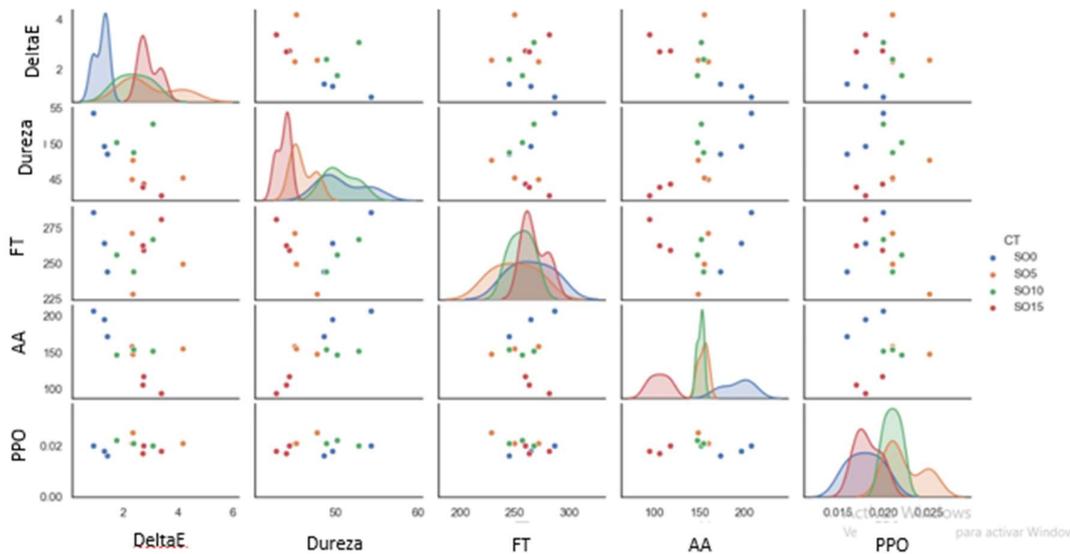


Figura 44. Análisis exploratorio general de las variables de calidad de las deshidratadas osmóticamente en solución de sorbitol de la variedad SP a través del tiempo de almacenamiento.

En las Figuras 42, 43 y 44 se observaron que la muestra control y las muestras deshidratadas osmóticamente en solución de jarabe de glucosa y sorbitol mostraron el mismo comportamiento respecto al tiempo de almacenamiento que las muestras de la variedad Innovator.

5.2. Análisis de componentes principales (ACP)

El análisis multivariado permite explorar, describir e interpretar los datos que provienen de las mediciones de varias variables sobre un mismo objeto en estudio. También provee herramientas para comprender la relación (dependencia) entre las variables medidas simultáneamente sobre la misma unidad, para comparar, agrupar y/o clasificar observaciones multivariadas e incluso para comparar, agrupar y clasificar variables. El análisis de componentes principales (ACP) es una alternativa para identificar variables relevantes, siendo un método estadístico de síntesis que identifica la información más importante. El procedimiento consiste en transformar el conjunto de variables originales en un nuevo conjunto de variables canónicas no relacionadas entre sí y ordenadas de forma decreciente respecto a la varianza. Así, los primeros componentes contienen la mayor variabilidad de los datos originales y se descarta el resto de componentes y a las variables correlacionadas con éstos (Khattree y Naik, 2000; Barbosa y col., 2006). En este trabajo, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) utilizando una matriz de correlación con el valor medio de cada una de las variables estudiadas.

La primera componente (CP1) fue definida por las variables: FT, AA, PPO, IP, dureza y DeltaE, mientras que la segunda componente (CP2) fue definida por FT y IP. La contribución de las seis variables a los dos primeros componentes se muestra en la Tabla 28. En la Figura 45, la CP1 representa el 83,3 % de la variabilidad total de las variables, mientras que la CP2 un 9,1%. Las dos primeras coordenadas (componentes) representan un 92% de la varianza total.

Según Arroyo y col. (2005), si el Biplot conformado por las CP1 y CP2 incluye más del 60% de la variabilidad total, éste es un porcentaje razonable de la variabilidad total y el ACP es suficiente para representar confiablemente las relaciones entre los casos en estudio y las variables.

Tabla 28. Contribución de las seis variables a los dos primeros componentes

Variables	CP1	CP2
FT	-0,82	0,49
AA	-0,96	0,04
PPO	0,98	0,08
IP	0,92	0,39
Dureza	0,84	-0,28
DeltaE	0,93	0,25

Por otro lado, en la Tabla 29 se observó una correlación positiva entre AA y FT, IP y PPO, Delta E y PPO y una correlación negativa alta entre FT y PPO, AA y PPO, AA y IP y AA y DeltaE.

Tabla 29. Correlaciones entre los atributos.

	FT	AA	PPO	IP	Dureza	DeltaE
FT	1					
AA	0,8	1				
PPO	-0,79	-0,98	1			
IP	-0,56	-0,87	0,94	1		
Dureza	-0,72	-0,77	0,75	0,67	1	
DeltaE	-0,66	-0,82	0,91	0,96	0,74	1

A su vez, a través del Biplot (Figura 45), se pueden interpretar las correlaciones entre variables según los ángulos de los vectores que los representan. Ángulos agudos indican correlaciones positivas, ángulos obtusos corresponden a correlaciones negativas y ángulos rectos indican que no hay correlación entre las variables (Balzarini y col. 2015). Según la Figura 45, se puede observar

que las variables IP, DeltaE y PPO estas relacionadas positivamente entre sí, mientras que el contenido de AA y IP, AA y PPO y AA y DeltaE se correlacionan negativamente. A su vez, existe una correlación positiva entre AA y FT. Estas relaciones entre las variables de calidad estudiadas afirman lo expresado anteriormente en el Capítulo 5, inciso 5.1.

Por otra parte, proyectando las muestras control y tratadas osmóticamente a los dos ejes y asociándolos con las variables analizadas (Figura 45), se observa que las muestras controles de las variedades de papa Innovator y Spunta se asocian con el IP, el DeltaE, la PPO y se relacionan negativamente con AA y FT. La variedad INN en la muestra control se asocia a la variable dureza. A su vez, las muestras tratadas con SO y JG de ambas variedades de papa se asocian con AA y FT y se asocian negativamente con la PPO, el IP y el DeltaE. Esto implica que el proceso de deshidratación osmótica permitió obtener cubos de papas mínimamente procesados con menor pardeamiento enzimático, menor cambio de color, menor actividad de la polifenoloxidasas y mayor contenido de ácido ascórbico y fenoles totales, lo que se traduce en un producto de mejor calidad comparado con el producto fresco.

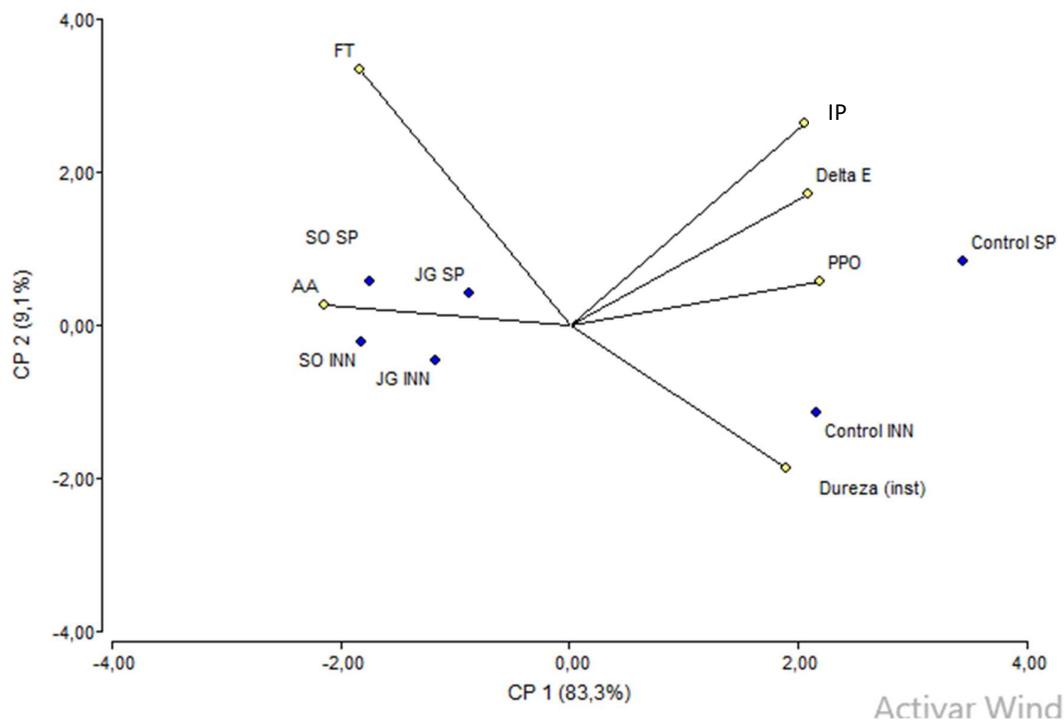


Figura 45. Biplot. Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales permitió visualizar la calidad fisicoquímica de los cubos de papa mínimamente procesados, agrupar las muestras según sus características y correlacionar los atributos evaluados entre sí. Si bien el proceso de deshidratación osmótica permitió obtener un

producto de papa mínimamente procesado de buena calidad fisicoquímica, éstos deben ser sensorialmente aceptables. Por lo tanto, es necesario determinar la calidad sensorial y la aceptabilidad del producto.

5.3. Análisis sensorial de cubos de papas mínimamente procesados

5.3.1 Caracterización sensorial de cubos de papas mínimamente procesados con panel entrenado

Se realizó la caracterización sensorial, mediante un panel previamente entrenado, de los cubos de papa control y DO en soluciones de JG y SO de 35%, con el agregado de NaCl 5% más 0,5% AA y 0,5% AC y hervidos, 15 minutos. Las condiciones del tratamiento osmótico fueron: temperatura de 40°C y el tiempo de inmersión fue de 2 horas, presión atmosférica y agitación forzada constante y se trabajó con una relación solución/masa de papa \cong 20/1. Se utilizó la Planilla 6 (Anexo 2), con escalas continuas creciente de 1 a 10 anclada en los extremos para expresar la intensidad percibida en cada atributo.

5.3.1.1 Apariencia general (AG)

Este atributo sensorial engloba todas las características generales de la muestra. La apariencia es el atributo de mayor importancia en alimentos frescos y mínimamente procesados, con aspectos primarios considerados como tamaño y uniformidad de color, brillantez y ausencia de defectos de contorno o aspecto de la piel (Falguera y col. 2011). La escala de intensidad utilizada va de 0 (mala AG) a 10 (buena AG).

La Figura 46 muestra la apariencia general de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator, hervidos a tiempo 0 (sin almacenar).

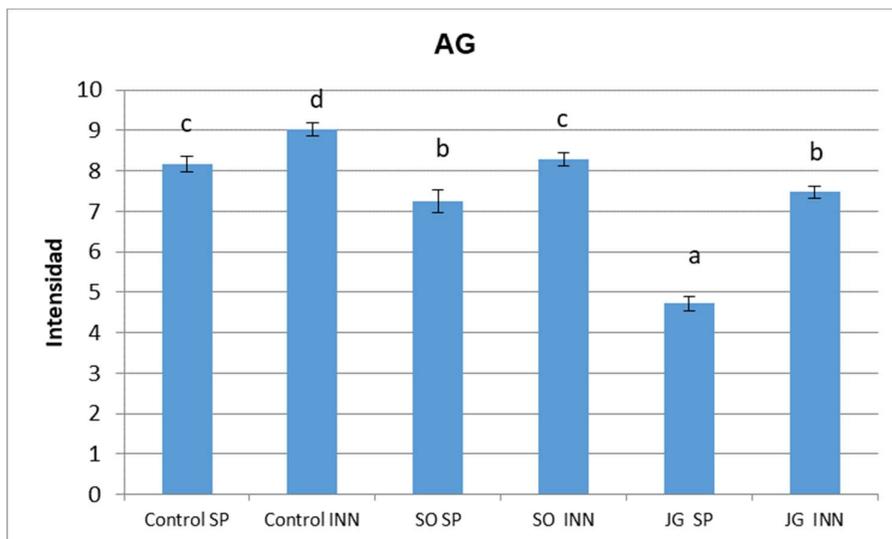


Figura 46. Apariencia General de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator, hervidos a tiempo 0 (sin almacenar). Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras.

Inicialmente, las muestras control de la variedad INN tuvieron una apariencia general mejor (puntaje=9,02) con respecto a la muestra control de SP (puntaje=8,17) ($p < 0,0001$). Las muestras tratadas en solución de SO mostraron una apariencia general mejor (8,28 y 7,24, para INN y SP, respectivamente) comparado con aquellas tratadas en solución de JG, (7,47 y 6,71 para INN y SP, respectivamente). La variedad de papa INN tuvo mejor apariencia general que la variedad SP para todos los tratamientos ($p < 0,0001$).

La Figura 47 muestra la apariencia general de las muestras control y DO a través del almacenamiento en refrigeración.

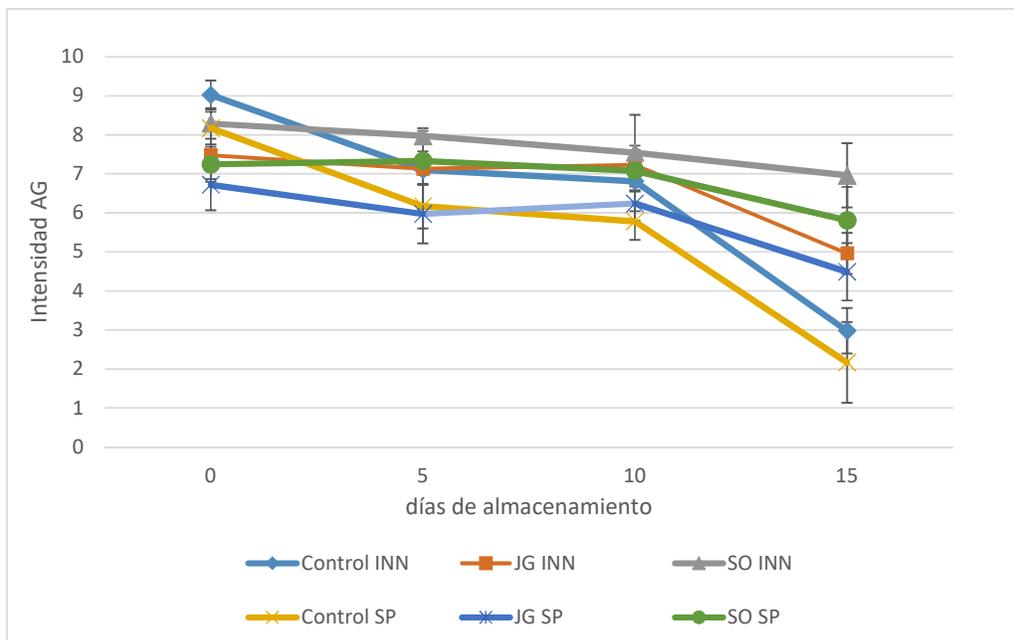


Figura 47. Apariencia General de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator hervidos, a través del almacenamiento a 4°C.

Se observó una disminución significativa de la apariencia general en todos los tratamientos y en las variedades estudiadas ($p < 0,0001$), siendo más pronunciada esta disminución de los 10 a los 15 días de almacenamiento. Al día 15 de almacenamiento las muestras control obtuvieron los menores valores de apariencia general (puntaje=2,97 y 2,16 para INN y SO), las muestras tratadas con JG presentaron valores intermedios (puntaje=4,96 y 4,48 para INN y SP) y las muestras DO con SO los mejores valores de apariencia general (puntaje=6,96 y 5,81 para INN y SP, respectivamente). Resultados similares a esta tesis fueron encontrados por Saúl Dussán-Sarria (2020), quien estudió la calidad sensorial de piñas mínimamente procesadas almacenadas y refrigeradas. Los frutos enteros fueron almacenados a 10°C durante 12 horas previamente al procesamiento mínimo (procesamiento: inmersión en solución de cloruro de calcio (CaCl_2) al 1% p/p, ácido cítrico al 1% p/p, ácido ascórbico al 1% p/p). Durante el almacenamiento refrigerado, considerando todos los tratamientos, la piña mínimamente procesada exhibió una tendencia a la disminución de los puntajes sensoriales. La aceptabilidad sensorial fue considerada hasta el día 12 de almacenamiento.

5.3.1.2. Olor

El olor es la propiedad organoléptica percibida por órgano olfatorio al interactuar con ciertas sustancias volátiles (Cetera, 2007). La escala utilizada es de intensidad de 0 (olor débil a papa hervida) a 10 puntos (intenso/característico a papa hervida).

La Figura 48 muestra la intensidad del olor de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator, hervidos a tiempo 0 (sin almacenar).

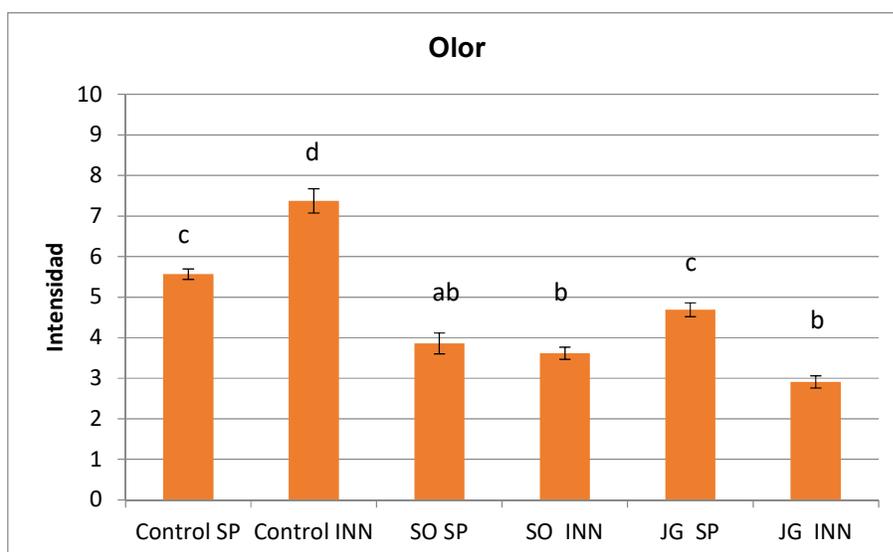


Figura 48. Olor de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator, hervidos a tiempo 0 (sin almacenar). Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos para cada variedad de papa.

La muestra control de la variedad Innovator sin almacenar, tuvo el mayor olor característico a papa (puntaje=7,37) comparado con la muestra control de la variedad Spunta (puntaje= 5,57) ($p=0,0042$). En la evaluación de olor característico a papa hervida se encontraron diferencias significativas ($p < .00001$) entre las muestras tratadas, siendo mayor aquella tratada en solución de JG de la, variedad Spunta. Los cubos de papa tratados con SO tuvieron mayores puntajes en este atributo (3,62 para INN) con respecto a los sumergidos en JG (2,91 para INN). Sin embargo, para la variedad SP, los cubos sumergidos en SO tuvieron menos olor característico (3,86) con respecto a aquellos sumergidos en JG (4,68).

La Figura 49 muestra la variación de la intensidad del atributo olor de los cubos de papa control y DO hervidos, a través del almacenamiento durante 15 días en refrigeración.

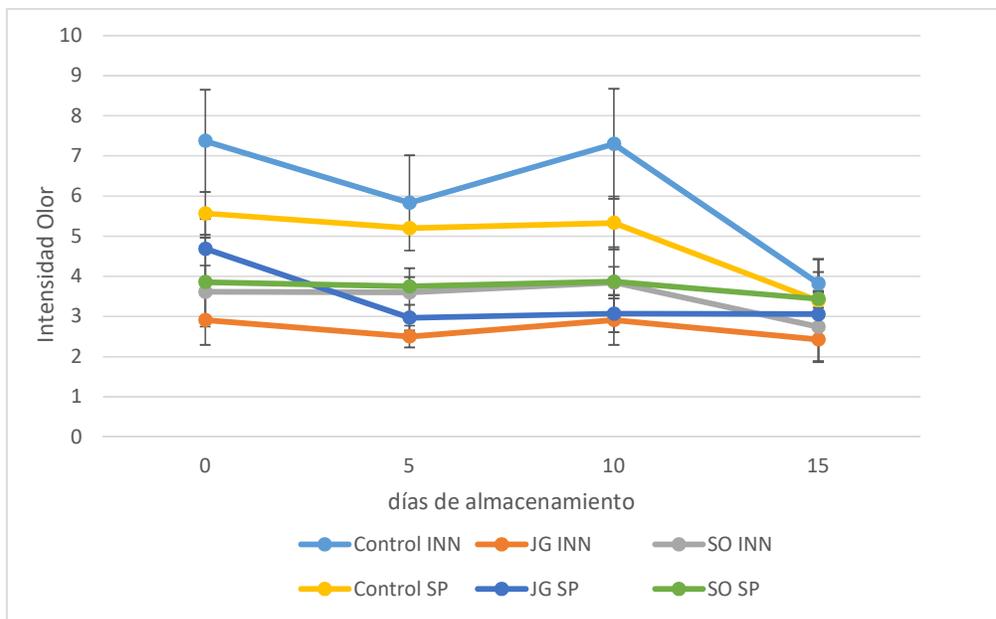


Figura 49. Olor característico a papa hervida de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator hervidos, a través del almacenamiento a 4°C.

Las muestras control disminuyeron significativamente el olor característico a papa hervida a los 15 días de almacenamiento (puntaje=3,82 y 3,39 para INN y SP, respectivamente) ($p < 0,0001$). Las muestras DO no mostraron cambios en este atributo durante el almacenamiento.

Delgado Palma (2014) realizó el análisis sensorial de trozos de papaya deshidratadas osmóticamente en solución de sacarosa (procesamiento: solución de 50°Brix con y sin cloruro de sodio 0.10%, relación jarabe/fruta 4/1 a 27°C durante 2h) durante el almacenamiento en refrigeración y concluyó que durante el proceso de deshidratación osmótica no existe variación en el olor de las muestras, en concordancia con lo obtenido en la presente tesis.

5.3.1.3 Color

El color es de suma importancia en vegetales frescos y cortados, dada la oxidación y ennegrecimiento enzimático que se puede presentar rápidamente al tener contacto éstas con el oxígeno resultando en una decoloración. Según Resende y col. (2004) la apariencia es el atributo que más causa impacto a la hora de escoger, por parte del consumidor, siendo el color la característica más relevante, constituyéndose en el primer criterio para su aceptación o rechazo.

La Figura 50 presenta los valores de intensidad de color (0= amarillo débil a 10=amarillo fuerte/marrón) de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator, hervidos a tiempo 0 (sin almacenar).

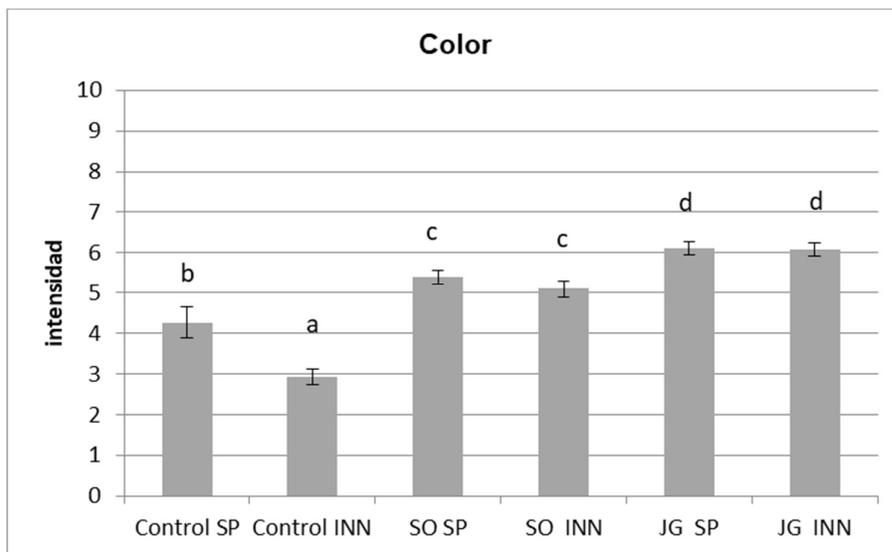


Figura 50. Color de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator, hervidos a tiempo 0 (sin almacenar). Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras.

El color de los cubos de papa hervidos, sin almacenar, fue significativamente menor (más amarillo claro) en la muestra control de la variedad Innovator (puntaje = 2,93) comparado con Spunta que presentó valores de este atributo mayores, es decir con una tonalidad más amarillenta (puntaje= 4,27) ($p < 0,0001$). Estos resultados coinciden con Trincherero y col. (2006), quienes observaron que las papas hervidas de las variedades Araucana, Frital y Kennebec no mostraron diferencias significativas entre sí y obtuvieron los valores más bajos de intensidad de color que corresponden a la tonalidad blanca. En dicho trabajo, las variedades Santana y Spunta tampoco mostraron diferencias significativas entre sí observándose en ellas los valores más altos, correspondientes a la tonalidad amarilla. En dicho trabajo, la variedad Innovator presentó valores intermedios.

Cuando los cubos fueron tratados, las muestras deshidratadas en JG presentaron un color más amarillo (puntaje de 6,08 y 6,11, para INN y SP, respectivamente), con respecto a las muestras tratadas con solución de SO (puntaje 5,10 y 5,40 para INN y SP, respectivamente). Este resultado coincide con el evaluado instrumentalmente midiendo el parámetro b^* (amarillamiento) (Capítulo 4, inciso 4.2.2). Esto está relacionado con el contenido y la naturaleza del sólido incorporado a la matriz del tejido vegetal. Además, esto puede deberse a que el sorbitol tiene un efecto protector en el color (Torregiani y col.1995 a). Principalmente, el efecto de amarillamiento luego de DO se debe a que los componentes del jarabe de glucosa (glucosa, maltosa y maltotriosa) intervienen en la reacción de Maillard mientras que el sorbitol no participa de dicha reacción.

En la Figura 51 se observa la variación de color de las muestras control y DO hervidas, a través del almacenamiento en refrigeración.

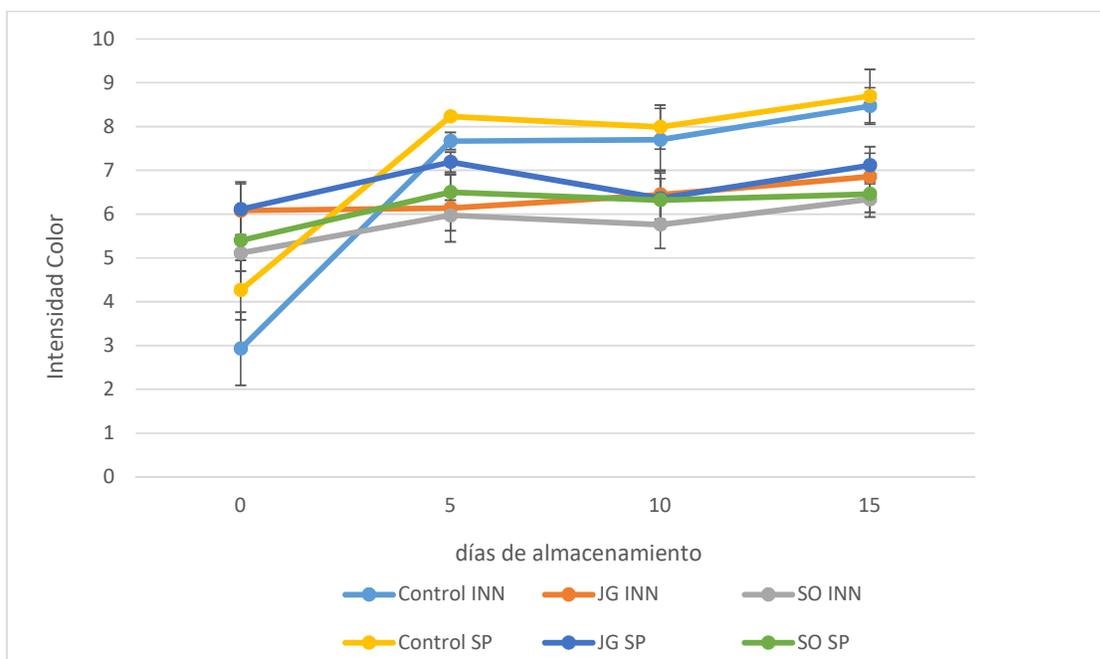


Figura 51. Variación del color de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator hervidos, a través del almacenamiento a 4°C.

El color de las muestras control aumento significativamente con el tiempo de almacenamiento ($p < 0.0001$) obteniendo puntajes de 8,34 y 8,69 para INN y SP, respectivamente. Las muestras DO aumentaron paulatinamente su color con el tiempo de almacenamiento, alcanzando valores menores (más claros) a los de las muestras control al final del almacenamiento. Las muestras DO con SO fueron más claras comparadas con las muestras DO con JG en ambas variedades durante el almacenamiento ($p = 0.025$). Estos comportamientos coinciden con los obtenidos instrumentalmente evaluando el parámetro a^* (rojizo-marrón) (Capítulo 4, inciso 4.2.2).

5.3.1.4 Sabor

El sabor es la combinación compleja de sensaciones olfativas, gustativas y trigeminales percibidas durante la degustación (Cetera, 2007). El sabor característico a papa hervida se evaluó en un rango de 0= débil a 10=intenso.

La Figura 52 muestra la intensidad del sabor de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator, hervidos a tiempo 0 (sin almacenar).

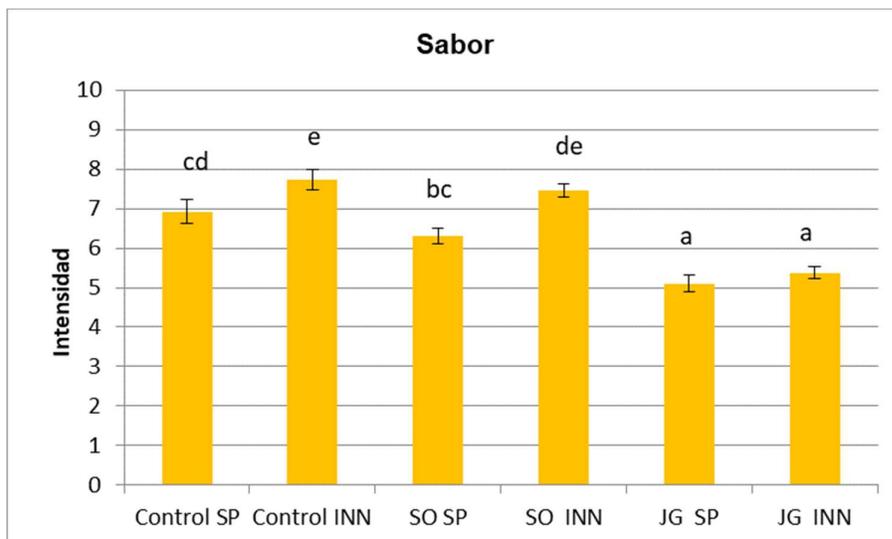


Figura 52. Sabor de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator, hervidos a tiempo 0 (sin almacenar). Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras.

Inicialmente, el sabor característico a papa hervida fue significativamente más intenso en la muestra control de la variedad Innovator (puntaje= 7,71) con respecto a la variedad Spunta (puntaje=6,92) ($p < 0,0001$). A su vez cuando las muestras fueron tratadas en solución de DO, el sabor característico a papa disminuyó, siendo menor en las muestras tratadas en solución de JG (puntaje= 5,31 y 5,1, para INN y SP, respectivamente) con respecto a las muestras DO con SO (puntaje=7.46 y 6.29, para INN y SP, respectivamente). El sabor encontrado en las muestras DO fue independiente de la variedad de papa utilizada. Los panelistas no detectaron diferencias significativas ($p = 0,074$) en el sabor de las muestras control y DO a través del almacenamiento de las mismas (datos no mostrados).

Hernández (2013) evaluó la calidad sensorial general de los vegetales mínimamente procesados después de 24 horas de almacenamiento a $8 \pm 2^\circ\text{C}$ y humedad relativa de $90 \pm 5\%$. El tratamiento de baño químico utilizado por dicho autor (solución de ácido ascórbico 0,05%, ácido cítrico 0,5% y cloruro de calcio 0,05%) por aspersion mostró una disminución del sabor para el apio, brócoli y zucchini.

5.3.1.5 Dureza

La textura de vegetales frecuentemente se considera en términos de firmeza, crujencia, jugosidad, y dureza (atribuida a la fibrosidad del tejido vegetal), donde el tejido firme o crujiente es generalmente buscado en vegetales frescos y mínimamente procesadas. El atributo dureza a diferencia de los demás depende de la variedad de papa utilizada y la calidad de la materia prima inicial. La intensidad de atributo se midió de 0= blando a 10=duro.

La Figura 53 muestra los valores de dureza dados por el panel de evaluadores de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator, hervidos a tiempo 0 (sin almacenar).

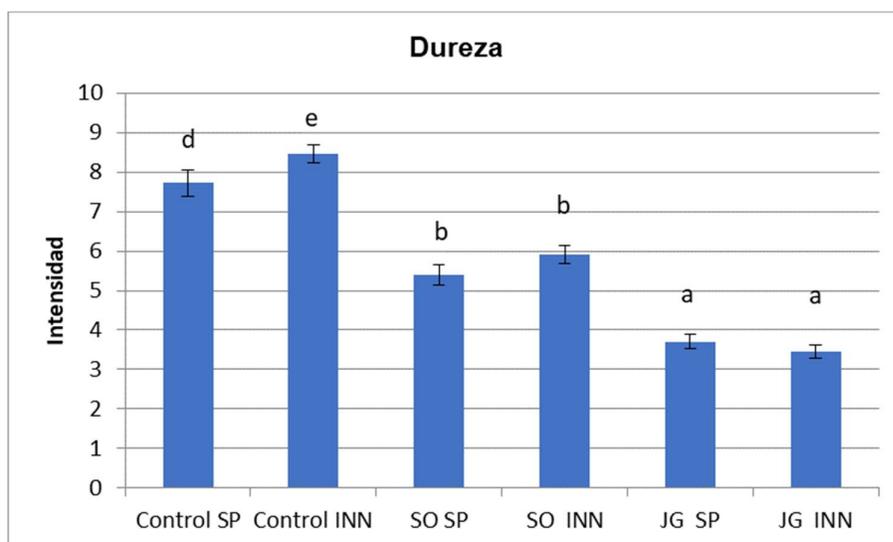


Figura 53. Dureza de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator, hervidos a tiempo 0 (sin almacenar). Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras.

La muestra control de INN presentó una mayor dureza (puntaje=8,47) comparada con la muestra control de SP (puntaje=7,71). Innovator tiene mayor contenido inicial de sólidos (22%) comparado con los de la variedad Spunta (17%). Estos resultados coinciden con Trincherro y col (2006). Ellos encontraron diferencias significativas en la firmeza entre las variedades de papas estudiadas. Luego del tratamiento de DO, la dureza disminuyó significativamente ($p < 0.0001$). A su vez el soluto empleado para la DO también tuvo efecto en la dureza de los cubos de papa. Las muestras hervidas tratadas con SO tuvieron mayor dureza (puntaje= 5,91 y 5,4 para INN y SO, respectivamente) que las tratadas en solución de JG (puntaje= 3,44 y 3,70 para INN y SP, respectivamente). Estos resultados de dureza de los cubos de papa DO hervidos obtenidos mediante un panel entrenado se correlacionan con los resultados obtenidos instrumentalmente, en donde la dureza de los cubos sin hervir fue mayor en la muestra control y luego de la DO disminuyó siendo mayor en los cubos de papa DO con sorbitol comparado con las muestras DO con jarabe de glucosa (Capítulo 4, inciso 4.2.4).

La Figura 54 muestra los valores de intensidad de la dureza percibido por el panel en las muestras control y DO hervidas, a través del almacenamiento a 4°C durante 15 días.

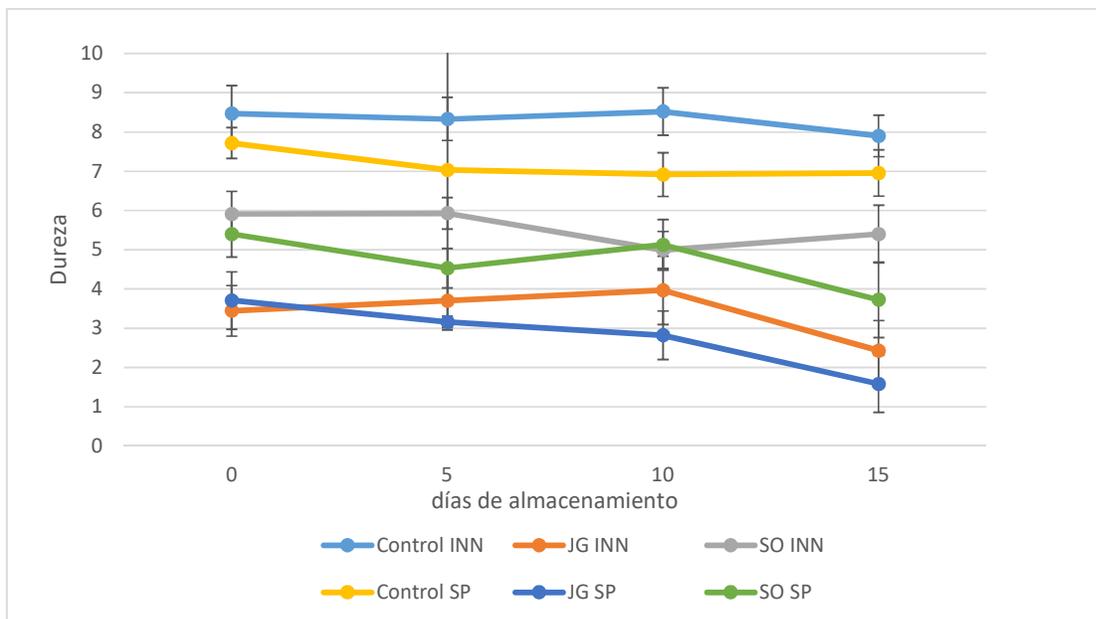


Figura 54. Variación de la dureza de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator hervidos, a través del almacenamiento a 4°C.

El panel sensorial detectó un ablandamiento de las muestras hervidas al día 15 de almacenamiento ($p=0,0013$), siendo más duras las muestras control (puntaje=7,9 y 6,95, para INN y SP), valores intermedios para las muestras DO con SO (5.4 y 3.72, para INN y SP) y las más blandas las muestras DO con JG (puntaje=2,42 y 1,58 en INN y SP, respectivamente). Esto también se vió reflejado en la evolución en la microestructura de las muestras sin hervir durante el período de almacenamiento en donde se observaron células más encogidas y sus paredes aparecieron con más pliegues y más relieve comparadas a las muestras DO sin almacenar, siendo más notorio este comportamiento en las muestras DO con JG. Estos resultados también siguen la tendencia observada en la medición de la dureza de las muestras sin hervir con el texturómetro (Capítulo 4, inciso 4.2.4).

Similares resultados fueron encontrados por Hernandez y col (2004), quienes estudiaron la calidad sensorial de mezcla de vegetales mínimamente procesados compuestos por brócoli, coliflor, zucchini, chayote, apio y zanahoria. Ellos observaron que la disminución de la calidad general en el tiempo de almacenamiento estaba relacionada con parámetros como la pérdida de la firmeza encontrada a través del análisis de textura bucal de vegetales.

5.1.3.6 Humedad

La intensidad del atributo humedad se midió de 0=seco a 10=húmedo. En la Figura 55 se observa la humedad de los cubos de papas control y los tratados en ambas soluciones y ambas variedades de papa, hervidos a tiempo 0 (sin almacenar).

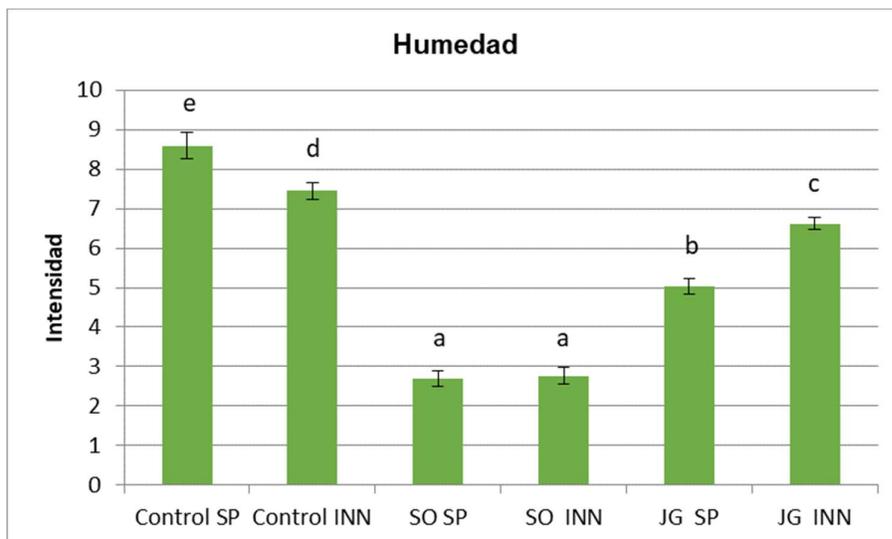


Figura 55. Humedad de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator, hervidos a tiempo 0 (sin almacenar). Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras.

Este atributo está relacionado con la variedad de papa utilizada y con la solución de DO empleada. Inicialmente, los cubos de papa hervidos control fueron más secos cuando se utilizó la variedad Innovator con respecto a la Spunta (puntaje= 7,45 y 8,58 para INN y SP, respectivamente). A su vez, cuando las muestras fueron tratadas con DO, en todos los casos la humedad disminuyó, percibiéndose como más seca las muestras tratadas en solución de SO (puntaje= 2,76 y 2,7 para INN y SP) y más húmeda las muestras DO con JG (puntaje= 6,62 y 5,02 para INN y SP, respectivamente) ($p < 0,0001$).

Este atributo está relacionado con el contenido inicial de sólidos de las papas, para las muestras control. También este atributo se relaciona con el contenido de almidón y/o de materia seca en la papa cruda. Cuanto mayor sean estos valores más seca es la papa. Estos resultados coinciden con Trinchero y col (2006), en donde muestran que las papas hervidas de la variedad Innovator fueron más secas que las muestras hervidas de la variedad Spunta, debido que la variedad Innovator presenta mayor contenido de materia seca y por lo tanto mayor contenido de almidón.

A su vez, para las muestras tratadas, estos resultados están en relación con los resultados obtenidos en la determinación del porcentaje de pérdida de agua de las muestras DO, siendo mayor en las muestras DO con SO y menor en las muestras DO con JG.

Los panelistas no detectaron cambios significativos en este atributo ($p > 0,05$) durante el tiempo de almacenamiento de las muestras control y DO (datos no mostrados).

En resumen, el proceso de deshidratación osmótico permitió obtener un producto mínimamente procesado de buena calidad sensorial. Además el proceso de DO permitió mantener la estabilidad

de la calidad durante el almacenamiento comparado con las muestras control, las cuales mostraron mayores cambios durante ese período de conservación.

5.3.2 Aceptabilidad sensorial de cubos de papa mínimamente procesados (consumidores)

Para conocer el grado de aceptabilidad de los consumidores se procedió a realizar una prueba hedónica para verificar si los cubos de papa hervidos 15 minutos, sometidos a los tratamientos propuestos tenían aceptación entre los consumidores. Las muestras evaluadas fueron realizadas al tiempo inicial, y a los 5, 10 y 15 días de almacenamiento en refrigeración. El límite fijado de aceptabilidad fue de 5 (en una escala hedónica de intensidad de 1= me disgusta extremadamente a 9 =me gusta extremadamente). Los atributos evaluados fueron aceptabilidad general, color, sabor y dureza. No se evaluó ni el olor ni la humedad de las muestras, ya que el panel entrenado no detectó cambios durante el almacenamiento de las muestras.

La Figura 56 muestra el grado de aceptabilidad para las muestras control y tratadas DO en las soluciones SO y JG, hervidas, de las dos variedades de papa estudiadas a través del tiempo de almacenamiento a 4°C para el atributo apariencia general (AG).

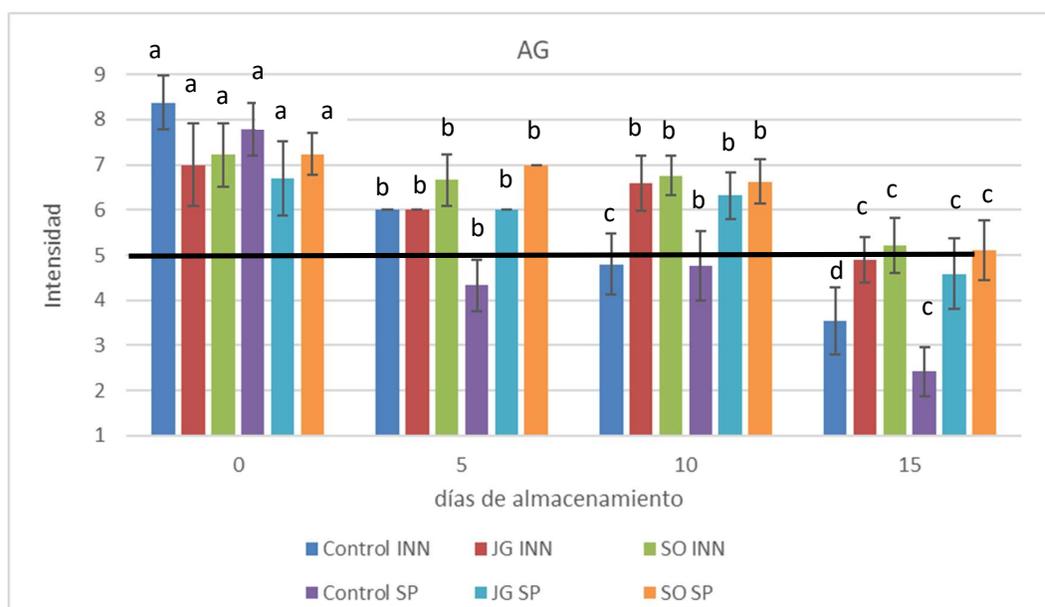


Figura 56. Aceptabilidad en el atributo apariencia general de los cubos de papa control y tratados con SO y JG hervidos, de las variedades Spunta e Innovator a través del almacenamiento a 4°C. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los días de almacenamiento para cada muestra.

Se observó una disminución significativa en la aceptabilidad de las muestras control al día 5 de almacenamiento (puntaje= 4,8 y 4,76 para INN y SP, respectivamente), y aún menor al día 15 de almacenamiento (puntaje=3,54 y 2,42 para INN y SP, respectivamente) ($p < 0,0001$).

En las muestras DO también se observó una disminución significativa ($p < 0,0001$) de la aceptabilidad en este atributo a los 15 días de almacenamiento. Cabe destacar, que a los 10 días de almacenamiento, las muestras fueron aceptadas por los consumidores (valores por encima del límite fijado (5)). Las muestras DO con SO obtuvieron valores por encima del límite fijado a los 15 días (puntaje=5,22 y 5,11 para INN y SP); las muestras DO con JG tuvieron valores por debajo del límite fijado a los 15 días de almacenamiento (puntaje=4,89 y 4,58 para INN y SP, respectivamente). Resultados similares a este trabajo de tesis fueron encontrados por Sgroppo y Sosa (2005), quienes trabajaron con anco cubeteado almacenado durante 9 días a 5°C, e informaron que los cambios en el aspecto superficial y la pérdida de la apariencia de “fresco” fueron los que le otorgaron un índice de calidad global a este producto inferior al límite de aceptabilidad establecido.

La Figura 57 muestra la aceptabilidad de las muestras control y DO hervidas, a través del almacenamiento en refrigeración teniendo en cuenta el atributo color.

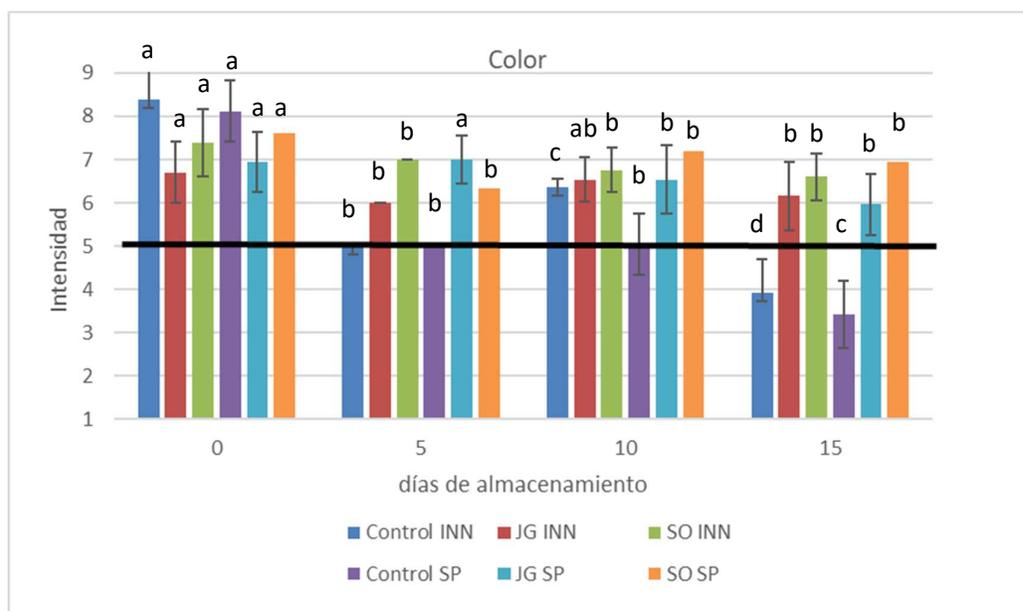


Figura 57. Aceptabilidad en el atributo color de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator hervidos, a través del almacenamiento a 4°C. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el tiempo de almacenamiento para cada muestra.

Se observó una disminución significativa de la aceptabilidad del color en las muestras control INN y SP a través del almacenamiento ($p < 0,0001$), llegando a valores por debajo del límite fijado al día 15 (puntaje=3,92 y 3,42, para INN y SP, respectivamente). En las muestras DO con SO y JG, la

aceptabilidad del color fue menor al día 15 respecto al tiempo 0; sin embargo, los valores alcanzados fueron mayores al control y al límite establecido (puntaje=6,6 y 6,68 para SO: INN y SP y puntaje=6,16 y 5,96 para JG: INN y SP, respectivamente).

La aceptabilidad teniendo en cuenta los atributos sabor y dureza de las muestras control y DO hervidas, a través del almacenamiento se muestran en la Figura 58 y 59, respectivamente.

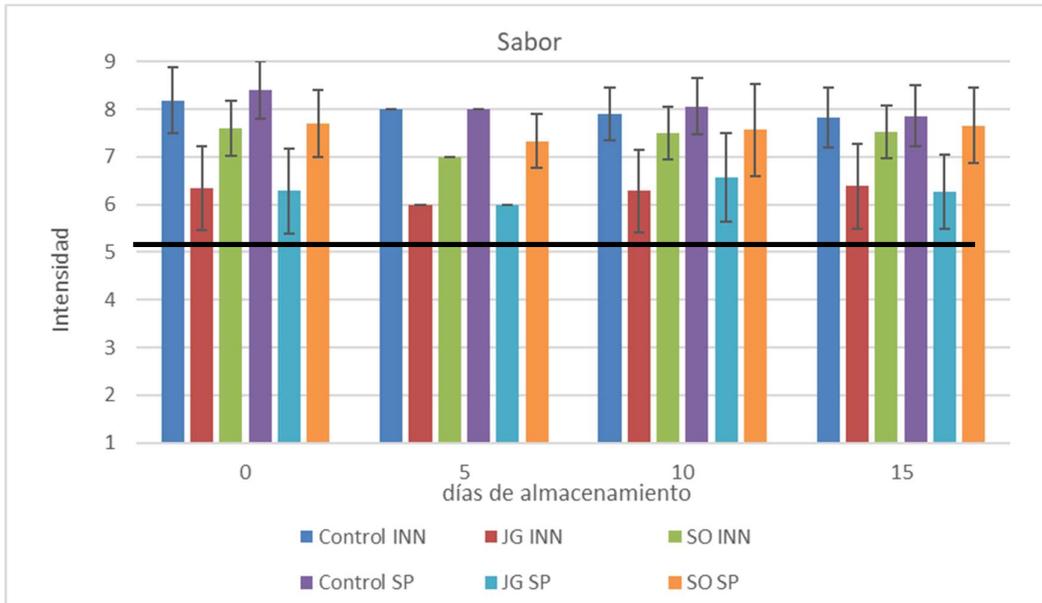


Figura 58. Aceptabilidad en el atributo sabor de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator hervidos, a través del almacenamiento a 4°C.

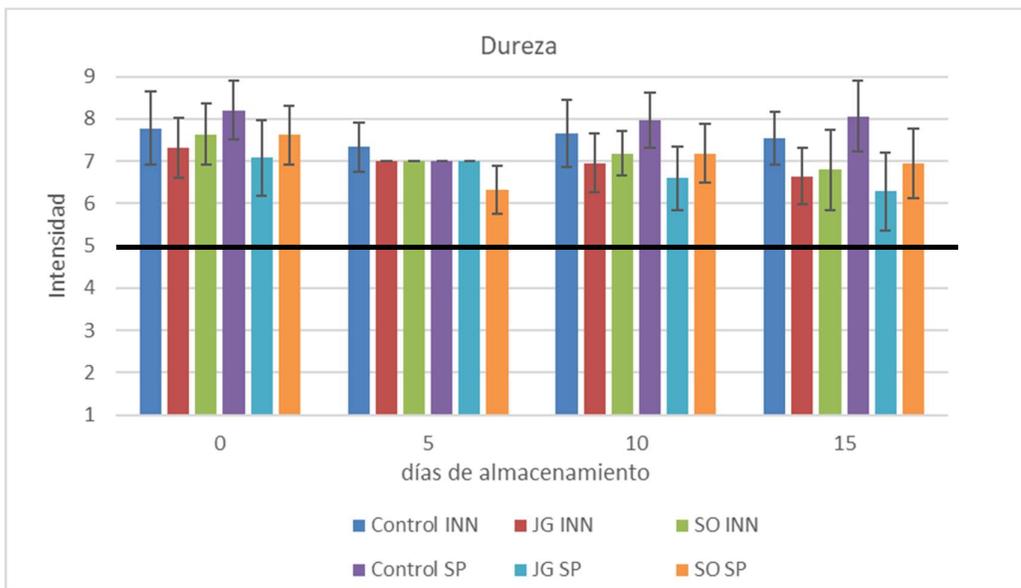


Figura 59. Aceptabilidad en el atributo dureza de los cubos de papa control y tratados con SO y JG de las variedades Spunta e Innovator hervidos, a través del almacenamiento a 4°C.

Los consumidores aceptaron las muestras control y DO hervidas, en los atributos sabor y dureza en los tiempos de almacenamientos estudiados ($p>0,05$). Resultados similares fueron obtenidos por Hernandez y col (2014) en mezclas de vegetales mínimamente procesados refrigerados (coliflor, zuchini, apio, zanahoria y chayote), siendo el atributo sensorial de sabor uno de los menos afectadas sensorialmente durante los 12 días de almacenamiento.

En resumen, se observó que en las muestras DO almacenadas y luego hervidas, la aceptabilidad del atributo apariencia general disminuyó, llegando en algunos casos por debajo del límite fijado (5) a los 15 días de almacenamiento. Por lo tanto, este atributo fue elegido como crítico para determinar la calidad del producto.

A su vez, estos estudios sensoriales (ensayos con panel entrenado y con consumidores) de los cubos de papa mínimamente procesados permitieron establecer la fecha de caducidad sensorial del producto, mediante un estudio de vida útil sensorial, realizado a partir de cambios sensoriales, determinado por aquellos atributos sensoriales que fueron críticos.

5.3.3 Vida útil sensorial (VUS)

Para determinar la VUS se utilizó la metodología de Punto de corte (PC), en donde la vida útil se estima como el tiempo necesario para alcanzar el valor del atributo que se corresponde con la mínima aceptabilidad tolerable. Para determinar la VUS se utilizó el atributo apariencia general, ya que fue el crítico que determinó la aceptabilidad de las muestras almacenadas y luego hervidas.

La Figura 60 muestra el punto de corte, correlacionando los datos obtenidos del panel entrenado y de los consumidores en el atributo crítico apariencia general de las muestras hervidas.

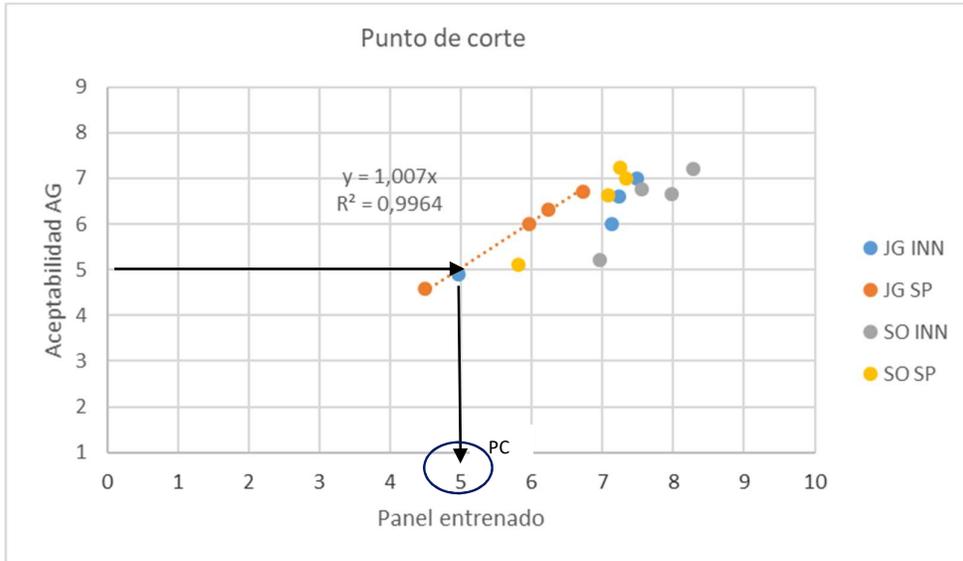


Figura 60. Punto de corte sensorial obtenido a través de la intensidad del atributo crítico (apariencia general) de las muestras hervidas evaluada por los consumidores (aceptabilidad) y por el panel entrenado.

A partir de la ecuación de la regresión entre la intensidad del atributo apariencia general de las muestras hervidas evaluadas por el panel entrenado y por los consumidores e interceptando la recta a partir del límite de aceptabilidad pre-establecido de 5, se obtuvo el punto de corte con un valor de 4,965 (eje x, Figura 60).

Luego, a partir de la ecuación de la regresión entre los datos de intensidad del atributo apariencia general de las muestras hervidas, obtenidos mediante el panel entrenado vs el tiempo de almacenamiento, e interceptando la recta con el valor de punto de corte calculado anteriormente, se obtuvo la vida útil sensorial del producto elaborado (eje x, Figura 61).

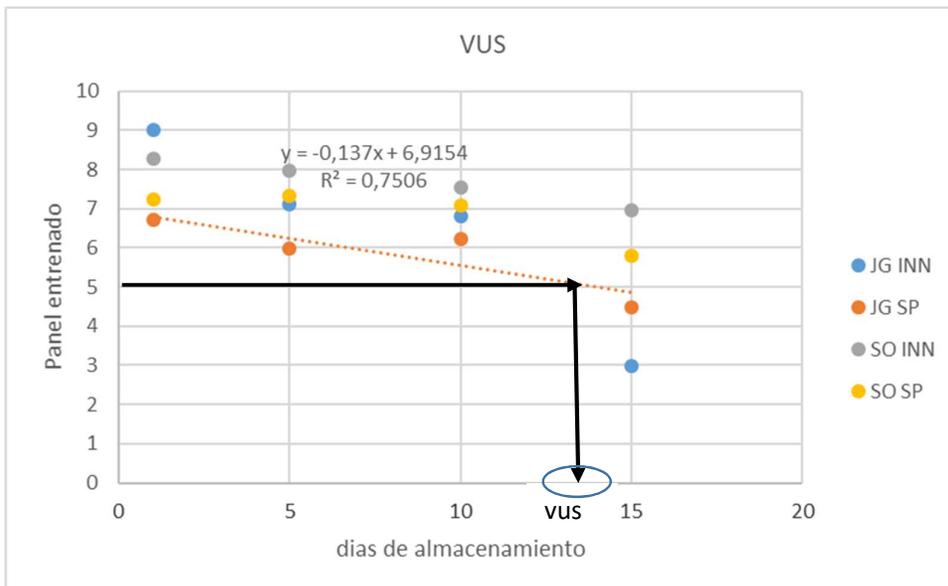


Figura 61. Vida útil sensorial de cubos de papa deshidratados osmóticamente

La vida útil sensorial de las muestras deshidratadas osmóticamente quedó definida por el atributo crítico de aceptabilidad general y fue de 14,23 días en refrigeración.

Algunos autores evaluaron la vida útil de diferentes productos mínimamente procesados. Kvapil (2019) observó que las muestras deshidratadas de anco tuvieron un mayor puntaje de calidad global con respecto al control y éstas presentaron una valoración superior al límite establecido hasta los 15 días. Ferrari y col. (2013) encontraron que los cubos de melón sometidos a DO y con recubrimiento comestible, mantuvieron su calidad sensorial hasta los 14 días mientras que Rodríguez y col (2008) observaron que rodajas osmodeshidratadas de mango lo hicieron hasta los 18 días. A su vez, Rodríguez y col. (2015) estudiaron la vida útil sensorial de hortalizas mínimamente procesadas (espinaca y anco) y concluyeron que estas pruebas sensoriales permitieron determinar el punto de corte durante el período de comercialización de las hortalizas estudiadas (7 días).

De acuerdo a los análisis realizados se pudo observar una adecuada calidad nutricional y fisicoquímica del producto mínimamente procesado. A su vez, la evaluación sensorial permitió caracterizar sensorialmente a los cubos mínimamente procesados, determinar la aceptabilidad de los mismos y definir la vida útil sensorial del producto, logrando obtener su fecha de caducidad y destacando de esta forma los beneficios potenciales que resultan del buen uso de la metodología de la evaluación sensorial.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES GENERALES

- ✓ En la presente investigación se estudió la calidad global de cubos de papas envasados y refrigerados con tratamientos previos de deshidratación osmótica, con el propósito de mantener/mejorar las características nutricionales, físico-químicas, estructurales, microbiológicas y sensoriales del producto elaborado y que tenga una vida útil mayor a la del producto fresco envasado y almacenado en las mismas condiciones.
- ✓ Para ello, en la primera parte se ajustaron las condiciones más favorables para el proceso de deshidratación osmótica de los cubos de papa de la variedad Innovator y Spunta, teniendo en cuenta las variables de proceso (tiempos, temperatura, solutos y concentración de la solución osmótica) sobre la cinética de transferencia de materia (pérdida de agua y ganancia de sólidos) y la aceptabilidad sensorial del producto DO. En las primeras horas del proceso de deshidratación osmótica, se observó una notable velocidad de pérdida de agua, tendiendo al equilibrio a partir de la 2 h de proceso. También se observó una mayor pérdida de agua cuando las muestras se sumergieron en solución de 45%. La temperatura influyó significativamente en la pérdida de agua de las muestras, siendo mayor a 60°C. A su vez, las muestras DO tuvieron mayores valores de PA cuando fueron sumergidas en solución de sacarosa. A su vez, en las primeras horas del proceso, también se observó una mayor ganancia de sólidos a las distintas temperaturas ensayadas, siendo más notorio a 60°C. Sin embargo, después de 2 a 3h de deshidratación osmótica, se observó, una tendencia a ganar sólidos levemente gradual. También se observó una mayor ganancia de sólidos en los cubos de papas sumergidos en soluciones de mayor concentración y cuando se deshidrataron osmóticamente los cubos de papa en solución de sorbitol. Ambos resultados fueron independientes de la variedad de papa utilizada en el proceso de deshidratación osmótica.
- ✓ Se modelaron las cinéticas de deshidratación osmótica utilizando los modelos matemáticos del tipo empíricos como los de Peleg y Azuara, los que permitieron ajustar los datos experimentales de manera satisfactoria. Si bien los modelos de Peleg y Azuara predijeron los valores de equilibrio para la humedad, la pérdida de agua y ganancia de sólidos de manera similar, los modelos de Peleg permitieron obtener un mejor ajuste de los datos experimentales.
- ✓ Por lo tanto, a partir de los resultados obtenidos en esta tesis, se concluye que las condiciones finales de operación más apropiadas fueron: un tiempo de proceso de 2 horas y una temperatura moderada de 40°C, la cual permitió también obtener una pérdida de agua favorable y menor ganancia de sólidos y una concentración de solutos de 35%, la cual permitió obtener una pérdida de agua y ganancia de sólidos intermedias. A esta solución se le agregó NaCl: 5% y antioxidantes: 0,5% AA + 0,5% AC. Los solutos elegidos para el

tratamiento de deshidratación osmótica fueron sorbitol y jarabe de glucosa, excluyendo a la sacarosa por su mayor poder edulcorante y sabor dulce no aceptado por los panelistas.

- ✓ Se evaluaron los parámetros de transferencia de masa en las condiciones establecidas anteriormente, en las variedades Innovator y Spunta. La pérdida de agua y ganancia de sólidos dependió del soluto utilizado para la deshidratación osmótica, siendo mayor cuando se utilizó el sorbitol como agente deshidratante y no hubo diferencia de acuerdo a las variedades estudiadas. Sin embargo, se continuó el estudio en las diferentes variedades de papa ya que están directamente relacionadas con la calidad final de los productos.
- ✓ Se evaluó el efecto del espesor de envases utilizados en los productos de papa mínimamente procesados para su almacenamiento. Se determinó que el envase que permitió una permeabilidad adecuada de oxígeno para que se cumpla el metabolismo básico que necesita el vegetal para no producir fermentaciones y para evitar el pardeamiento enzimático en un tiempo determinado de almacenamiento en refrigeración es el envase de polietileno de baja densidad de un espesor de 70 μm . Además, este envase otorga al producto mínimamente procesado una adecuada protección.
- ✓ Se estudió la calidad global del producto obtenido y su variación a través del tiempo de almacenamiento en refrigeración, considerando aspectos nutricionales, fisicoquímicos, texturales, microbiológicos y sensoriales:
- ✓ Los parámetros nutricionales y fisicoquímicos fueron afectados por la variedad de papa utilizada, el soluto empleado como agente deshidratante en el proceso de deshidratación osmótica y por el tiempo de almacenamiento del producto en refrigeración.
- ✓ El contenido de fenoles totales y de ácido ascórbico, la actividad de la polifenoloxidasa, el color y el índice de pardeamiento varió de acuerdo a la variedad de papa utilizada para la elaboración del producto mínimamente procesado, siendo Innovator la variedad de menor contenido de FT, menor actividad de la PPO y mayor contenido de AA, provocando un menor oscurecimiento en las papas (mayor valor absoluto del parámetro a^*) y presentando un menor índice de pardeamiento con respecto a la variedad Spunta. A su vez, el contenido de ácido ascórbico de las muestras controles disminuyó con el tiempo de almacenamiento en refrigeración, mientras que el IP aumentó con el tiempo de almacenamiento, mostrando una coloración más rojiza (menor valor absoluto de a^*) y con mayor cambio de color (DeltaE).

- ✓ El contenido de fenoles totales y ácido ascórbico aumentó luego de aplicar el tratamiento de deshidratación osmótica, siendo mayor en los cubos de papa deshidratados osmóticamente en solución de sorbitol. A su vez, la actividad de la polifenoloxidasasa se redujo debido al tratamiento osmótico de las muestras, siendo mayor en las muestras DO con jarabe de glucosa.
- ✓ Los cubos de papa deshidratados osmóticamente en solución de sorbitol presentaron un color más claro, menos amarillo y rojizo y con menor pardeamiento que las sumergidas en solución de jarabe de glucosa.
- ✓ El tiempo de almacenamiento en refrigeración de los cubos de papa mínimamente procesados afectó al contenido de ácido ascórbico, provocando una disminución del mismo, mientras que el contenido de fenoles totales y la actividad de la PPO no fueron afectados. Se evidenció una mayor coloración rojiza (menor valor absoluto de a^*) en las muestras cuando fueron almacenadas durante 15 días a 4°C.
- ✓ Se observaron cambios estructurales en las muestras inducidos por el tratamiento osmótico que afectaron el comportamiento mecánico del tejido. Este comportamiento fue acompañado de una disminución de la dureza de las muestras tratadas y cambios a nivel microestructural, dependiendo del soluto utilizado en el tratamiento, siendo más afectadas las muestras tratadas en solución de jarabe de glucosa. A su vez, estos cambios macro y micro estructurales en las muestras se vieron afectados por el período de almacenamiento en refrigeración.
- ✓ La calidad sensorial de los cubos mínimamente procesados y hervidos se evaluó a través de un panel entrenado y mediante la aceptabilidad por parte de los consumidores. El panel sensorial permitió obtener un perfil descriptivo de las muestras hervidas y la variación de las características sensoriales de las mismas a través del tiempo de almacenamiento. El panel de consumidores permitió evaluar la aceptabilidad del producto mínimamente procesado y hervido. Los atributos sensoriales evaluados variaron al aplicar el tratamiento osmótico, y dependieron del soluto utilizado para el tratamiento osmótico, e independiente de la variedad de papa utilizada. Los atributos apariencia general, color y dureza disminuyeron su puntaje cuando las muestras fueron almacenadas en refrigeración y posteriormente hervidas.
- ✓ En función a los límites microbiológicos fijados, se consideró que el producto se mantuvo estable frente al deterioro microbiano en el lapso de tiempo analizado, sin embargo, la vida

útil sensorial del producto de papa mínimamente procesado en refrigeración fue de 14,43 días.

- ✓ A partir de los resultados y conclusiones alcanzadas en esta tesis, se puede demostrar que la tecnología aplicada permitió lograr cubos de papas mínimamente procesados refrigerados con una vida útil mayor a la de las papas frescas refrigeradas, con óptima calidad nutricional, físico-química, sensorial y microbiológica.
- ✓ Estos estudios realizados son base de procesos innovativos asociados a aspectos relacionados con las características sensoriales, nutricionales, estructurales y a procesos de preservación que permiten asegurar la calidad global de los alimentos hortícolas y aumentar la vida útil del producto y lograr alimentos con características similares al producto fresco y de mayor calidad. Los resultados contribuyen al desarrollo de nuevas formas de producción y comercialización de productos frescos, cortados, aumentando su valor agregado y haciéndolos más atractivos y fáciles de preparar para el consumidor y promoviendo el desarrollo local, con una tecnología de sencilla implementación y bajo costo.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Como continuación del presente trabajo se propone estudiar otra forma geométrica del alimento (por ejemplo, bastones de papas) congelados y/o refrigerados con pre tratamiento de deshidratación osmótica.

También se propone realizar el tratamiento de deshidratación osmótica con el agregado de diferentes tipos de antioxidantes, como por ejemplo la utilización de antioxidantes naturales obtenidos de descartes y residuos de la producción de frutas ricas en ácido ascórbico.

Estas propuestas surgen de las necesidades del mercado, restaurantes y de empresas productoras de productos de papas de Balcarce y sus zonas aledañas.

NOMENCLATURA

AA: ácido ascórbico

AA: ácido ascórbico (mg AA 100g peso fresco⁻¹)

AC: ácido cítrico

CAA: Código Alimentario Argentino

CINa: cloruro de sodio

DO: deshidratación osmótica

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

FT: fenoles totales (mg FT 100g peso fresco⁻¹)

GS: ganancia de sólidos (%)

H: contenido de humedad (g de agua 100g de muestra⁻¹)

H₀: contenido de humedad inicial (g de agua 100g de muestra⁻¹)

H_e: humedad en equilibrio (g de agua 100g de muestra⁻¹)

IP: índice de pardeamiento

JG: jarabe de glucosa

L*: luminosidad

m: masa el tiempo t (g)

m₀: masa inicial (g)

OMS: la Organización Mundial de la Salud

PA: pérdida de agua (%)

PA_∞: es la pérdida de agua a tiempo infinito (%)

PE: pardeamiento enzimático

PP: pérdida de peso (%)

PPO: polifenoloxidasas (cantidad de enzima que causa un cambio en la absorbancia de 0.1 por minuto)

QDA: Análisis Descriptivo Cuantitativo

SA: sacarosa

SO: sorbitol

T: temperatura

t: tiempo

µm: micrones

VMP: vegetales mínimamente procesados

VU: vida útil

VUS: vida útil sensorial

DeltaE: cambio de color

BIBLIOGRAFÍA

- Abers, J. E. y Wrolstad, R. E. (1979). Causative Factors of Color Deterioration in Strawberry Preserves During Processing and Storage. *Journal of Food Science*, 44 (1), 75-78.
- Agnelli, M.E., Marani, C.M. y Mascheroni, R.H. (2005). Modelling of heat and mass transfer during (osmo) dehydrofreezing of fruits. *Journal of Food Engineering*, 69(4), 415-424.
- Aguayo, E., Requejo-Jackman, C., Stanley, R. y Woolf, A. (2010). Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest Biology and Technology*, 57 (1), 52-60.
- Aguilar, L., Martínez, M. A., Barrientos, A.F., Aguilar, N. y Gallegos, C. (2007). Potencial de oscurecimiento enzimático de variedades de nopalitas. *J. Prof. Assoc. Cactus Develop.*, 9, 165-184.
- Ahvenainen, R. (1996) New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 7, 179-187.
- Alakali, J., Ariahu C. y Nkpa. N. (2006). Kinetics of Osmotic Dehydration of Mango. *Journal of Food Processing and Preservation (en línea)*, 30(5), 597-607.
- Al-Saikhán, M. S; Howard L. R. and Miller, Jr J. C. (1995). Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum* L). *Journal of Food Science*, 60 (2), 341-343, 347.
- Alvarez, C. A., Aguerre, R., Gómez, R., Vidales, S., Alzamora, S. M. y Gerchenson, L. N. (1995). Air dehydration of strawberries: effects of blanching and osmotic pretreatments on the kinetics of moisture transport. *Journal of Food Engineering*, 25, 167-178.
- Alzamora, S. M., Gerchenson, L. N., Vidales, S. y Nieto, A. B. (1997). Structural changes in the minimal processing of fruits: some effects of blanching and sugar impregnation. En: *Food engineering 2000*. Eds.: Fito, P.; Ortega – Rodríguez, E. y Barbósa – Cánovas, G. V. Chapman y Hall. New York, Estados Unidos, 8, 117-140.
- Alzamora, S.M. (1998). Application of combined factors technology in minimally processed foods. En *Sous vide and cook-chill processing for the food industry*. Aspen Publishers, Inc. USA.
- Alzamora S. M., Tapia M., Argaiz A y Welti J. (2000). Application of combined methods technology in minimally processed fruits., *Food Research International*, 26, 125.
- Alzamora, S.M., Fito, P., López-Malo, A., Tapia, M.S. y Efrén P.A. (2000). Minimally Processed Fruits Using Vacuum Impregnation, Natural Antimicrobial Addition, and/or High Pressure Bibliografía 209 Techniques. In *Handbook of Minimally Processed Fruits and Vegetables*; Alzamora S.M., Tapia, M.S., López-Malo, A., Eds.; An Aspen Publication: Maryland, 293-315.
- Andersson, A., Gekas, V., Lind, L., Olivera, F. y Oste, R. (1994). Effect of preheating on potatoes texture – critical review. *Food Science and Nutrition*, 34, 229 – 251.
- André, C. M., Oufir, M.; Hoffmann, L., Hausman, J.-F, Rogez, H., Larondelle, Y Evers, D. (2009). Influence of environment and genotype on polyphenol compounds and in vitro antioxidant capacity of native Andean potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(6), 517–524.

- Angós, I., Vírseda, P. y Fernández, T. (2008) Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O₂/CO₂ atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 48, 422- 430.
- Anzaldúa-Morales, A. (1993). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. Editorial. Acribia, S. A. Zaragoza. España.
- AOAC. *Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analytical Chemists*. 18 th Edition, (2005).
- Apodaca-Pérez, J.M, Martínez-Miranda, M.L; Robles-Burgueño, M.R. y Rodríguez F. Polifenoloxidasas, fenoles totales y oscurecimiento de nopal verdura. (2016). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México, 7, 531-543.
- Arango, R. L. y Sanabria R, N. (1986). Estudio preliminar para la osmo-deshidratación directa de curuba, piña, guayaba y breva. *Santa Fé de Bogotá: ICTA*. 65.
- Arballo, J., Bambicha, J., Campañone, L., Agnelli, M. y Mascheroni, R. (2012). Mass transfer kinetics and regression-desirability optimization during osmotic dehydration of pumpkin, kiwi and pear. *International Journal of Food Science and Technology*. 47, 306–314.
- Araujo, A. (2004). *Proceso para obtención de capulí pasa*. Trabajo de Graduación previo a la obtención del Título de Ingeniero Químico, Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Arias, L., Perea, Y. y E. Zapata, J. (2017). Cinética de la Transferencia de Masa en la Deshidratación Osmótica de Mango (*Mangifera indica* L.) var. Tommy Atkins en Función de la Temperatura. *Información Tecnológica*. 28(3), 47-58
- Arreola, S. y Rosas, M.E. (2007). Vacuum Application in Osmotic Dehydration of Figs (*Ficus carica*). *Inf. tecnol.* [online], 18(2), 43-48.
- Arroyo C., Balzarini M., Bruno C. (2005). *Análisis de ensayos agrícolas multiambientales – Ejemplos con InfoGen*.
- Artés, F., Castañer, M. y Gil, M. I. (1998). El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. *Food Science and Technology*, 4(6), 377-389.
- Artés, F. (2000). *Productos vegetales procesados en fresco*. En: *Aplicación del Frío a los Alimentos*. Ed: M. Lamúa. Edit: Mundi Prensa, 5, 127-141.
- Artes, F., Gomez, P. y Artes-Hernandez, F. (2006). Effect of the cyclic exposure to ozone gas on phytochemical, sensorial and microbial quality in whole and sliced tomatoes. *Postharvest Review*, 5, 2-1.
- Artés, F., Martínez, J.A. y Marín, J.G. (1999). Quality changes in minimally processed Romaine lettuce as affected by several treatments. *Agri-Food Quality II. Quality Management of Fruits and Vegetables*. Ed. The Royal Society of Chemistry. Ed: M. Hägg, R. Avenhainen, A.M. Evers and K. Tiikkala, London, 115-118.
- Artés, F., Gómez, P.A., Artes-Hernández, F. (2007). Physical, physiological and microbial deterioration of minimally fresh processed fruits and vegetables. *Food Science and Technology*, 13 (3), 177- 188.
- Assis F.R., R.M.S.C. de Moraes, A.M.M.B. de Moraes. (2018). Mathematical modelling of the osmotic dehydration of physalis. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21, 1-5.

- Azuara, E.; Beristain, C.I. y García, H.S. (1992). Development of a mathematical model to predict kinetics of osmotic dehydration. *International Journal of Food Science and Technology*, 29 (4), 239-242.
- Azuara, E., García, H. S. y Beristain, C. (1996). Effect of the centrifugal force on osmotic dehydration of potatoes and apples. *Food Research International*, 29 (2), 195-199.
- Azuara, E.; Beristain, C. I. y Gutierrez, G.F. (1998) A Method for continuous kinetic evaluation of osmotic dehydration. *Lebensmitt-Wissenschaft und-Technolgie*, 31, 317-321.
- Azuara, E., Beristain, C.I. y Gutiérrez, G.F. (2002). Osmotic dehydration of apples by immersion in concentrated sucrose/maltodextrin solutions. *Journal of Food Processing Preservation*, 26.
- Bailey, P., y Bailey, C.A. (1998). *Química orgánica: conceptos y aplicaciones*. Prentice Hall Hispanoamericana. Naucalpan de Juárez, México.
- Balzarini M.G., Di Rienzo J.A. InfoGen. (2015). FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.info-gen.com.ar>
- Barat, J.M. (1998). Desarrollo de un modelo de la deshidratación osmótica como operación básica. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Barat, J.M., Grau, A. y Fito, P. (1998). *Deshidratación osmótica de alimentos*. Ed. Servicio de publicaciones. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Barbosa, L., Lopes, P., Regazzi, A., Facioni, S., Robledo de Almeida, G. y Torres. (2006). Avaliação de características de qualidade da carne de suínos por meio de componentes principais. *Rev. Bras. Zootec.* 35,1639–1645
- Baroni, A. y Hubinger, M. (2000). Osmotic dehydration of tomatoes in binary and ternary Solutions, *Dehydration Processes*, 1274-1278.
- Bishop, J. R. y White, C. H. (1986). Assessment of dairy product quality and potential shelf-life — A review. *Journal of Food Protection*, 49, 739-753.
- Blahovec, J., Esmir, A. A. S. y Valentova, H. (2000). Simplified texture profile analysis of cooked potatoes, 193-206.
- Blennow, A., Bay–Smidt, A. M., Leonhardt, P., Bandsholm, O.; y Madsen, H. M. (2003). Starch paste stickiness is a relevant native starch selection criterion for wet–end paper manufacturing. *Starch* 55:381 – 389.
- Blessington, T. (2005) The effects of cooking, storage, and ionizing irradiation on carotenoids, antioxidant activity, and phenolics in potatoes (*Solanum tuberosum* L.). Tesis Master of Science. Texas A&M University, 39–42.
- Bradshaw, J. E. and Ramsay G. (2009). Potato Origin and Production. In: Singh, J. and Kaur L. *Advances in Potato Chemistry and Technology*. Academic Press. USA, 1-26.
- Brecht, J. K. (1995). Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortSci.* 30 (1), 18-21.
- Bruns, J. K. (1995). Lightly processed fruits and vegetables: Introduction to the colloquium. *HortScience*, 30(1), 14-17.

- Burgos, G., Amoros, W., Muñoa, L., Sosa, P., Cayhualla, E., Sanchez, C. y Bonierbale, M. (2013). Total phenolic, total anthocyanin and phenolic acid concentrations and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes as affected by boiling. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(1), 6-12.
- Burton W.G. (1989). *The potato*. 3 ed. New York: JohnWiley y Sons, Inc. 742 p.
- Buta, J.G. y Moline, H.E. (2001). Prevention of browning of potato slices using polyphenoloxidase inhibitors and organic acids. *Journal of Food Quality*, 24, 271–282.
- Cabezas, A. B., Amodio, M. L., Cornacchia, R., Rinaldi, R. y Colelli, G. (2009a). Suitability of five different potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to be processed as fresh-cut products. *Postharvest Biol. Tech.*,53(3),138-144.
- Cabezas, A. B., Amodio, M. L., Cornacchia, R., Rinaldi, R. y Colelli, G. (2009b). Screening quality and browning susceptibility of five artichoke cultivars for fresh-cut processing. *J. Science Food and Agronomy*, 89(15), 2588-2594.
- Camacho, G. (1997). Evaluación de calidad a productos deshidratados por osmosis directa. Memorias del Curso Taller “Deshidratación Osmótica Directa de Vegetales. Santafé de Bogotá: Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 16.
- Cantos, E., Tudela, J.A., Gil, M.I. y Espín, J.C. (2002). Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 3015–3023.
- Castro, D. (1997). *Deshidratación Osmótica a Vacío Pulsante. Estudio de las Variables del Proceso*. En: Alimentaria. Mayo, 1997.
- Cerdán Gevara, K. (2016). Tesis de grado: efecto de la concentración del soluto en la deshidratación osmótica del aguayman. Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Señor de Sipán para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial.
- Ceroli, P. (2009). Tesis de maestría: Efecto del soluto durante la deshidratación-impregnación con azúcares en las características mecánicas de tejido de manzana y melón a altas deformaciones, UBA.
- Cetera, M. (2007). [alimentación.org.ar](http://www.alimentacion.org.ar) (en línea). http://www.alimentacion.org.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=2014:analisis-sensorial-una-herramienta-fundamental&catid=38:publicaciones-especializadas&itemid=56.
- Chabanet, C. (1999). Statistical analysis of sensory profiling data. Graphs for presenting results (PCA and ANOVA). *Food Quality and Preference*, 11, 159-162.
- Chafer, M. (2001). Kinetics of osmotic dehydration in orange and mandarin peels. *J. Food Process Eng.* 24 (4) 273-289.
- Chan, G. (2005). Estudios en papaya mínimamente procesadas por deshidratación osmótica. Libro, Valencia. Universidad Politécnica de Valencia, vol 1.
- Chandra, S. y Kumari, D. (2015). Recent development in osmotic dehydration of fruit and vegetables: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 55 (4) 552-561.

- Chauhan, O. P., Singh, A., Singh, A., Raju, P. S. y Bawa, A. S. (2011). Effects of osmotic agents on colour, textural, structural, thermal, and sensory properties of apple slices. *International Journal of Food Properties*, 14 (5), 1037-1048.
- Chiralt, A., Martínez-Navarrete, N., Martínez-Monzó, J., Talens, P., Moraga, G, Ayala, A. y Fito, P. (2001). Changes in mechanical properties throughout osmotic processes. Cryoprotectant effect. *Journal of Food Engineering*, 49, 129-135.
- Chiralt, A. y Talens, P. (2005). Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. *Journal of Food Engineering*, 67, 167–177.
- Chuquillanqui, R. (2017). Tesis para obtener título de grado: Modelamiento de Azuara, Magee y Peleg en cinética de deshidratación osmótica de kiwi. Facultad de ingeniería en industrias alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Constantino, S. (2016). Federación Nacional de Productores de Papa. <https://soundcloud.com/user-664715049/sergio-constantino>.
- Conway, J. (1983). Mass transfer considerations in the osmotic dehydration of apples. *Inst. Food Sci. Technology*, 16(1), 025-029.
- Corbino (2017). Deshidratado osmótico de cubos de batata. Hoja de información técnica, INTA.
- Cosgrove, D. J. (2000). Expansive growth of plant cell walls. *Plant Physiology and Biochemistry* 38(1/2), 109-124.
- Costell, E., Trujillo, C., Damasio, M. H. y Durán, L. (1995). Texture of sweet orange gels by free-choice profiling. *Journal of Sensory Studies*, 10, 163-179.
- Costell Ibañez, E. (2000). Los perfiles descriptivos: generación y selección de descriptores y entrenamiento del panel. *Industria y Alimentos Internacional*. Julio- Septiembre, 30-33.
- Costell, E. (2002). A comparison of sensory methods in quality control. *Food quality and Preference*, 13, 345-353.
- Corzo, O. y Bracho, N. (2004). Effects of brine concentration and temperature on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of sardine sheets. *Food Science and Technology (en línea)*, 37(4), 475-479.
- Crank, J. (1975) *The mathematics of diffusion*, Second Edition, UK, Clarendon Press.
- Damáσιο, M.H. y Costell, E. (1991) Análisis sensorial descriptivo: Generación de descriptores y selección de catadores. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 31, 165-178.
- Damáσιο, M. H., Costell, E. y Durán, L. (1997). Sensory quality of low-sugar gels with gellan, xanthan and locust bean gums. *Z Lebensm Unters Forsch*, 204, 183-188.
- Delgado Palma, J. (2014). Tesis de grado: Estudio d la influencia del tamaño del troceado y cloruro de calcio en la conservación de papaya mediante deshidratación osmótica. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador.
- Della Rocca, P. y Mascheroni, R. Secado de papas por microondas. (2009). *Proyecciones*, Vol 7, N°2, Buenos Aires, FRBA

- Della Rocca, P. y Mascheroni, R. (2009). Deshidratación osmótica de papas. Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas – CLICAP, Universidad Nacional de Cuyo (UNCu) - San Rafael.
- Della Rocca, P. y Mascheroni, R. (2010). Deshidratación de papas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente. *Revista de Proyecciones*, UTN –FRBA. Buenos Aires, República Argentina. 8(2).
- Della Rocca, P. (2010). Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente. Tesis de Maestría en Tecnología de los Alimentos. Universidad Tecnológica Nacional Regional, Buenos Aires.
- Della Rocca, P. y Gutierrez, M.C., Languasco, J.M. y Mascheroni, R. (2010). Secado combinado de papas. *Proyecciones*, Buenos Aires, FRBA. 8(1).
- Della Rocca, P. y Mascheroni, R. (2010). Modelado matemático del proceso de deshidratación osmótica utilizado como pretratamiento en el secado de papas. *Proyecciones*, Buenos Aires, FRBA. 8(2).
- Denoya, G., Ardanaz, M., Sancho, A., Benítez, C., ; González, C., Guidi, S. (2012). Efecto de la aplicación de tratamientos combinados de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas cv. Granny Smith mínimamente procesadas. Publicado online.
- Dermesonlouoglou, E.K., Giannakourou, M.C. y Taoukis, P. (2007). Stability of dehydrofrozen tomatoes pretreated with alternative osmotic solutes. *Journal of Food Engineering*. 78(1):272–280.
- Derossi, A., Mastrandrea, L., Amodio, M. L., de Chiara, M. L. V. y Colelli, G. (2016). Application of multivariate accelerated test for the shelf life estimation of fresh-cut lettuce. *Journal of Food Engineering*, 169, 122-130.
- Devic, E., Guyot, S., Daudin, J.-D., & Bonazzi, C. (2010). Effect of temperature and cultivar on polyphenol retention and mass transfer during osmotic dehydration of apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(1), 606-614.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, MG., Gonzalez, L. y Tablada, M. *InfoStat versión (2009)*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Di Rienzo, J. *InfoStat versión (2018)*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dong, X., Wrolstad, R. E. y Sugar, D. (2000). Extending shelf life of fresh-cut pears. *J. Food Sci.* 65(1),181 - 186.
- Dussán-Sarria, S., P.M. Reyes-Calvache y J.I. Hleap-Zapata. (2014). Efecto de un recubrimiento comestible y diferentes tipos de empaque en los atributos físico-químicos y sensoriales de piña `manzana´ mínimamente procesada. *Información Tecnológica*, 25(5), 41-46.
- Dussán-Sarria, S., Rivera, M. y García-Mogollon, C. (2020). Almacenamiento refrigerado de piña mínimamente procesada. Cambios en atributos físico-químicos y sensoriales. *Información Tecnológica*, 31 (2).
- Eren, I. y Kaymak Ertekin, F. (2007). Optimization of osmotic dehydration of potato using response surfacemethodology. *Journals of Food Engineering*, 79, 344-352.

- Espinoza, E. (2003). Evaluación sensorial de los alimentos, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Falade, K.O., Igbeka, J.C. y Ayanwuyi, F. (2007). Kinetics of mass transfer, and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. *Journal of Food Engineering*, 80, 979-985.
- Falguera V, Quintero JP, Jiménez A, Muñoz JA, Ibarz A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science and Technology*, 22(6),292-303.
- Fasciglione, G., Casanovas, E.M., Yommi, A., Sueldo R., y Barassi, C.A. (2012). Azospirillum improves lettuce growth and transplant under saline conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2518-2523
- Fernández, P., Lovera, N., Romero, A., Borsini, A. y Laura Ramallo, L. (2017). Deshidratación osmótica de ananá con reutilización del jarabe de sacarosa. *RECYT Año 19 / N° 28 / 2017 / 21-27*.
- Fernandez, P. (2018). Tesis doctoral: Frutas tropicales deshidratadas fortificadas con calcio y vitamina C. Tesis de Doctorado presentada para obtener el título de "Doctor en Ciencias Aplicadas". <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> E.
- Ferrando, M. y Spiess, W. E. J. (2001). Cellular response of plant tissue during the osmotic treatment with sucrose, maltose, and trehalose solutions. *Journal of Food Engineering*, 49, 115-127.
- Ferrari, C.C. y Hubinger, M.D. (2008). Evaluation of the mechanical properties and diffusion coefficients of osmodehydrated melon cubes. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 2065-2074.
- Ferrari, C.C., C.I.G.L. Sarantópoulos, S.M. Carmello-Guerreiro y M.D. Hubinger. (2013). Effect of Osmotic Dehydration and Pectin Edible Coatings on Quality and Shelf Life of Fresh-Cut Melon. *Food Bioprocess Technology*, 6, 80-91.
- Fito, P. (1994). Modelling of Vacuum Osmotic Dehydration of Food. En: Fito, MuleT Y Mckenna. *Water in Foods*. Amsterdam: Pergamon, 313-328.
- Fito, P. y Chiralt, A., (1994). Osmotic dehydration. An approach of the modelling of solid food liquid operations. P. Fito, E. Ortega-Rodriguez, and G.V. Barbosa-Cánovas (ed.). In *Food Engineering 2000*, 13, 231-252. Chapman and Hall, New York.
- Fito, P., Andrés, A., Barát, J. y Abors, A. (2001). Introducción al secado de alimentos por aire caliente. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Forni, E., Torreggiani, D., Battistin, P., y Polesello, A. (1986). Research into changes of pectic substances in apricots and peaches processed by osmotic dehydration. *Carbohydrate Polymers*, 6, 379-393.
- Forni, E., Sormani, A., Scalise, S. y Torreggiani, D. (1997). The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots. *Food Research International*, 30, 87-94.
- Friedman, M. (1997). Chemistry, biochemistry, and dietary role of potato polyphenols. A Review of *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 45(5), 1523-40.

- Gamboa Santos, J., y Campañone, L. (2018). Application of osmotic dehydration and microwave drying to strawberries coated with edible films". *Drying Technology*, 1002-1012.
- Gamboa-Santos, J, Vasco, M.F. and Campañone, L. (2021). Diffusional analysis and textural properties of coated strawberries during osmotic dehydration treatment. *Journal of Berry Research*, 11(1), 151-169.
- García, P.A., Muñiz, B.S., Hernández, G.A, Mario, G.L. y Fernández, V.D. (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña (*Ananas comosus*, variedad Cayena lisa). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuaria*, 22(1), 62-69.
- García-Procaccini, L. M., Monti, M.C. y Huarte, M. (2014). Utilización de compuestos químicos para mantener la calidad en productos mínimamente procesados de papa. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 18(2),1853-4961.
- García-Viguera C., Zafrilla P. y Tomás-Barberán F. (1998). The use of acetone as an extraction solvent for anthocyanins from strawberry fruit. *Phytochemical Analysis*, 9(6),274-277.
- Garitta, L., Hough, G., y Sánchez, R. (2004). Sensory shelf life of dulce de leche. *Journal of Dairy Science*, 87, 1601–1607.
- Gasull, E. y Becerra, D. (2006). Caracterización de Polifenoloxidasas Extraídas de Pera (cv. Packam's Triumph) y Manzana (cv. Red Delicious). *Información Tecnológica*. 17 (6), 69-74.
- Giangiaco, R., Torregiani, D. y Abbo, E. (1987). Osmotic dehydration of fruit. Part I: sugar exchange between fruit and extracting syrup. *Journal of Food Processing and Preservation*, 11, 183-195.
- Gil, M.I., Gorny JR. y Kader AA. (1998). Postharvest physiology and quality of 'Fuji' apple slices in response to ascorbic acid treatments and low-oxygen atmospheres. *HortScience*, 33(2), 305-309.
- Giménez, A., Ares, F. y Ares, G. (2012). Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International*, 49, 311- 325.
- Giraldo, G., Talens, P., Fito, P. y Chiralt, A. (2003). Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Engineering (en línea)*, 58 (1), 33-43.
- Gómez, C., Fiorenza, F., Izquierdo, L. y Costell, E. (1998). Perception of mealiness in apples: a comparison of consumers and trained assessors. *Z Lebensm Unters Forsch A*, 207, 304-310.
- Goñi G. 2013. Aplicación de biopreservantes durante la producción primaria de lechuga manteca para asegurar la calidad higiénica. Tesis Doctoral. Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 274.
- Gorny, J.R., Branderburg, J. y Allen, M. (2003). Packaging design for fresh-cut produce. *Edit. Int. Fresh-cut Produce Assoc.*, 122 p.
- Guerrero-Beltrán, J.A., B.G. Swanson y G.V. (2005). Barbosa-Cánovas, Inhibition of polyphenoloxidase in mango puree with 4-hexylresorcinol, cysteine and ascorbic acid, *LWT*, 38, 625-639.

- Guerrero-Eraso, C. A. (2009). Inhibición de la actividad enzimática de la polifenol oxidasa extraída del banano (Cavendish valery) mediante sistemas bifásicos acuosos con isoespintanol y ácido ascórbico. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. 91p.
- Guiné, R. P. F., Lima, M. J., Barroca, M. J. y Ferreira, D. (2010). Analysis of the alterations in the color of pears dried under different systems. 15th International Drying Symposium (IDS 2010), Magdeburg, Germany.
- Gutiérrez Cárdenas, M., Sosa Morales, M. E., Cerón García A. y Gómez Salazar, J. (2019). Cinéticas de osmodeshidratación de rodajas de papa (*Solanum tuberosum*). Modelización del proceso. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 4, 436.
- Guzmán, L., Acevedo, D. y Granados, C. (2012). Efecto del Escaldado, Deshidratación Osmótica y Recubrimiento en la Pérdida de Humedad y Ganancia de Aceite en Trozos de Papa Criolla Fritas. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 10 (2), 170-176.
- Haynes, L. y Wiley, K. (2001). Carotenoid content and color in diploid potatoes. Sci. 126, 722
- Hawkes J. y Flink J. (1978). Osmotic concentration of fruits slices prior to freeze dehydration. J. Food Proc. Preserv., 2, 265-284.
- HEALTH PROTECTION AGENCY (HPA). 2009. Guidelines for Assessing the Microbiological Safety of Ready-to-Eat Foods. London: Health Protection Agency.12-20.
- Heng, K., Gujjilbert, S., Cuq, J.L. (1990). Déshydratation osmotique de la papaye: Influence des variables du procede sur la qualité des produits finis. Sciences des Aliments. 10, 831-848.
- Hernández Alarcón, E. (2005). Evaluación sensorial. Bogotá, D.C.: UNAD.
- Hernández, A., Márquez, C. Restrepo, C., Cano, S., Patiño, J. (2014). Aplicación de tratamiento térmico, recubrimiento comestible y baño químico como tratamientos poscosecha para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas Acta Agronómica, Universidad Nacional de Colombia Palmira, Colombia, 63(1), 1-12.
- Hoberg, E., Ulrich, D. y Tiemann, H. (1998). Sensory methods for potato evaluation in breeding research. Beiträge zur Züchtungsforschung. BAZ, 4, 67-69.
- Hough, G. (2010). Sensory shelf life estimation of food products. Boca Raton, Florida, EEUU: CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Hough, G. y Wittig, E. (2005). Introducción al análisis sensorial. En estimación de la vida útil sensorial de los alimentos, eds G. Hough y S. Fiszman. Madrid CYTED Program.
- Huarte, M. A. y Capezio, S. (2013). Manual Cultivo de Papa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Hunter, E. A., y Muir, D. D. (1995). A comparison of two methods for the analysis of sensory profile data. Journal of Sensory Studies, 10, 89-104.
- Hwang, T. Y., Son, S. M. y Moon, K. D. (2002). Screening of effective browning inhibitors on fresh cut potatoes. Food Science and Biotechnology, 11(4), 397-400.
- Ilker, R. y Szczesniak, A. S. (1990). Structural and chemical bases for texture plant food.

- IRAM 20001, 1995; ISO 5492, 1992. Análisis sensorial. Vocabulario. 43 pp.
- IRAM 20001, 1995; ISO 5492, 1992: Análisis Sensorial. Vocabulario. 43 pp.
- IRAM 20003:1995: Análisis sensorial. Guía general para la instalación de locales de ensayo. Sensory analysis. General guidance for the design of test rooms, 18.
- IRAM 20005-1: Análisis sensorial: Guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de los evaluadores. Parte 1-Evaluadores seleccionados.
- IRAM 20005-2: Análisis sensorial: guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de los evaluadores. Parte 2-expertos.
- IRAM 20006:2004: Análisis sensorial. Metodología. Iniciación y entrenamiento de los evaluadores en la detección y reconocimiento de olores. Sensory analysis. Methodology. Initiation and training of assessors in the detection and recognition of odours, 21 pp.
- IRAM 20007:2012: Análisis sensorial. Metodología. Ensayo de comparación pareada. Sensory analysis. Methodology. Paired comparison test, 28 pp.
- IRAM 20008:2012: Análisis sensorial. Metodología. Ensayo triangular. Sensory analysis. Methodology. Triangle test, 22 p.
- IRAM 20011:1997: Análisis sensorial. Metodología. Ensayo dúo-trío, 15 pp.
- IRAM 20013: Análisis Sensorial: Análisis sensorial. Metodología. Perfil de textura. Sensory analysis. Methodology. Texture profile, 23 pp.
- Islam, M. N. y Flink, J. N. (1982). Dehydration of potato II. Osmotic concentration and its effect on air drying behaviour. *Journal of Food Technology*, 17, 387-403.
- Islam, M. R., Ho, J. C. y Mujumdar, A. S. (2003). Convective drying with timevarying heat input: Simulation results. *Drying technology*, 21(7), 1333-1356.
- ISO/DIS 13299.2, 1988: Sensory Analysis Methodology. General guidance for establishing a sensory profile. 28 pp.
- Ispir, A. y Toğrul, D.T. (2009). Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. *Chemistry of Engineering research and Design*, 87, 166-180.
- Jarvis, MC. y Duncan, HJ. (1992). The textural analysis of cooked potatoes. 1. Physical properties of the separate measurement of softness and dryness. *Potato Res.*, 35,83- 91.
- Kabir, H. (1994). Fresh-cut vegetables. Modified atmosphere food packaging. Brods, A. L. y Rendón, V. A., 155-160.
- Kärenlampi, S. O. y White, P. J. (2009). Chapter 5 - Potato Proteins, Lipids, and Minerals. In J. Singh & L. Kaur (Eds.), *Advances in Potato Chemistry and Technology*. 99-125. San Diego: Academic Press.
- Kaur K. y Singh, A.K. (2013). Mass transfer kinetics and optimization during osmotic dehydration of beetroot (*Beta vulgaris L.*). *International Journal of Scientific and Research Publications*. 3 (8), 1-8.

- Keqing, X. (2004). Optimización del secado por aire caliente de pera (variedad Blanquilla). Tesis Doctoral. Valencia España.
- Khan, M.R. (2012). Osmotic dehydration technique for fruits preservation - A review. *J. Food Science*, 22(2), 71-85.
- Khattree, R. y Naik, D. (2000) Multivariate data reduction and discrimination with SAS software. SAS Institute Inc. Cary, NC., USA. 574.
- Kim, D., Jeong, S. W. y Lee, C. Y. (2003). Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry*, 81, 321- 326
- Kowalska, H. y Lenart, A. (2001). Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *Journal of Food Engineering*, 49, 137-140.
- Kvapil, M.F (2019). Tesis doctoral: Deshidratación osmótica y envasado en atmósferas modificadas de anco (Cucurbita moschata) mínimamente procesado". Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- La Font P. (1988). Application de la deshydrtaion osmtique au kiwi: Influence desvariables pour Comprendre les Mecanismes Resgissant les Transfer de Maitere. *Memorie D'Ingenieur*. E.N.S.N.A. Dijon, Francia.
- Laurila, E., Kervinen, R. y Ahvenainen, R. (1998) The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharvest news and information*, 9(4): 53-66.
- Laurila, EK. y Ahvenainen, RT. (1998). Shelf life of sliced raw potatoes of various cultivar varieties— substitution of bisulfites. *J Food Prot.*, 64, 1363–1371.
- Lawless y Heymann, 1999. *Sesnsory Evaluation of Food*. Aspen Publishers, Inc Maryland. EEUU.
- Lawless, H. T., y Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. Springer Science y Business Media.
- Lazarides, H.N. (1994). Osmotic pre-concentration: developments and prospects. In: *Minimal processing of foods and process optimisation; an interface*, CRC Press, London, UK.
- Lazarides, H. N., Katsanidis, E. y Nickolaidis, A. (1995). Mass Transfer Kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake. *J. Food Engineering*, 25 (2), 151-166.
- Lazarides, H. N. (2001). Reasons and possibilities to control solids uptake during osmotic treatment of fruits and vegetables, 33-42. *En: FITO*, Pedro y col., ed. *Osmotic dehydration and vacuum impregnation: applications in food industries*. USA: Technomic Publishing, 288 p.
- Lenart, A. y Flink, J. (1984). Osmotic Concentration of Potato. *Spatial Distribution of Osmotic Effect*. *En: Journal of Food Tecnology*, 19, 65 – 89.
- Lewicki, P. P. y Porzecka-Pawlak, R. (2005). Effect of osmotic dewatering on apple tissue structure. *Journal of Food Engineering*, 66, 43–50.
- Lisinska, G. y Leszczynski, W. (1989). *Potato science and technology*. Elsevier science publishers LTD. Ireland, 391.

- Loyola Matamoros. (2010). Tesis para optar el grado de ingeniería e alimentos. Elaboración de papa y zanahoria mínimamente procesadas Guayquil- Ecuador. Facultad de ingeniería en mecánica y ciencias de la producción. Escuela superior politécnica del Litoral.
- Loyola N., Oyarce E., Acuña C. (2010). Evaluación del contenido de almidón en papas (*Solanum tuberosum* sp., *tuberosum* cv. Desirée), producidas en forma orgánica y convencional en la provincia de Curicó, región del Maule. IDESIA, 28(2),41-52.
- Lozano, J. E., Rotstein, E. y Urbicain, M. J. (1983). Shrinkage, porosity and bulk density of foodstuffs at changing moisture contents. *Journal of Food Science*, 48, 1947-1502, 1553.
- Lu, W., Haynes, K., Wiley, E. y Clevidence B. (2001). Carotenoid content and color in diploid potatoes. *Journal of American Society Horticulture Science*, 126, 722-726.
- Luning, P. A., Van Der Vuurst De VrieS, R., YukseL, D., Ebbenhorstseller, T., Wichers, H. J. y Roozen, J. P. (1994). Combined instrumental and sensory evaluation of flavor of fresh bell peppers (*Capsicum annuum*) harvested at three maturation stages. *J. Agriculture Food and Chemistry*, 42, 2855-2861.
- Maestrelli, L., Lo Scalzo, D., Lupi, D., Bertolo, G., Torreggiani, D. (2001). Partial removal of water before freezing: cultivar and pre-treatments as quality factors of frozen muskmelon (*Cucumis melo*, CV *reticulatus* Naud.). *Journal of Food Engineering*, 49, 255-260.
- Maldonado, S., Santapaola J., Singh, J., Torres, M. y Garay, A. (2008). Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Journal Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 28(1), 251-256.
- Martens, H. J. y Thybo, A. K. (2000). An integrated Microstructural, Sensory and Instrumental Approach to Describe Potato Texture. *Lebensm.-Wiss. u.-Technololy*, 33, 471-482.
- Martin, N., Molimard, P., Spinnler, H. E. y Schlich, P. (2000). Comparison of odour sensory profiles performed by two independent trained panels following the same descriptive analysis procedures. *Food Quality and Preference*, 11, 487-495.
- Martínez, V. Y., Nieto, A. B., Castro M. A., Salvatori, D. & Alzamora, S. M. (2007). Viscoelastic characteristics of Granny Smith apple during glucose osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 83, 394-403.
- Martínez J.A. y Artés, F. (2005). Nuevo protocolo de medida de la permeabilidad de gases a través de membranas poliméricas. Aplicación a la técnica de envasado de productos hortofrutícolas en atmósfera modificada. 3er Cong. Virtual Iberoamer. Gestión de Calidad en Laboratorios. <http://www.iberolab.org/GecCampus/>.
- Martínez-González, M., Balois-Morales, R., Alia-Tejacal, I., Cortes-Cruz, M. , Palomino-Hermosillo, P. y López-Gúzman, G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp.* 4075-4087.
- Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 177-182.
- Maskan, M. (2001). Kinetics of color change of kiwi fruits during hot air and microwave drying. *J Food Engineering*, 48, 169–175.

- Masseo, M., Leon, L., Hernandez, H. y Guapacha, H. (2006). Deshidratación osmótica de arveja (*Pisum sativum* L.) y habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizando soluciones de glicerol y cloruro de sodio. *Revista Vector*, 1(1), 9-28.
- Mauro, M. A., Tavares, D. Q. y Menegalli, F. C. (2002). Behavior of plant tissue in osmotic solutions. *Journal of Food Engineering*, 56: 1-15.
- Mavroudis, N.E. y Gekas, V., Sjöholm, I. (1998). Osmotic dehydration of apples. Effects of agitation and raw material characteristics. *Journal of Food Engineering*, 35, 191-209.
- Mayer, A. M. (1987). Polyphenol oxidases in plants: recent progress *Phytochemistry*, 26(1), 11-20.
- Medina J. y Salas, J. (2008). Caracterización morfológica del granulo de almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución. *Rev. Ing. Univ. Andes*. 27:56 – 62.
- Mendonça, K., Jesus, J., Pereira, C. y Corrê, J. (2014). Osmotic dehydration of yacon slices: effect of different polyols on mass transfer parameters. XX Congreso brasilero de Ingeniería Química., Florianopolis.
- Molnar-Perl, I., Friedman, M. (1990). Inhibition of browning by sulfur amino acids. 3. Apples and potatoes. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 38, 1652–1658.
- Monro, J., y Mishra, S. (2009). Nutritional Value of Potatoes: Digestibility, Glycemic Index, and Glycemic Impact. *Advances in Potato Chemistry and Technology (First Edit)*. Elsevier Ltd. 371–394.
- Monrozier, R. y Danzart, M. (2001). A quality measurement for sensory profile analysis: The contribution of extended cross-validation and resampling techniques. *Food Quality and Preference*, 12, 393-406.
- Montouto Graña, M., Romero Rodríguez, M. A., Vázquez Odériz, M. L. y Fernández Fernández, E. (2000). Evaluación sensorial de la patata de Galicia con denominación específica. Libro de Actas del Congreso Iberoamericano y Desarrollo en Patata. Patata 2000. 3-6 Julio, Vitoria-Gastéis, España, 397.402.
- Moragas, M. y Busto, P. (2014). Normas microbiológicas de los alimentos (sección de libros). Bilbao: departamento de sanidad gobierno Vasco.
- Moreira, R., Chenlo, F., Torres, MD. y Vázquez, G. (2007). Effect of stirring in the osmotic dehydration of chestnut using glycerol solutions. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 40, 1507-1514.
- Moreira Azoubel P. y Murr, E. X. (2004). Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *J. Food Eng.* 61 (3) 291-295.
- Moreno, J. (2003). Calidad de papa para usos industriales. 7p. (Online) <<http://redepapa.org/calidadpapa.pdf>> (14 MAYO 2009).
- Moreno, J., Simpson, R., Sayas, M., Segura, I., Aldana, O., y Almonacid, S. (2012). Influence of ohmic heating and vacuum impregnation on the osmotic dehydration kinetics and microstructure of pears (cv. Packham's Triumph). *Journal of Food Engineering*, 104 (4), 621–627.
- Moy, J.H., Lau, N.B. y Dollar, A.M. (1978). Effect of sucrose and acids on osmovac-dehydration of tropical fruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2(2), 135-135.

- Mujica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., López Malo, A., Palou, E. y Welti-Chanes, J. (2003 a). Impregnation of some fruits at vacuum pressure. *Journal of Food Engineering*, 56, 307-314.
- Mújica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., López Malo, A., Palou, E. y Welti-Chanes, J. (2003 b). Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. *Journal of Food Engineering*, 57, 305-314.
- Navarre, D. A. (2009). Nutritional Value of Potatoes: Vitamin, Phytonutrient, and Mineral Content. *Advances in Potato Chemistry and Technology* (First Edit.). Elsevier Ltd. doi:10.1016/B978-0-12-374349-7.00014-3
- Nicolas, J. J., Richard-Forget, F. C., Goupy, P. M., Amiot, M. J. y Aubert, S. Y. (1994) Enzymatic browning reactions in apple and apple products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(2),109-157.
- Nieto, A., Salvatori, D., Castro, M. A. y Alzamora, S. M. (2004). Structural changes in Apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration. Shrinkage, porosity, density and microscopic features. *Journal of Food Engineering*, 61, 269-278.
- Ochoa Martínez, C.I. y Ayala Aponte, A. (2009). Modelos matemáticos de transferencia de masa en deshidratación osmótica, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 4 (5), 330-342.
- Ohlsson, T. (1994). Minimal processing preservation methods of the future: an overview. *Trends in Food Science and Technology*, 5 (11), 341-344.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2010). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Roma: Publicaciones de la FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2009). Año Internacional de la Papa 2008: Nueva luz sobre un tesoro enterrado, reseña de fin de año. Rome (Italia).144.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2018). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Santiago.
- Osorio, C., Franco, M., Castaño, M., Gonzalez, L., Heredia, J. y Morales, A. (2007). Color and flavor changes during osmotic dehydration of fruits. *Innov. Food Sci. Emerg. Technololy*, 353-359.
- Ozen B. F., Dock, L. L. Ozdemir M. y Floros J. D. (2002). Processing factors affecting the osmotic dehydration of diced green peppers. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 497-502.
- Palou, E., López-Malo, A., Argáiz, A. y Welti, J. (1994). The use of Peleg's equation to model osmotic concentration of papaya. *Drying Technology*, 12(4), 965-978.
- Panadés, G. (1996). Pulse Vacuum Osmotic Dehidratation of Guava. En: *Food Science and Technology International*, 2, 301 – 306.
- Pardo, J. E., Alvarruiz, A., Pérez, J. I., Gomez, R. y Varón, R. (2000). Physicalchemical and sensory quality evaluation of potato varieties (*Solanum Tuberosum* L.). *Journal of Food Quality*, 23(2), 149-160.

- Parjoko, K.A., Rahman, M.S., Buckle, K.A. y Perera, C.O. (1996). Osmotic dehydration kinetics of pineapple hedges using palm sugar. *Lebensmittel- Wissenschaft und-Technologie*, 29, 452-459.
- Parzanese, M. 2012. Vegetales Mínimamente Procesados. [en línea] *Revista Alimentos Argentinos*.3039.https://issuu.com/alimentosargentinos.gob.ar/docs/revista_aa55 [consulta:2 julio 2017].
- Pastor, M. V., Costell, E., Izquierdo, L., y Durán, L. (1996). Perfil descriptivo de néctares de melocotón. Evaluación de jueces y de atributos con el análisis de Procrustes generalizado. *Food Science and Technology International*, 2, 219-230.
- Patel, S. y Goyal, A. (2012). The current trends and future perspectives of prebiotics research: a review. *3 Biotechnology*. 2 (2), 115-125.
- Peleg, M. (1998). An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Journal Food Science*, 53 (4), 1216-1219.
- Perla V, Holm DG y Jayanty SS. (2012). Effects of cooking methods on polyphenols, pigments and antioxidant activity in potato tubers. *LWT – Food Science Technology*, 45, 161–171.
- Phisut, N. (201). MiniReview: Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *Int. Food Research J.* 19(1), 7-18.
- Pilco, A. 2015. Pardeamiento Enzimático (en línea). http://alimentos6173.blogspot.com/2014/07/pardeamiento-enzimatico_8.html
- Pineli, L. L. O., Moretti, C. L., Almeida, G. C., Santos, J. Z., Onuki, A. C. A. y Nascimento, A. B. G. (2006). Caracterização química e física de batatas ágata e monalisa mínimamente processadas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos (Campinas)*, 26(1), 127-134.
- Pinhero, R. G., Coffin, R., Yada, R. Y. (2009). Post-harvest Storage of Potatoes. In: Singh, J. and Kaur L. *Advances in Potato Chemistry and Technology*. Academic Press. USA, 339-370.
- Pizzocaro, F.; Torregiani, D.; Gilardi, G. (1993). Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric and sodium chloride. *J. Food Processing Preservation*, 17, 21–30.
- Potter, N. y Hotchkiss J. (1995). *Ciencia de los Alimentos*. Acribia. Zaragoza. España. 667.
- Pourcel, L, Routaboul, J.-M., Cheynier, V., Lepiniec, L. y Debeaujon, I. (2007). Flavonoid oxidation in plants: from bio-chemical properties to physiological functions. *Trends in plant science*, 12(1), 29–36.
- Powers, J. J., Cenciarelli, S. y Shinholser, K. (1984). El uso de programas estadísticos generales en la evaluación de los resultados sensoriales. *Rev. Agroquímica de Tecnología Alimentaria*, 24 (4), 469-484.
- Proteggente, A., Pannala, A., Paganda, G., Van Buren, L., Wagner, E., Wiseman, S., Van de Put, F., Dacombe, C. y Rice-Evans, C. (2002). The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free radical Research* 36(2), 217 -233.
- Quintero-Chávez, R., Quintero-Ramos, A., Jiménez-Castro, J., Barnard, J., Márquez-Meléndez, R., Zazueta-Morales, J. y Balandrán-Quintana, R. (2012). Modeling of total soluble solid and

- NaCl uptake during osmotic treatment of bell peppers under different infusion pressures. *Food Bioprocess Technology*, 5, 184-192.
- Rahman, M.S., Sablani, S.S. y Al-Ibrahim, M.A. (2001). Osmotic dehydration of potato equilibrium kinetics, *Drying Technology*, 19 (6), 1163-1176.
- Ramallo, L.A. (2010 b). Estudio teórico y validación experimental de la dehidrocongelación de ananá. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional La Plata, Argentina.
- Ramirez Anaya, J.d.P. (2013). Influencia de las técnicas culinarias sobre el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante en hortalizas de la dieta mediterránea. Tesis doctoral. Universidad de Granada, España. 384.
- Ramírez, G., Hough, G., y Contarini, A. (2001). Influence of temperature and light exposure on sensory shelf life of a commercial sunflower oil. *Journal of Food Quality*, 24, 195–204.
- Raoult-Wack, A. L., Lafont, F., Ríos, G. y Guilbert, S. (1989). Osmotic dehydration: Study of mass transfer in terms of engineering properties. En: Mujumdar, A.S. y Roques, M. (ED). *Drying '89*. New York, USA: Hemisphere Publ. Corp., 487-495.
- Raoult-Wack A. L., Guilbert S., Le Maguer M. yG. Rios. (1991). Simultaneous water and solute transport in shrinking media. *Drying Technology*, 9(3): 589-612.
- Raoult-Wack, A.L. (1994). Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science & Technology*.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K., Niranjana y D. Knorr, D. (2002). Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer, *Trends in Food Science & Technology*, 13, 48-59.
- Reppa, A., Mandala, J., Kostaropoulos, A. E. y Saravacos, G. D. (1999). Influence of solute temperature and concentration on the combined osmotic and air drying. *Drying Technology*, 17, 1449–1458.
- Resende, J. M. (2004). Modificações sensoriais em cenoura minimamente processada e armazenada sob refrigeração. *Horticultura Brasileira*, 22 (1), 147-150.
- Rico, D., Martín-Diana, A. B., Barryryan, C J., Frias, M., Henehan, G. y Barat, J. M. (2008). Optimisation of steamer jet-injection to extend the shelf-life of fresh-cut lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, 48, 431-442.
- Ríos Pérez, M., Márquez Cardozo, C. y Ciro Velásquez, H. (2005). Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana (carica papaya L.) en cuatro agentes edulcorantes. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 58 (2), 2989- 3002.
- Riva, M., Campolongo, S., Avitabile Leva, A., Maestrelli, A. y Torreggiani, D. (2005). Structure-property relationships in osmo-air-dehydrated apricot cubes. *Food Research International*, 38, 533-542.
- Robles-Sánchez, R., A. Rojas-Graü, I. Odriozola-Serrano, G. González-Aguila y O. Martín-Belloso. (2013). Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. *LWT-Food Science and Technology*, 50(1), 240-246.

- Rocha, A. y Morais, A. (2003). Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes. *Food Control*. 14, 13-20.
- Roche, A., Silva Paz., J. y della Rocca, P. (2015). Papas fortificadas con calcio y vitamina C conservadas por osmohidrocongelación y envasadas en atmósfera modificada. <https://www.researchgate.net/publication/328581417>.
- Rodriguez, M. (2013). Obtención de frutos deshidratados de calidad diferenciada mediante la aplicación de técnicas combinadas. Tesis doctoral. Doctor en Ingeniería en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata.
- Rodríguez, M., Arballo, L., Campañone, L., Cocconi, M., Pagano, A. y Mascheroni, R. (2013). Osmotic dehydration of nectarines: influence of the operating conditions and determination of the effective diffusion coefficients. *Food and Bioprocess Technology*. 6 (10), 2708-2720.
- Rodriguez, M., García, M. y L.A.Campañone, L. (2016). Experimental study of the application of edible coatings in pumpkin sticks submitted to osmotic dehydration. *Drying Technology*, 34 (6), 635-644 (2016).
- Rodríguez, M., Arballo, J., Campañone, L. y Mascheroni, R. (2017). Analysis of operating conditions on osmotic dehydration of plums (*Prunus domestica* L.) and numerical real-shape determination of effective diffusion coefficients. *International Journal of Food Engineering*, 13, 1556-3758.
- Rodríguez, S. y Montañés, J. (2000). Efecto de diferentes films plásticos en el almacenamiento refrigerado de anco trozado, VI Congreso Iberoamericano de Aire Acondicionado y Refrigeración. Buenos Aires, Argentina, 018, 501- 510.
- Rodriguez S del C y Questa A G. (2008). Aplicación del Análisis sensorial para evaluar calidad en frutas y hortalizas. Inv. en Facultades de Ing. del NOA - IV Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Fac. de Ing. del NOA, 2, 29 - 34.
- Rodriguez, S. y Questa, A G. (2009). Evaluación sensorial de vegetales frescos y mínimamente procesados Trabajos Completos del CLICAP, 1 - 7.
- Rodríguez, S. y Casóliba, R. M. (2012). Procesamiento de espinacas de IV Gama aplicando tecnologías combinadas. *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, 2, 1-7.
- Rojas-Graü, M.A., Sobrino-López, A., Tapia, M.S. y Martin-Belloso, O. (2006). Browning inhibition in fresh-cut 'Fuji' Apple slice by natural antibrowning agent. *Journal of Food Science*, 71, 59–65.
- Rojas-Grau, M.A., Tapia, M.S. y Martin-Belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LWT-Food Science Technoly*, 41,139-147.
- Rosenthal, A.J. (1999). Relation between instrumental and sensory measure of food texture. In *Food texture: Measurement and Perception*. Ed A. J Rosenthal, 1-17. Gaithersburg, MD: Aspen, 1999.
- Rosero Puchana, M. (2013). Tesis doctoral: Efecto de la temperatura sobre la tensión superficial, la viscosidad y el volumen molar parcial de polioles en solución acuosa. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Departamento de Química Bogotá, Colombia.

- Rotstein, E. y Comish, ARH. (1978). Influence of cellular membrane permeability on drying behavior. *Journal of Food Science*, 43, 926-934 y 939.
- Rouselle, P., Robert y Crosnier, R. J. (1999). En: Capítulo 10: Utilización en la alimentación humana. La patata. Mundi – Prensa. *España*, 459-508.
- Ruiz-López, G., Questa, A.G. y Rodríguez, S. (2010). Efecto de luz UV-C sobre las propiedades antioxidantes y calidad sensorial de repollo mínimamente procesado. *Revista Iberoamericana en Tecnología Postcosecha*, 11, 101-108.
- Ruiz-López, I. I., Castillo-Zamudio, R. I., Salgado-Cervantes, M. A., RodríguezJimenes, G. C. y García-Alvarado, M. A. (2010). Mass transfer modeling during osmotic dehydration of hexahedral pineapple slices in limited volume solutions. *Food and Bioprocess Technology*, 3(3), 427-433.
- Sablani, S.S., Rhaman, M.S. y Al-Sadeiri, D.S. (2002). Equilibrium distribution data for osmótica drying of apple cubes in sugra-water solution, *Journal of Food Engineering*, 52, 193-199.
- Sablani, S.S. y Rahman, M.S. (2003). Effect of syrup concentration, temperature an sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. *Food Research International*, 36, 65-71.
- Sacchetti, G., Gianotti, A. y Dalla Rosa, M. (2001). Sucrose salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability study on apple osmotic treatments. *Journal of Food Engineering*, 49, 2-3, 163-173.
- Salvatori, D. y Alzamora, S. (2000). Structural changes and mass transfer during glucose infusion of apples affected by blanching and process variables. *Drying Technology*, 18 (1-2), 361-382.
- Sangeeta y B.S. Hathan. (2016). Development and quality evaluation of ready to eat product from elephant foot yam tuber (*Amorphophallus* spp.). *LWT - Food Science and Technology*, 65, 1-9.
- Sanjinez-Argandoña, E., Branco, I., Takito, S., y Corbari, J. (2010). Influencia de la deshidratación osmótica y de la adición de cloruro de calcio en la conservación de kiwis mínimamente procesados, <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000500031>, *Food Science and Technology (Campinas)*, 30, 205209.
- Sapers, G. M. (1993). Browning of foods: Control by sulfites, antioxidants, and other means. Scientific status summary. *Food Technology*, 47, 75-84.
- Saputra, D. (2001) Osmotic dehydration of pineapple. *Drying Technology*, 19, 415-425.
- Sciancalepore, V. y Longone, V. (1984). Polyphenol oxidase activity and browning in green olives. *J. Agr. Food Chem*, 32(2), 320- 321.
- Sgroppo, S.C., Sosa, C.A. (2009). Zapallo anco (*Cucurbitamoschata*, d.) fresco cortado tratado con luz uv. *FACENA*, 25, 7-19.
- Shi, J., Le Maguer, M. (2002a). Analogical cellular structure changes in solid-liquid contacting operations. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 35, 444-451.

- Shi, J. y Xue, S. (2008). Application and Development of Osmotic Dehydration Technology in Food Processing. En: *Advances in Food Dehydration (Contemporary Food Engineering Series)*-CRC Press. Cap. 7
- Shi, J. y Xue, J. (2009). Mass transfer in vacuum osmotic dehydration of fruits: A mathematical model approach. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 27, 67-72.
- Shomer, I., Levy, D. (1988). Cell wall mediated bulkiness as related to the texture of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber tissue. *Potato Res.*, 31, 321-334.
- Shukla, R.N., Khan, M. Ali y Srivastava. A. (2018). Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of banana in different osmotic agent. *International Journal of Agriculture and Engineering*, 11(1), 108-122.
- Silva Paz, F., Reynaldo, J., Della Rocca, P., Tisocco, O. y Mascheroni, M. (2014). Efecto de la temperatura sobre la transferencia de agua durante la deshidratación osmótica de papa (*Solanum tuberosum* L.) *Proyecciones*, 12 (2).
- Simon, A. (2008). Característica de calidad y composición de distintos cultivares de coliflor con destino al proceso mínimo. *ITEA: Información Técnica Economía Agraria*. 104(1), 31-41.
- Singh, J., y Kaur, L. (2009). *Advances in potato chemistry and technology*. Academic Press, First edition, Elsevier Inc. 92 – 107.
- Singh, S., Shivhare, U.s., Ahmed, J. y Raghavan, G.S.V. (1999). Osmotic concentration kinetics and quality of carrot preserve, *Food Research International*, 32, 509-514.
- Singla R., A. Ganguli y M. Ghosh. (2010). Antioxidant Activities and Polyphenolic Properties of Raw and Osmotically Dehydrated Dried Mushroom (*Agaricus bisporous*) Snack Food. *International Journal of Food Properties*, 13, 1290–1299.
- Sluka E, Monserrat S del V, Orlando CA, Fernández MC. (2014). Optimización de la técnica de osmodeshidratación al vacío en cubos de batata (*Ipomoea batatas* L.). *Revista Agronómica Noroeste Argentino*, 34 (2), 17-20.
- Sormani, A., Maffi, D., Bertolo, G., Torreggiani, D. (1999). Textural and structural changes of dehydrofrozen-thawed strawberry slices: Effects of different dehydration pre-treatments. *Food Science and Technology International*, 5, 479-485.
- Soteras, E. (2019). Tesis doctoral: Aplicación de recubrimientos comestibles a productos sometidos a deshidratación osmótica. Universidad Nacional de la Plata.
- Spiazzi E.A. y Mascheroni R.H. (1997). Mass transfer model for osmotic dehydration of fruits and vegetables - 1. Development of the simulation model. *Journal of Food Engineering*, 34, 387-410.
- Sprent, N. Smeeton, M.C. (2001). *Applied nonparametric statistical methods*, third edition, Chapman & Hall/CRC.
- Stone, H., Sidel J, Oliver, S., Woolsey, A. y Singleton RC. (1974). Sensory Evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. *Food Technology*, 28, 11- 24.
- Stone, H. y Sidel, J.L. (1993). *Sensory Evaluation Practices*. 2ª ed., Academic Press.

- Sun, T., Lærke, H. N.; Jørgensen, H., y Bach Knudsen, K. E. (2006). The effect of extrusion cooking of different starch sources on the in vitro and in vivo digestibility in growing pigs *Animal Feed Science and Technology*, 131:66 – 85.
- SyarieF, H., Hamann, D. D., Giesbrecht, F. G., Young, C. T. y Monroe, R. J. (1985). Interdependency and underlying dimensions of sensory textural characteristics of selected foods. *Journal of Texture Studies*, 16, 29-52.
- Talens, P., Martínez Navarrete, N., Fito, P. y Chiralt, A. (2002). Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwi fruit. *Innovative Food science & Emerging Technologies*, 3, 191-199.
- Tarola, A. M., Van de Velde, F., Salvagni, L. y Preti, R. (2012). Determination of Phenolic Compounds in Strawberries (*Fragaria ananassa* Duch) by High Performance Liquid Chromatography with Diode Array Detection. *Food Anal. Methods*. DOI 10.1007/s12161-012-9431-5.
- Toivonen, P. M. A. y Brummell, D. A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), 1-14.
- Tomás-Callejas, A., Martínez Hernández, G. B., Spooren, R., Artes, F. y Artés-Hernández, F. (2010). La desinfección con agua electrolizada preserva la calidad microbiológica, nutritiva y sensorial de cortes de manzana mínimamente procesada en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11(2), 204-213.
- Torales, A. C., Chaves, A. y Rodríguez, S. (2010). Cambios en la calidad de rúcula mínimamente procesada. Efecto de distintos envases. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11 (2), 196-203.
- Torreggiani, D. (1993). Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*, 26(1), 59-68.
- Torreggiani, D. (1995). Technological aspects of osmotic dehydration in foods. En: *Food Preservation by Moisture Control: Fundamental and Applications - ISOPOW Practicum II*. Eds.: Barbosa-Cánovas G. V. y Welti-Chanes J. Technomics Publishing Co. Inc. Lancaster, Estados Unidos, 281-304.
- Torreggiani, D. y Bertolo, G. (2001). Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. *Journal of Food Engineering*, 49, 247- 253.
- Torreggiani, D., Forni, D., Maestrelli, A., y Quadri, F. (1998). Influence of osmotic dehydration on texture and pectic composition of kiwifruit slices. *Proceedings of the 11th International Drying Symposium (IDS'98)*, Halkidiki, Greece, 930-937.
- Torreggiani D. (1993). Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*. 26, 59-68.
- Torreggiani, D., Forni, E., Erba, M. L. & Longoni, F. (1995). Functional properties of pepper osmodehydrated in hydrolysed cheese whey permeate with or without sorbitol. *Food Research International*, 28, 161-166.
- Trincherro, J. L. y Hernández, D. R. (1984). Selección de un jurado para la evaluación sensorial del pescado. *La Alim. Lat.*, 148, 14-24.

- Trincherro, J., Monti, M. y Ceroli, P. (2007). Características sensoriales de papas fritas en bastones. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 14(1), 33-40.
- Trotoe, C. (2010). A review of osmodehydration for food industry. *African Journal of Food Science*, 4(6), 303-324.
- Tudela JA, Espín JC y Gil MI. (2002). Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 26, 75-84.
- Tudela, J. A., Marín, A., Garrido, Y., Cantwell, M., Medina-Martinez, M. S. y Gil, M. I. (2013). Off-odour development in modified atmosphere packaged baby spinach is an unresolved problem. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 75-85.
- Ulrich, D., Hoberg, E., Neugebauer, W., Tieman, H. y Darso, U. (2000). Investigation of the boiled potato flavor by human sensory and instrumental methods. *American Journal Of Potato*, 77, 111-117.
- Ureña, M. y Girón, o. (1999). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Vámos-Vigyázó, L. (1981). Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 9, 49-127.
- Van Dijk, C., Fischer, M., Holm, J., Beekhuizen, J. G., Stoele-Smits, T. y Boeriu, C. (2002). Texture of cooked potatoes (*Solanum tuberosum*). Relationships between dry matter content, sensory-perceived texture, and near-infrared spectroscopy. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50(18), 5082-5088.
- Van Marle, J.T. Van Dijk, C., Voragen, A.G.J. y Biekman, E.S.A. (1994). Comparison of the cooking behaviour of the potato cultivars Nicola and Irene with respect to pectin breakdown and the transfer of ions. *Potato Research*, 37, 183-195.
- Van Nieuwenhuijzen, N.H., Zareifard, M.R. y Ramaswamy, H.S. (2001). Osmotic drying kinetics of cylindrical apple slices of different sizes. *Drying Technology*, 19(3 y 4), 525-545.
- Varoquaux, P. y Wiley, R. (1994). Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. C., W. R. New York, USA, Chapman and Hall, 226-268.
- Vega-Gálvez, A., Palacios, M., Boglio, F., Catarina Pássaro, C., Catalina Jeréz, C. y Lemus-Mondaca, R. (2007). Deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia. *Food Science and Technology*, 27 (3).
- Wais, N. (2011). *Secado combinado de frutas: deshidratación osmótica y microondas*. Tesis doctoral. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata.
- Wais, N., Agnelli, M.E. y Mascheroni R.H. (2005). Combined osmotic dehydration-microwave drying of fruits. Application apple cubes. CD ENPROMER 2005, 4th MERCOSUR Congress on Process System Engineering, Trabajo 975.
- Walker, J. R. L. (1977). Enzymatic browning in foods: its chemistry and control. *Food Technology*, 19-21.
- Waterhouse, A.L. (2002). *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 11.1.1-11.1.8.

- Yousef, A, y Carlstrom, C. (2003). *Microbiología de los Alimentos: Manual de laboratorio.*, Acribia . Zaragoza. 303.
- Zaidul, I. S., Yamauchi, H., Takigawa, S.; Matsuura– Endo, C., Suzuki, T., y Noda, T. (2007). Correlation between the compositional and pasting properties of various potato starches. *Food Chemistry*, 105:164 – 172.
- Zhu, L.Q, Zho, J., Zhu, S.H. y Guo, L.H. (2009). Inhibition of browning on the surface of peach slices by short-term exposure to nitric oxide and ascorbic acid. *Food Chemistry*, 114,174–179.

PUBLICACIONES INTERNACIONALES Y PRESENTACIONES A REUNIONES CIENTÍFICAS EMANADAS DE LA SIGUIENTE TESIS.

Publicaciones internacionales:

Paola Ceroli, Luz Milagros Garcia Procaccini, Graciela Corbino, Maria Cristina Monti y Marcelo Huarte. Evaluation of food conservation technologies for potato cubes. 2018 Potato Research. Journal of the European Association for the Potato Research. ISSN 0014-3064. DOI.1007/s11540-018-9370-7.

Paola Ceroli, Luz Milagros Garcia Procaccini y Marcelo Huarte. Aplicación de tecnologías de conservación en cubos de papa. 2020. Batata Show. Asociación Brasileira de papa. N°58.

Presentaciones a reuniones científicas:

Trabajos completos:

Ceroli, Paola, Corbino Graciela, Procaccini Garcia, Luz Milagros. Aplicación de tecnologías de conservación sobre cubos de papa. Presentación de trabajo completo en el libro de actas del Congreso Argentino de Ciencias y Tecnología de Alimentos. 3 al 5 de noviembre 2015.

Ceroli, P; Campañone, L. y Agnelli, M. Efecto del proceso de deshidratación osmótica en la calidad de cubos de papa. Presentación de trabajo completo en el libro de actas del Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina, 17 a 19 de noviembre de 2014.

Ceroli,P; Lagos, G, Monti, M.C, Campañone , L y Agnelli, M. Calidad de cubos de papa tratados con inmersión en distintas soluciones hipertónicas. XXVI Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP) 28 de setiembre al 2 de octubre de 2014, Bogota, Colombia. ISBN: 978-987-45615-0-3.

Ceroli, Paola, Pouzo, Laura, Monti, M.Cristina, Agnelli, Miriam . Evaluación sensorial de cubos de papas mínimamente procesados. Presentación de trabajo completo en el libro de actas del XIV Congreso Cytal (Ciencia y Tecnología de los Alimentos Rosario, Octubre 2013. 5° Simposio Internacional de Nuevas Tecnologías III Simposio Latinoamericano sobre Higiene y Calidad de Alimentos 23-25. ISBN: 978-987-22165-9.

Resúmenes:

Ceroli Paola, Fasciglione Gabriela, Campañone Laura. Aplicación de tecnología de obstáculo para mejorar y asegurar la calidad de cubos de papa mínimamente procesados. Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. CLICAP Abril. 2022- San Rafael, Mendoza-Argentina.

Ceroli Paola, Fasciglione Gabriela, Campañone Laura. Alternativas tecnológicas para mejorar la calidad de cubos de papa mínimamente procesados. Congreso: III Congreso Argentino de Biología y Tecnología de Poscosecha. 26-30 de Julio 2021. ISBN: 978-987-88-1963-1.

Fasciglione Gabriela, Ceroli Paola, Yommi Alejandra, Bibbo Sofia, Haddad Rocío, Fuentes Solange, Soteris Trinidad, Szerman Natalia. Relevamiento de consumo de frutas y hortalizas mínimamente procesadas en Argentina. Congreso: III Congreso Argentino de Biología y Tecnología de Poscosecha. 26-30 de julio 2021. ISBN: 978-987-88-1963-1.

Ceroli Paola, Lagos Gisela, Fasciglione Gabriela, Campañone Laura.

Alternativas tecnológicas para mejorar y asegurar la calidad de cubos de papa mínimamente procesados. Primer Simposio de Nuevas Tecnologías y Herramientas para el Aseguramiento de la Inocuidad y Seguridad Alimentaria. 8/09/2021.

Ceroli, Paola, Corbino Graciela, Lagos Gisela. Procaccini Garcia, Luz Milagros. Calidad de cubos de papa procesados con diferentes tecnologías. Presentación de trabajo completo en el libro de actas del VI Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba 2016.

Ceroli, Paola, Corbino Graciela. Procaccini Garcia, Luz Milagros. Calidad de cubos mínimamente procesados. VIII Jornadas Argentinas de Biología y Tecnología Poscosecha. Noviembre 2015, Balcarce.

Ceroli, Paola, Campañone, Laura y Agnelli, Miriam. Calidad de cubos de papas mínimamente procesados. CLICAP Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. 9 al 14 de abril 2015.

Ceroli, Paola, Lagos, Gisela, Campañone, Laura, Agnelli, Miriam. Calidad de cubos de papas deshidratados osmóticamente almacenados en refrigeración. VII Jornadas Argentinas de Biología y Tecnología Poscosecha . 28 al 30 de mayo 2014, La Plata.

Ceroli, Paola y Agnelli, Miriam. Aplicación de tecnologías de obstáculos en cubos de papa listos para consumir. XIV Congreso Cytal. Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de los Alimentos 5° Simposio Internacional de Nuevas Tecnologías III Simposio Latinoamericano sobre Higiene y Calidad de Alimentos 23-25 Octubre 2013, Rosario, Santa Fe, Argentina ISBN: 978-987-22165-9

Ceroli Paola, Monti Cristina y Agnelli Miriam." Control del pardeamiento enzimático en cubos de papas deshidratados osmóticamente". IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba, 14 al 16 de noviembre 2012 (CICYTAC 2012). ISBN-13: 978-987-28845-0-5

Artículos de divulgación científica:

<https://inta.gob.ar/documentos/calidad-de-cubos-de-papa-procesados-con-diferentes-tecnologias>. Ceroli P, Procaccini L. y Lagos Gisela.2018

ANEXOS

ANEXO 1

Especificaciones técnicas de los solutos deshidratantes.

1) Especificaciones fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y nutricionales del **jarabe de glucosa** (Globe 010240) utilizado para efectuar la DO.

Jarabe de Glucosa GLOBE® 010240

Caramelos, dulce de leche, gomitas, confituras en general y aplicaciones industriales.

Propiedades

Físico-Químicas

	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Certificaciones</i>
Sólidos (IR a 45°C), %	78.0	80.0	
Densidad, °Bé	41.7	42.7	Kosher Parve Lemehadrin
D.E.	36.0	39.0	

Composición típica de azúcares

Dextrosa	16.0
Maltosa	12.0
Maltotriosa	10.0
Azúcares Superiores	62.0

Color (CPC)	-	1.0
SO ₂ , ppm	-	40.0
Plomo, ppm	-	2.0
Cobre, ppm (como Cu)	-	5.0
Arsénico, ppm (como As)	-	1.0

Datos Sensoriales

Olor	Característico
Sabor	Característico

Standard Microbiológico

	<i>m</i>	<i>M</i>
Recuento de bacterias/g (n=5; c=2)	500	1000
Hongos y Levaduras ufo/g (n=5; c=1)	150	300
Coliformes MPN/g (n=5; c=0)	m = M = <10	
E.coli/10g (n=5; c=0)	Ausente	

Datos Nutricionales/100 g (*)

Valor energético, Kcal.	322
Sólidos totales, g	80.5
Total de carbohidratos, g	80.5
Azúcares simples, g	26.6
Otros carbohidratos, g	53.9
Cenizas	1.0

Envase y Almacenaje

Granel

En condiciones normales de manipuleo y conservación el producto se mantiene inalterable durante 3 meses.

Regulaciones

CAS no. 977004-12-8

R.N.P.A. 02-517.827

Beneficios

- Humectante
- Confiere transparencia y brillo
- Confiere viscosidad
- Controla el dulzor
- Evita la cristalización de la lactosa
- Evita la cristalización de la sacarosa
- Evita la exudación
- Promueve la reacción de Maillard, responsable del color, aroma y sabor
- En ketchup, salsas y jugos: proporciona estabilidad en el color y ajuste de consistencia.
- En arroz: produce una película que envuelve al grano, confinando brillo y viscosidad.

2) Especificaciones organolépticas, fisicoquímicas, microbiológicas y nutricionales del **sorbitol** (marca La Roquette) utilizado para efectuar la DO.

DESCRIPCIÓN

Humectante y edulcorante de carga.

INGREDIENTES

Sorbitol cristalino.

APLICACIÓN

Elaboración de caramelos, chiches sin azúcar y edulcorante de mesa.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

Apariencia: Polvo cristalino	Olor: Inodoro
Color: Blanco	Sabor: Ligeramente dulce

Materias extrañas: ≤ 5/100g (puntos negros)

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Granulometría: ≥ 95% mayor de 53 μm; ≤ 5% mayor de 400 μm

Humedad: ≤ 5%

Conductividad: ≤ 20 μS/cm

Extracto seco: 99,8%

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Aerobios mesófilos: ≤ 100 u.f.c./g

Mohos y levaduras: ≤ 10 u.f.c./g

INFORMACIÓN NUTRICIONAL (por 100 g)

Valor energético:	239 Kcal	998 KJ
Proteínas:	< 0,02 g	
Hidratos de carbono:	99,8 g (polioles)	
de los cuales azúcares:	0 g	
Fibra:	0 mg	
Grasas:	0 g	
de las cuales saturadas:	0 g	
Sal:	< 0,01 g	

3) Especificaciones organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas de la **sacarosa** (marca Ledesma) utilizada para efectuar la DO.

Especificaciones Fisicoquímicas	
Aspecto	Cristales blancos transparentes duros.
Sabor	Dulce característico.
Olor	Libre de olores extraños.
Polarización	≥ 99.7 .
Humedad (%)	≤ 0.05 .
Azúcar Invertido (%)	≤ 0.05 .
Ceniza Conductimétrica (%)	≤ 0.05 .
Color (°I)	≤ 105 .
SO ₂ (ppm)	≤ 40 .
Arsénico (ppm)	≤ 1 .
Cobre (ppm)	≤ 2 .
Plomo (ppm)	≤ 0.5 .
Especificaciones Microbiológicas	
Bacterias aerobias totales (ufc/10 g)	≤ 200 .
Hongos (ufc/10g)	≤ 10 .
Levaduras (ufc/10g)	≤ 10 .

ANEXO 2

Planillas sensoriales.

Planilla 1. Prueba de diferencia con un control

DIFERENCIA CON UN CONTROL

NOMBRE:.....

EVALUADOR N°:.....

FECHA:/...../.....

Usted recibirá una muestra control (marcada con una K) y en forma sucesiva otras cuatro muestras numeradas. Comparar cada muestra contra el control y asignarle un número de acuerdo a la escala. El atributo a comparar es: **Apariencia General, SABOR y COLOR CARACTERÍSTICO A PAPA HERVIDA.**

-4 MUCHO MENOS SABOR A PAPA HERVIDA

-3 MODERADAMENTE MENOS SABOR A PAPA HERVIDA

-2 LIGERAMENTE MENOS SABOR A PAPA HERVIDA

-1 APENITAS MENOS SABOR A PAPA HERVIDA

-0 IGUAL AL CONTROL

+1 APENITAS MAS SABOR A PAPA HERVIDA

+2 LIGERAMENTE MAS SABOR A PAPA HERVIDA

+3 MODERADAMENTE MAS SABOR A PAPA HERVIDA

+4 MUCHO MAS SABOR A PAPA HERVIDA

MUESTRA

PUNTAJE

.....

.....

.....

.....

Planilla 2. Cuestionario de preselección de panelistas

Nombre y Apellido:

Lugar de trabajo:

Edad: años

Sexo: M () F ()

Consume Ud. este tipo de producto:

Habitualmente () Moderadamente () Ocasionalmente ()

¿Dispone Ud. de 15 minutos aproximadamente a las 11 hs. para realizar el ensayo?

Sí () No ()

Lunes () Martes () Miércoles () Jueves () Viernes ()

Le agradecemos su colaboración. En el caso que Ud. participe se le comunicará a la brevedad la fecha de realización del ensayo.

Planilla 3. Formulario de preselección de panelistas

Nombre y Apellido:	Fecha: / /
Edad (años):	Sexo: M () F ()
Estudios cursados:	Secundario: () Terciario: () Universitario: ()
¿Tiene interés en participar en un jurado de Evaluación Sensorial de alimentos? Si: () No: ()	
¿Adolece de afecciones actuales? Si: () No: ()	
¿Enfermedades crónicas? Si: () No: ()	
¿Alergias? Si: () No: ()	
¿Diabetes? Si: () No: ()	Hipertensión? Si: () No: ()
¿Vías respiratorias? Si: () No: ()	Aparato digestivo? Si: () No: ()
Otra que considere importante:	
¿Fuma? Si: () No: () Mas de () , Menos de () , cigarrillos diarios	
¿Tiene prejuicios o le disgustan los siguientes alimentos? Carne vacuna () , Cerdo () , Pescado () , Mariscos () , Aves () , Huevos () , Leche o derivados () , Frutas () , Verduras ()	
¿Ha participado antes en un Jurado de Evaluación Sensorial de Alimentos? Si () No () Dispone de 30 minutos entre las 11.00 y las 12.00 hs? Si () No () Días disponibles: Lunes () Martes () Miércoles () Jueves () Viernes ()	
Observaciones o aclaraciones que considere necesario:	

Planilla 4. Ensayo triangular

NOMBRE:	FECHA:
Producto: Gaseosa y mermeladas	
De las tres muestras que se le presentan, dos son iguales y una es distinta. Marque con un círculo el número de muestra que considera que es distinta. Ud. debe efectuar una elección.	
CÓDIGO GASEOSAS:	_____
CÓDIGO MERMELADAS:	_____

Planilla 5. Ensayo dúo-trío

NOMBRE:	FECHA:
PRODUCTO:	
A Ud. se le presenta una muestra control "R" y dos muestras codificadas, una igual al control y la otra diferente. ¿Cuál de las dos muestras codificadas es diferente al control?	
CÓDIGO:	_____
MUESTRA DIFERENTE A "R":	_____

Planilla 6. Ensayo de caracterización sensorial de cubos de papa DO.

APELLIDO Y NOMBRE:

FECHA:

**APARIENCIA
GENERAL**

Mala

muy buena

OLOR CARACTERÍSTICO

OTRO OLOR

Código Olor

COLOR

OTRO COLOR

Código Color

SABOR CARACTERISTICO

OTRO SABOR

Código Sabor

DUREZA

HUMEDAD

OBSERVACIONES:

Planilla 7. Aceptabilidad por atributo en muestras cubos de papa DO.

Utilizando la siguiente escala, por favor evalúe la aceptabilidad de cada atributo. Primero evalúe todos los atributos de la primera muestra, luego de la segunda y así sucesivamente.

Aceptabilidad general:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente				ni me gusta ni me disgusta				Me gusta extremadamente

Color

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente				ni me gusta ni me disgusta				Me gusta extremadamente

Sabor

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente				ni me gusta ni me disgusta				Me gusta extremadamente

Dureza

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me disgusta Extremadamente				ni me gusta ni me disgusta				Me gusta extremadamente

Anexo 3

Tablas de significancia: 1) Ensayo de ordenamiento, 2) Ensayo triangular, 3) Ensayo dúo trio y 4) Ensayo por pares.

1)

Tabla - Valores críticos para el método de Friedman (niveles de 0,05 y 0,01)

Número de evaluadores, J	Número de muestras (o productos) P					
	3	4	5	3	4	5
	Niveles de significación $\alpha = 0,05$			Niveles de significación $\alpha = 0,01$		
2	--	6,00	7,60	--	--	8,00
3	6,00	7,00*	8,53	--	8,20	10,13
4	6,50	7,50*	8,80	8,00	9,30*	11,00
5	6,40	7,80	8,96	8,40	9,96	11,52
6	6,33*	7,60	9,49**	9,00	10,20	13,28**
7	6,00	7,62	9,49**	8,85	10,37	13,28**
8	6,25	7,65	9,49**	9,00	10,35	13,28**
9	6,22	7,81**	9,49**	8,66	11,34**	13,28**
10	6,20	7,81**	9,49**	8,60*	11,34**	13,28**
11	6,54	7,81**	9,49**	8,90*	11,34**	13,28**
12	6,16*	7,81**	9,49**	8,66*	11,34**	13,28**
13	6,00	7,81**	9,49**	8,76*	11,34**	13,28**
14	6,14	7,81**	9,49**	9,00	11,34**	13,28**
15	6,40	7,81**	9,49**	8,93	11,34**	13,28**

Tabla - Valores críticos de la distribución χ^2 (Niveles de 0,05 y 0,01)

Número de muestras (o de productos), P	Número de grados de libertad de χ^2 (v = P - 1)	Nivel de significación, α	
		$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
3	2	5,99	9,21
4	3	7,81	11,34
5	4	9,49	13,28
6	5	11,07	15,09
7	6	12,59	16,81
8	7	14,07	18,47
9	8	15,51	20,09
10	9	16,92	21,67
11	10	18,31	23,21
12	11	19,67	24,72
13	12	21,03	26,22
14	13	22,36	27,69
15	14	23,68	29,14
16	15	25,00	30,58
17	16	26,30	32,00
18	17	27,59	33,41
19	18	28,87	34,80
20	19	30,14	36,19
21	20	31,41	37,57
22	21	32,67	38,93
23	22	33,92	40,29
24	23	35,17	41,64
25	24	36,41	42,98
26	25	37,65	44,31
27	26	38,88	45,64
28	27	40,11	46,96
29	28	41,34	48,28
30	29	42,56	49,59
31	30	43,77	50,89

2)

Anexo A
(Normativo)

Tablas

A.1 Los valores dados en la tabla A.1 representan el número mínimo de respuestas correctas requeridas para una significación en el nivel de riesgo alfa (α) establecido (en columnas) para el número correspondiente de evaluadores, n (en filas). Se rechaza la suposición de no diferencia si el número de respuestas correctas es mayor o igual al valor dado en la tabla A.1.

Tabla A.1 - Número mínimo de respuestas correctas necesarias para concluir que existe una diferencia perceptible basada en el ensayo triangular

n	α					n	α				
	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001		0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
6	4	5	5	6	-	27	12	13	14	16	18
7	4	5	5	6	7	28	12	14	15	16	18
8	5	5	6	7	8	29	13	14	15	17	19
9	5	6	6	7	8	30	13	14	15	17	19
10	6	6	7	8	9						
						31	14	15	16	18	20
11	6	7	7	8	10	32	14	15	16	18	20
12	6	7	8	9	10	33	14	15	17	18	21
13	7	8	8	9	11	34	15	16	17	19	21
14	7	8	9	10	11	35	15	16	17	19	22
15	8	8	9	10	12						
						36	15	17	18	20	22
16	8	9	9	11	12	42	18	19	20	22	25
17	8	9	10	11	13	48	20	21	22	25	27
18	9	10	10	12	13	54	22	23	25	27	30
19	9	10	11	12	14	60	24	26	27	30	33
20	9	10	11	13	14	66	26	28	29	32	35
21	10	11	12	13	15	72	28	30	32	34	38
22	10	11	12	14	15	78	30	32	34	37	40
23	11	12	13	14	16	84	33	35	36	39	43
24	11	12	13	15	16	90	35	37	38	42	45
25	11	12	14	15	17	96	37	39	41	44	48
26	12	13	14	15	17	102	39	41	43	46	50

NOTA 1. Los valores de la tabla son exactos porque están basados en la distribución binomial. Para valores de n que no figuran en la tabla, se calculan valores aproximados de las entradas omitidas basados en la aproximación normal de la distribución binomial de la manera siguiente:
El número mínimo de respuestas (x) = número entero más cercano mayor que:

$$x = (n/3) + z\sqrt{2n/9}$$

donde z varía con el nivel de significación siguiente: 0,84 para $\alpha = 0,20$; 1,28 para $\alpha = 0,10$; 1,64 para $\alpha = 0,05$; 2,33 para $\alpha = 0,01$; 3,09 para $\alpha = 0,001$.

NOTA 2. Los valores de $n < 18$ no son normalmente recomendados en un ensayo triangular para diferencia.

NOTA 3. Adaptado de la Referencia [8].

3)

El número mínimo de evaluadores (respuestas) para un nivel de significancia dado será el establecido según la tabla 1.

Tabla 1

Número de respuestas	Número mínimo de respuestas correctas para un nivel de significancia de		
	5 % ($\alpha \leq 0,05$)	1 % ($\alpha \leq 0,01$)	0,1 % ($\alpha \leq 0,001$)
7	7	7	-
8	7	8	-
9	8	9	-
10	9	10	10
11	9	10	11
12	10	11	12
13	10	12	13
14	11	12	13
15	12	13	14
16	12	14	15
17	13	14	16
18	13	15	16
19	14	15	17
20	15	16	18
21	15	17	18
22	16	17	19
23	16	18	20
24	17	19	20
25	18	19	21
30	20	22	24
35	23	25	27
40	26	28	31
45	29	31	34
50	32	34	37
60	37	40	43
70	43	46	49
80	48	51	55
90	54	57	61
100	59	63	66

Notas:

- Los valores dados se calculan a partir de la fórmula exacta de la distribución binomial para el parámetro $P = 0,50$ con n repeticiones (respuestas).
- Cuando el número de respuestas es mayor que 100 ($n > 100$), es necesario utilizar la fórmula siguiente, basada en la aproximación normal de la distribución binomial, para dar el número mínimo de respuestas correctas.

El número mínimo de respuestas correctas es igual a la integral más cercana $\frac{n+1}{2} + k\sqrt{n}$

donde:
 $k = 0,82$ para $\alpha \leq 0,05$
 $k = 1,16$ para $\alpha \leq 0,01$
 $k = 1,55$ para $\alpha \leq 0,001$

Nota 2: Por ejemplo, es posible llevar a cabo la prueba con un mínimo de siete evaluadores a un nivel de significancia del 5 % ó 1 %, pero se requiere un mínimo de diez para un nivel de significancia del 0,1 %.

4)

Anexo A
(Normativo)

Tablas

A.1 Determinación de una diferencia perceptible o semejanza

Tabla A.1 - Número mínimo de respuestas correctas necesarias para concluir que existe una diferencia perceptible basada en un ensayo pareado unilateral^{(1) (2)}

n	α					n	α				
	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001		0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
10	7	8	9	10	10	36	22	23	24	26	28
11	8	9	9	10	11	37	22	23	24	27	29
12	8	9	10	11	12	38	23	24	25	27	29
13	9	10	10	12	13	39	23	24	26	28	30
14	10	10	11	12	13	40	24	25	26	28	31
15	10	11	12	13	14	41	24	25	26	28	31
16	11	12	12	14	15	44	25	27	28	31	33
17	11	12	13	14	16	48	28	29	31	33	36
18	12	13	13	15	16	52	30	32	33	35	38
19	12	13	14	15	17	56	32	34	35	38	40
20	13	14	15	16	18	60	34	36	37	40	43
21	13	14	15	17	18	64	36	38	40	42	45
22	14	15	16	17	19	68	38	40	42	45	48
23	15	16	16	18	20	72	41	42	44	47	50
24	15	16	17	19	20	76	43	45	46	49	52
25	16	17	18	19	21	80	45	47	48	51	55
26	16	17	18	20	22	84	47	49	51	54	57
27	17	18	19	20	22	88	49	51	53	56	59
28	17	18	19	21	23	92	51	53	55	58	62
29	18	19	20	22	24	96	53	55	57	60	64
30	18	20	20	23	24	100	55	57	59	63	66
31	19	20	21	23	25	104	57	60	61	65	69
32	19	21	22	24	26	108	59	62	64	67	71
33	20	21	22	24	26	112	61	64	66	69	73
34	20	22	23	25	27	116	64	66	68	71	76
35	21	22	23	25	27	120	66	68	70	74	78

NOTA 1. Los valores de la tabla son exactos porque están basados en la distribución binomial. Para los valores de n que no están incluidos en la tabla, se pueden calcular valores aproximados de las entradas omitidas de la manera siguiente: El número mínimo de respuestas (x) = número entero más cercano mayor que $x = (n + 1)/2 + z\sqrt{0,25n}$, donde z varía en función del nivel de significación como se indica a continuación: 0,84 para α = 0,20, 1,28 para α = 0,10, 1,64 para α = 0,05, 2,33 para α = 0,01, 3,29 para α = 0,001.

NOTA 2. Los valores de n < 18 no son normalmente recomendados en un ensayo pareado de diferencia.

²⁾ Los valores de esta tabla fueron calculados con la fórmula exacta de la distribución binomial para el parámetro p = 0,5 con n repeticiones mediante el software SAS desarrollado en la Referencia [4].

³⁾ Los valores corresponden al número mínimo de respuestas correctas que se requieren para significación al nivel de riesgo α indicado (es decir, columna), para el número de evaluadores correspondiente, n (es decir, fila). Se rechaza la afirmación de ninguna diferencia si el número de respuestas correctas es mayor o igual al valor en la tabla.

ANEXO 4

Ensayo preliminar para la selección de los solutos utilizados para la DO: Análisis sensorial de cubos de papa DO.

Ensayo 1: Evaluación de los cubos de papas DO por un panel sensorial de expertos.

Este ensayo se realizó al comienzo del estudio para establecer las condiciones óptimas de proceso. Se realizó la evaluación sensorial con un panel de experto con el objetivo de determinar si el producto DO, refrigerado y hervido era aceptable sensorialmente para su consumo con las condiciones de proceso utilizadas para elaborar el producto mínimamente procesado.

Se midió la apariencia general, el color y el sabor de los cubos de papas control y deshidratados osmóticamente en solución de SA, JG y SO (35%) y NaCl (5 %) más 0,5% AA y 0,5% AC, durante 2 horas a 40°C, luego hervidos hasta su cocción (20 min). La apariencia general fue mayor en la muestra control (puntaje=8.30), continuando con la muestra DO con SO (puntaje=7,13) y finalmente las muestras DO con JG (puntaje= 6,79) y SA (puntaje=6,33) ($p < 0,0001$).

Los cubos de papas control tuvieron una tonalidad amarillo claro (puntaje=4,51). Las muestras DO mostraron diferentes tonalidades de color amarillo en las muestras tratadas (puntaje de 5,06 para SO, 5,76 para JG y 6,45 para SA, en una escala de 0= amarillo débil a 10= amarillo fuerte). El sabor de las muestras DO con SO y JG se mostraron aceptables, obteniendo un puntaje en la escalada de 0= débil a papa a 10= intenso a papa hervida, de 6,26 y 5,63 para SO y JG, respectivamente. Sin embargo, cuando se utilizó como agente deshidratante la SA, el panel de experto arrojó un puntaje de 3,63, encontrando débil a papa hervida y sabor muy dulce en la papa. Para complementar esta información, se realizó un ensayo sensorial en consumidores.

Ensayo 2: Aceptabilidad sensorial: Ensayo de diferencia con un control.

La escala de los atributos evaluados en este ensayo se muestra en Planilla 1, Anexo 2.

La Tabla 1 muestra los valores de intensidad de los atributos sensoriales de la muestra control y las muestras DO en solución de SA, SO y JG.

Tabla 1. Intensidad de atributos sensoriales en muestras control y tratadas con SO, JG y SA: Apariencia general (AG), color y sabor

Atributo	Control	SO	JG	SA
AG	3,4 ^a	3,0 ^a	1,5 ^b	1,5 ^b
Color	0,37 ^a	-0,43 ^a	-1 ^b	-1,18 ^b
Sabor	0 ^a	-2,31 ^{cb}	-1,69 ^b	-2,93 ^c

Letras minúsculas indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$) para cada atributo entre las muestras.

La AG fue mejor en la muestra control, continuando con la muestra DO con SO y por último las menos aceptadas fueron las muestras DO con JG y SA. Se encontraron diferencias significativas en cuanto al color de las muestras DO entre los tratamientos aplicados. La muestra control presentó los valores de color más claro, las muestras tratadas DO en soluciones de SO, JG valores intermedios y la muestra DO en solución de SA un color más oscuro. El sabor característico a papa hervida fue mayor las muestras control, intermedio en las muestras tratadas con SO y con JG y menor en los cubos tratados en solución de SA, encontrándose en éstas últimas un sabor dulce. Estos resultados se condicen con los obtenidos por el panel de expertos en cuanto a los atributos de sabor y color en las muestras DO y hervidas.

Este resultado, nos permitió descartar el tratamiento de DO con SA y continuar con las condiciones de proceso con SO y JG (35%) más NaCl 5% y antioxidantes de 0,5%AA y 0,5% AC, para el estudio de los cubos de papa mínimamente procesados.

Ensayo 3. Selección y entrenamiento del panel para la Evaluación Sensorial de cubos de papas DO hervidos.

3.1 Selección y reclutamiento de evaluadores

Se realizó la selección de 17 personas perteneciente a la UIB (INTA, FCA Balcarce) mediante la Planilla 2 y 3, Anexo 2.

3.2 Entrenamiento general

Los ensayos empleados en el entrenamiento general fueron realizados para familiarizar a los candidatos con los métodos del análisis sensorial y también con los materiales que se emplearían en las evaluaciones.

A) Identificación de gustos básicos

Los gustos básicos probados por los panelistas fueron dulces, salados, ácidos y amargos. Se determinó el porcentaje de aciertos de las muestras en los gustos básicos. La mayoría de los panelistas detectaron los 4 gustos. Un solo evaluador de los 17, no detectó ni el gusto dulce ni el salado ni el ácido y dos de ellos no detectaron el gusto salado.

B) Identificación de olores

Los olores de las esencias más fácilmente detectadas en orden decreciente fueron lima limón, frutilla, banana, jamón, manteca y por último miel. Cuatro panelistas de los 17 panelistas detectaron más del 80% de las esencias probadas y el 60 % de aciertos y el resto menos del 50%. Con éstos últimos se repitió el ensayo hasta que obtuvieron más del 60% de aciertos.

C) Pruebas de ordenamiento por intensidad

Para los evaluadores, los gustos ácido y amargo fueron los más difíciles de ordenar de acuerdo a su concentración. Seis de 17 panelistas no encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), por lo tanto, se repitió el ensayo hasta lograr un resultado positivo.

D) Ensayos de diferenciación:

Ensayo triangular

En el ensayo triangular con gaseosas, 15 de 17 panelistas tuvieron una respuesta correcta y en el ensayo triangular con mermeladas 12 de los 17 panelistas tuvieron sus respuestas correctas. Dado que el valor del número de respuestas correctas (15 y 12) fue mayor que el valor del estadístico (10) (Tabla 2, Anexo 3) se concluyó que los panelistas pudieron discriminar entre las muestras, con un nivel de significancia de 0.05.

Ensayo dúo-trío

En el ensayo con jugos, 15 de 17 panelistas dieron una respuesta correcta y en el ensayo con yogurt y salchichas 12 de 17 panelistas acertaron la correcta. Dado que el valor del número de respuestas correctas (15 y 12) es mayor que el valor del estadístico tabulado (11) (Tabla 3, Anexo 3) se pudo concluir que los panelistas pudieron diferenciar las muestras entre sí, utilizando un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

3.3 Entrenamiento específico en el producto

De los 17 panelistas seleccionados, se convocaron 6 panelistas para continuar con el ensayo y el entrenamiento sensorial. Los panelistas fueron elegidos de acuerdo los resultados obtenidos en el entrenamiento general y de acuerdo a su disponibilidad de tiempo para evaluar las muestras.

A) Entrenamiento en el atributo sabor

Se realizaron pruebas de comparación por pares para entrenar a los panelistas en el atributo de sabor en cubos de papa, hervidos.

Se probaron los siguientes pares de muestras:

- a) Cubos de papa hervidos control y cubos de papas hervidos dulce
- b) Cubos de papa hervidos control y cubos de papas hervidos ácidos
- c) Cubos de papa hervidos control y cubos de papas hervidos salados

Los resultados de la prueba de comparación por pares de las muestras se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Comparación por pares de los cubos de papa hervidos control con los cubos de papas hervidos y tratados en solución de a) Sacarosa 1,6%; b) Ácido cítrico 0,1%, c) Cloruro de sodio 0,5 %.

Panelistas	a) control-dulce	b) control-ácido	c) control-salado
1	si	si	si
2	no	no	no
3	no	si	no
4	no	no	no
5	no	no	no
6	no	si	no

SI: si detectó la más dulce, ácida o salado; NO: no detectó la más dulce, ácida o salada

Los panelistas no detectaron diferencias entre la muestra control y la dulce ni entre la muestra control y la salada. La mitad de los panelistas pudo detectar diferencias entre la muestra control y la ácida.

La Tabla 3 muestra los resultados de los panelistas al aumentar la concentración de sacarosa, ácidos y cloruro de sodio.

Tabla 3. Comparación por pares de los cubos de papa hervidos control con los cubos de papas hervidos y tratados en solución de a) Sacarosa 3,2 %; b) Sacarosa 6,4%, c) Ácido cítrico 0,5%+ 0,5% Ácido ascórbico, d) Cloruro de sodio 5%.

Panelistas	a) control-dulce	b) control-dulce	c) control-ácido	d) control-salado
1	si	Si	si	si
2	no	Si	si	si
3	si	Si	si	si
4	no	Si	si	si
5	si	Si	si	si
6	si	Si	si	si

SI: detectó la más dulce, ácida o salado; NO: no detectó la más dulce, ácida o salada

Al aumentar la concentración de la solución de sacarosa (3,2%), 4 panelistas pudieron detectar diferencias en el sabor entre la muestra control y la muestra dulce. Cuando se utilizó solución de sacarosa 6,4% todos los panelistas detectaron el sabor dulce. Con respecto a las muestras ácida, se utilizó la misma concentración de ácidos (0,5% AA + 0,5% AC) y de cloruro de sodio (5%) que se utilizó en la solución del tratamiento de DO de los cubos de papa. Los panelistas pudieron detectar diferencias en el sabor de los cubos control y los ácidos y de los cubos control y salados.

B) Etapa de entrenamiento en el producto de papa y en la escala a utilizar

Los descriptores evaluados fueron: apariencia general (AG), olor, color, sabor, dureza y humedad. Se definió la forma de evaluación de los atributos evaluados según las Normas IRAM 20001(1995) e IRAM 20013, (1998) y referencias para cada atributo y se construyeron las escalas correspondientes de (0 a 10 puntos, Planilla 6, Anexo 2)

C) Fiabilidad del panel: Consistencia y uniformidad de los panelistas y consistencia del panel

Para estos ensayos se utilizó una muestra control (cubos de papa sin tratar hervidos), una muestra de cubos de papa sumergida en 5% de cloruro de sodio durante 2 horas y luego hervidos, y una muestra sumergida en una solución de DO de Jarabe de Glucosa 35% con 5% de cloruro de sodio y 0,5% AC y 0,5% AA durante 2 horas a 40°C, luego hervidos. Se realizaron 6 sesiones donde se les entregó a cada juez las tres muestras de cubos de papa hervidos con diferentes tratamientos en cada sesión.

A continuación, se presenta, los resultados obtenidos en esta fase:

Análisis de capacidad discriminatoria de cada panelista para cada atributo

Según Power y col. (1984) en los datos sensoriales obtenidos con pruebas multiescalares hay que considerar principalmente la eficacia de los jueces y si determinan diferencias estadísticamente significativas entre las muestras analizadas. Por otra parte, Derndorfer y col (2005) mencionan que, para determinar la habilidad de los panelistas para discriminar entre productos, se puede utilizar un ANOVA, en donde el p-valor por debajo del valor crítico establecido para un atributo específico demuestra que los panelistas discriminan entre muestras. En la Tabla 4 se muestran los niveles de significación, de las fuentes de variación, provenientes del análisis ANOVA realizado de los diferentes atributos de las diferentes muestras.

Tabla 4. p-valor de las muestras para cada atributo y cada evaluador.

Atributos	Panelistas					
	1	2	3	4	5	6
AG	<0,0001	<0,0001	0,0157	<0,0001	<0,0001	0,0048
Color	0,0197	0,0278	0,3422	0,0007	0,0404	0,3422
Olor	0,211	0,0142	0,1864	0,001	0,2113	0,1864
Sabor	0,0009	0,0311	0,0143	0,0004	<0,0001	0,0108
Dureza	<0,0001	0,0543	0,0245	0,0006	<0,0001	0,0006
Humedad	0,2106	0,6508	0,028	0,0148	0,0032	0,0655

Valores de $p \leq 0.5$ muestras diferencias significativas entre las muestras

Se observó buena capacidad discriminatoria en la evaluación de todos los atributos analizados para todos los panelistas en todas las sesiones (Tabla 4).

Análisis de reproducibilidad de cada panelista para cada atributo

Un panelista es considerado que tiene una reproducibilidad aceptable si los valores de p de la repetición para todos los atributos estudiados son no significativos al nivel de $\alpha = 0,05\%$. En cuanto a la fuente de variación repeticiones, en la Tabla 5 se puede observar los niveles de significación para todos los atributos. Se observó que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) para el efecto de las repeticiones de los panelistas, es decir, hubo concordancia estadística en las evaluaciones repetidas de una misma muestra.

Tabla 5. p-valor para las repeticiones para cada muestra y cada atributo.

Atributos	Panelistas					
	1	2	3	4	5	6
AG	0,2165	0,9596	0,962	0,3432	0,8343	0,7966
Color	0,973	0,6604	0,9196	0,6327	0,3314	0,9196
Olor	0,9785	0,4648	0,6394	0,8032	0,9784	0,6394
Sabor	0,1621	0,6874	0,6272	0,4355	0,1062	0,4859
Dureza	0,101	0,3205	0,248	0,5821	0,1033	0,1604
Humedad	0,3382	0,5036	0,1026	0,6164	0,8627	0,0844

Valores de $p > 0.05$ no muestran diferencias significativas en las diferentes repeticiones

Comportamiento global del panel

El panel se considera que tiene un adecuado comportamiento global cuando los panelistas muestran un p valor de cada muestra en cada atributo de 0,05. La concordancia de los juicios entre los miembros del panel se analizó entre el promedio de cada individuo y el valor promedio del conjunto de evaluadores en cada muestra y cada atributo (Figura 1, 2, 3 y 4).

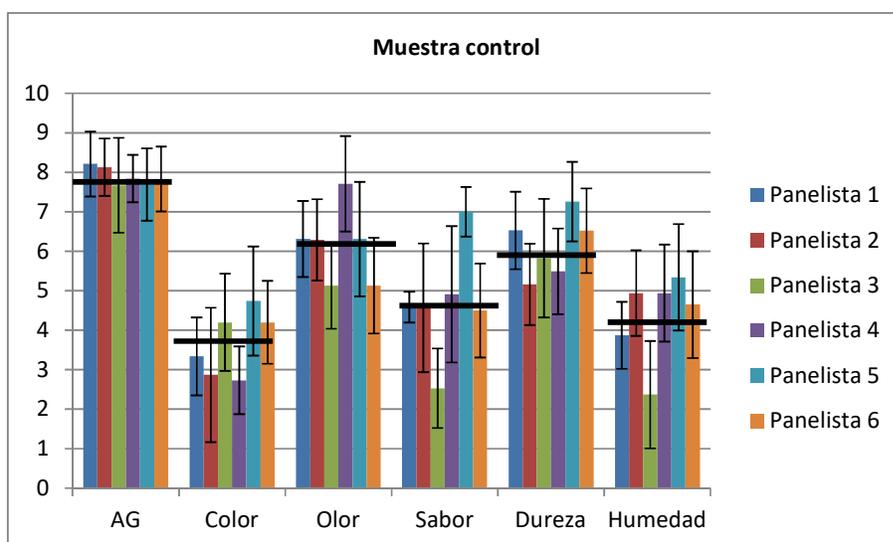


Figura 1. Valores promedio de cada panelista en cada atributo para la muestra Control y  el promedio general para cada atributo

En cuanto a la concordancia casi todos jueces fueron coherentes entre sí en la muestra control, pero concordaron con el panelista 3 en el atributo sabor y humedad y con el panelista 5 en el sabor.

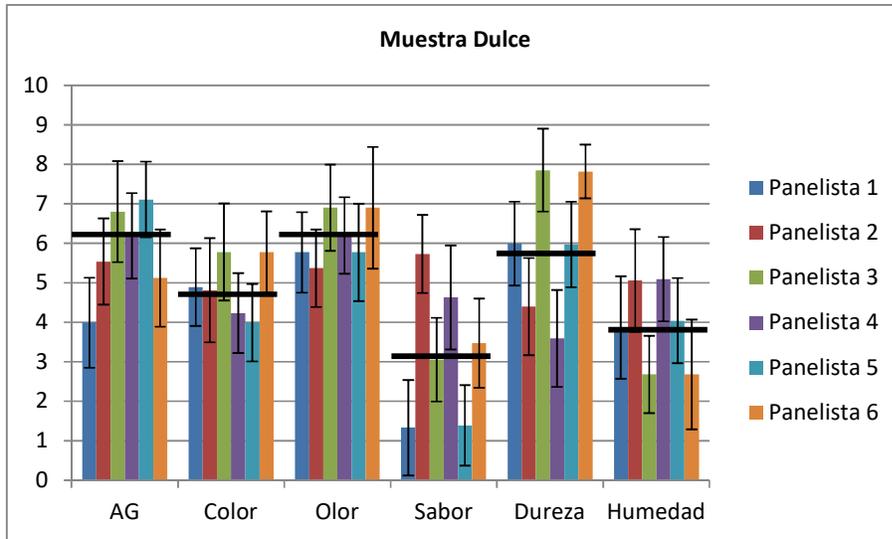


Figura 2. Valores promedio de cada panelista en cada atributo para la muestra Dulce y **_____** el promedio general para cada atributo

En la muestra Dulce los jueces 1, 4 y 5 no tuvieron concordancia en el atributo sabor, mientras que los jueces 3,4 y 6 no concordaron entre sí en la dureza.

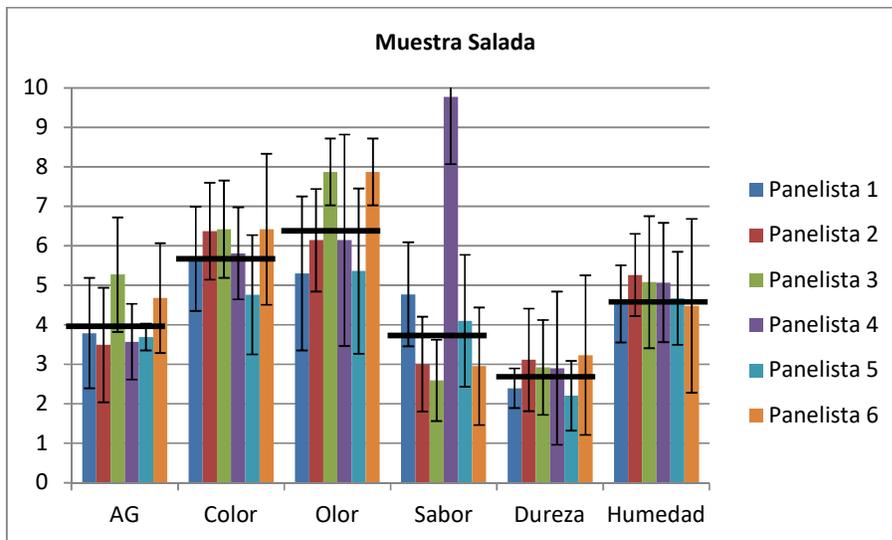


Figura 3. Valores promedio de cada panelista en cada atributo para la muestra Salada y **_____** el promedio general para cada atributo

En la muestra Salada se observó que no hubo concordancia en el olor de los panelistas 3 y 6 y el panelista 4 no concordó con el resto del panel en el sabor.

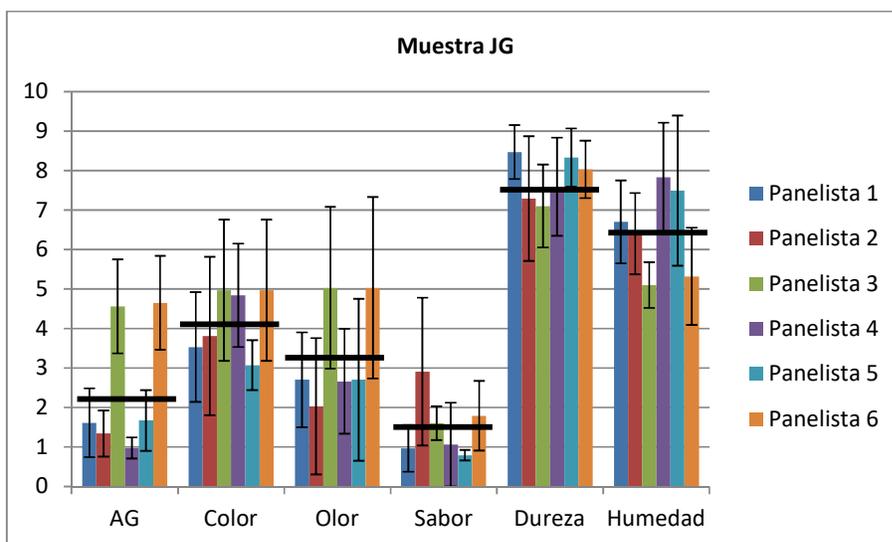


Figura 4. Valores promedio de cada panelista en cada atributo para la muestra JG y **_____** el promedio general para cada atributo

No todos los evaluadores concordaron en sus respuestas en la dureza y la humedad. Debido a la variabilidad encontrada se continuó trabajando con los panelistas para ajustar sus respuestas, encontrando mejor respuesta luego del entrenamiento.

En la Tabla 6 se muestran los resultados del análisis ANOVA de los diferentes atributos y muestras evaluadas.

Tabla 6. Valores de p- valor de todos los panelistas por muestra

Atributo	Control	Dulce	Salado	JG
AG	0,638	0,0188	0,0393	<0,0001
Color	0,0533	0,053	0,1812	0,0806
Olor	0,1068	0,6394	0,0093	0,0004
Sabor	0,0052	0,0001	0,0003	0,0033
Dureza	0,1487	0,0001	0,7456	0,2196
Humedad	0,1487	0,0002	0,462	0,0234

Valores de $p > 0,05$ no muestran diferencias significativas entre las muestras para cada atributo y cada muestra

Se observó que, en la muestra dulce, los panelistas mostraron un regular comportamiento ($p < 0,05$) en sus respuestas en los atributos sabor, dureza y humedad. En la muestra salada y JG, los atributos olor y sabor fueron difíciles de detectar por los panelistas. Por lo que se repitió este ensayo, realizando un mayor entrenamiento en dichos atributos, logrando mejorar sus respuestas.

ANEXO 5

Valores estadísticos de p-valor y F para las condiciones de proceso de deshidratación osmótica en cubos de papas.

Anexo 5.1 Valores estadísticos de p-valor y F obtenidos del efecto de las distintas condiciones de proceso sobre la pérdida de peso, pérdida de agua y ganancia de sólidos de los cubos de papas de la **variedad Spunta**.

1) Valores de p y F: **Efecto del tiempo de proceso** sobre la pérdida de peso **(a)**, pérdida de agua **(b)** y la ganancia de sólidos **(c)** en cubos de papas de la **variedad Spunta** sometidos a DO en soluciones de jarabe de glucosa, sorbitol y sacarosa en concentraciones de 25 y 45% más NaCl al 5% y antioxidantes: 0,5% de AA + 0,5% AC a 40, 50 y 60°C.

(a)

T(°C)	Conc. %	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		p	F	p	F	p	F
40	25	0,004	27,31	0,0114	15,56	0,0005	79,61
	45	0,0017	42,49	0,0016	43,83	0,0163	12,72
50	25	0,128	3,52	0,0113	15,65	0,0106	16,16
	45	0,0022	37,67	0,101	16,64	0,0031	31,19
60	25	0,0596	4,89	0,0557	4,66	0,0123	14,91
	45	0,0014	46,47	0,0189	11,7	0,0061	21,86

(b)

T(°C)	Conc. %	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		p	F	p	F	p	F
40	25	0,003	31,88	0,011	15,81	0,0018	41,73
	45	0,0031	31,47	0,001	56,3	0,0008	62,18
50	25	0,0209	11,07	0,0149	13,41	0,0042	26,61
	45	0,0008	63,46	0,0061	21,79	0,0013	48,3
60	25	0,0107	16,05	0,0345	8,26	0,0004	88,87
	45	0,0028	32,66	0,0049	24,54	0,0006	71,78

(c)

T(°C)	Conc. %	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		p	F	p	F	p	F
40	25	0,0213	10,94	0,0228	10,53	0,1268	3,54
	45	0,0065	21,02	0,02	11,34	0,2218	2,28
50	25	0,0437	7,16	0,0195	11,5	0,0193	11,57
	45	0,0392	7,65	0,0042	26,6	0,0591	4,22
60	25	0,0095	17,21	0,1676	2,87	0,005	24,37
	45	0,0009	60,21	0,0044	25,94	0,0073	19,75

2) Valores de p y F: **Efecto de las temperaturas** ensayadas sobre la pérdida de peso (a), la pérdida de agua (b) y la ganancia de sólidos (c) en cubos de papas de la **variedad Spunta** sometidos a DO en soluciones de jarabe de glucosa, sorbitol y sacarosa en concentraciones de 25 y 45% más NaCl al 5% y antioxidantes: 0,5% de AA + 0,5% AC en cada tiempo de proceso estudiado (1, 2, 3 y 4 horas).

(a)

tiempo (h)	Conc. %	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		p	F	p	F	p	F
1	25	0,0003	322,97	0,002	91,74	0,008	35,99
	45	0,006	44,06	0,003	7046	0,0063	42,32
2	25	0,0102	30,46	0,0281	14,74	0,0001	1167,74
	45	0,0038	60,09	0,00767	6,81	0,0081	35,58
3	25	0,021	18,2	0,028	14,77	0,0033	65,76
	45	0,0034	65,47	0,01387	4,1	0,0179	20,4
4	25	0,0172	21,01	0,0579	8,53	0,04074	11,18
	45	0,027	74,99	0,1159	4,81	0,0266	15,35

(b)

tiempo (h)	Conc. %	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		p	F	p	F	p	F
1	25	0,0044	54,39	0,0054	47,38	0,0015	114,21
	45	0,0217	17,76	0,0049	50,71	0,0004	260,9
2	25	0,0118	27,41	0,046	10,19	0,0007	186,42
	45	0,0023	84,18	0,0158	22,27	0,0064	41,97
3	25	0,0119	27,36	0,0252	15,97	0,0096	31,81
	45	0,0143	23,91	0,0355	12,39	0,0043	55,22
4	25	0,0138	24,61	0,0128	25,97	0,0031	68,83
	45	0,0006	215,95	0,0139	24,45	0,0023	83,66

(c)

tiempo (h)	Conc. %	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		p	F	p	F	p	F
1	25	0,0217	17,77	0,0276	14,91	0,0569	8,64
	45	0,0266	17,09	0,0392	11,49	0,018	20,32
2	25	0,0004	274	0,0103	30,19	0,0092	32,76
	45	0,0245	16,27	0,0191	19,53	0,0048	51,03
3	25	0,0306	13,82	0,004	57,79	0,0622	8,05
	45	0,037	61,38	0,0075	37,69	0,0542	8,89
4	25	0,0009	158,96	0,1209	4,64	0,013	25,65
	45	0,0094	32,23	0,0015	111,59	0,0187	19,82

3) Valores de p y F: **Efecto de los solutos** utilizados para la DO sobre la pérdida de peso (a), pérdida de agua (b) y la ganancia de sólidos (c) en cubos de papas de la **variedad Spunta**, en soluciones de 25 y 45% más NaCl al 5% y antioxidantes: 0,5% de AA + 0,5% AC en cada tiempo de proceso estudiado (1, 2, 3 y 4 horas) en cada temperatura ensayada: 40, 50 y 60°C.

(a)

		Temperatura					
		40°C		50°C		60°C	
tiempo (h)	Conc. %	p	F	p	F	p	F
1	25	0,002	93,79	0,003	70,86	0,0389	11,56
	45	0,0026	77,82	0,0004	258,25	0,0024	81,14
2	25	0,0003	333,34	0,0345	12,66	0,0086	34,37
	45	0,0046	52,72	0,0086	34,22	0,0012	127,5
3	25	0,0247	16,21	0,0058	45,23	0,0115	27,86
	45	0,003	70,46	0,0046	52,64	0,0163	21,86
4	25	0,0007	184,96	0,025	16,02	0,0818	6,46
	45	0,002	91,65	0,0149	23,24	0,0028	73,67

(b)

		Temperatura					
		40°C		50°C		60°C	
tiempo (h)	Conc. %	p	F	p	F	p	F
1	25	0,016	22,13	0,0622	87,22	0,0462	10,15
	45	0,005	49,98	0,0026	78,21	0,0005	245,35
2	25	0,0069	39,75	0,0655	7,73	0,0008	165,98
	45	0,0041	56,41	0,0069	39,96	0,0006	220,48
3	25	0,0393	11,48	0,0157	22,38	0,0036	62,13
	45	0,0009	159,32	0,0092	32,66	0,0388	11,59
4	25	0,0103	30,29	0,0074	37,87	0,0288	14,46
	45	0,0002	384,25	0,0076	38,01	0,0011	141,68

(c)

		Temperatura					
		40°C		50°C		60°C	
tiempo (h)	Conc. %	p	F	p	F	p	F
1	25	0,1284	4,39	0,0778	6,73	0,0159	22,18
	45	0,1087	5,09	0,1054	5,22	0,0034	64,62
2	25	0,006	44,07	0,0134	25,04	0,0101	30,59
	45	0,0138	24,55	0,0207	18,42	0,0031	69,54
3	25	0,0984	5,54	0,0239	16,56	0,0072	38,71
	45	0,0195	19,18	0,018	20,35	0,0011	142,36
4	25	0,0252	15,94	0,0054	47,25	0,0611	8,17
	45	0,0001	1026,35	0,0195	19,13	0,0061	43,39

Anexo 5.2 Valores estadísticos de p-valor y F obtenidos del efecto de las distintas condiciones de proceso sobre la pérdida de peso, pérdida de agua y ganancia de sólidos de los cubos de papas de la **variedad Innovator**.

1) Valores de p y F: **Efecto del tiempo de proceso** sobre la pérdida de peso **(a)**, pérdida de agua **(b)** y la ganancia de sólidos **(c)** en cubos de papas de la **variedad Innovator** sometidos a DO en soluciones de jarabe de glucosa, sorbitol y sacarosa en concentraciones de 25 y 45% más NaCl al 5% y antioxidantes: 0,5% de AA + 0,5% AC a 40, 50 y 60°C.

(a)

		JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
T(°C)	Conc. %	p	F	p	F	p	F
40	25	0,004	27,31	0,0114	15,56	0,0005	79,61
	45	0,0017	42,49	0,0016	43,83	0,0163	12,72
50	25	0,128	3,52	0,0113	15,65	0,0106	16,16
	45	0,0022	37,67	0,101	16,64	0,0031	31,19
60	25	0,0596	4,89	0,0557	4,66	0,0123	14,91
	45	0,0014	46,47	0,0189	11,7	0,0061	21,86

(b)

T(°C)	Conc. %	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		p	F	p	F	p	F
40	25	0,038	28,18	0,0001	154,46	0,0135	14,17
	45	0,0041	26,91	0,0082	18,61	0,0537	6,31
50	25	0,002	38,85	0,0003	97,19	0,0348	8,22
	45	0,004	25,98	0,0021	38,59	0,0007	66,14
60	25	0,0005	79,88	0,0004	89,39	0,0005	82,51
	45	0,0004	84,59	0,0031	31,49	0,0022	37,64

(c)

T(°C)	Conc. %	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		p	F	p	F	p	F
40	25	0,0002	141,29	0,0046	25,34	0,042	7,34
	45	0,0062	21,69	0,0014	47,12	0,0084	18,41
50	25	0,1418	3,26	0,0043	26,13	0,0037	28,41
	45	0,0686	5,39	0,0021	38,61	0,0018	41,63
60	25	0,0895	4,52	0,0118	15,26	0,015	13,33
	45	0,026	9,76	0,0004	85,17	0,0065	21,17

2) Valores de p y F: **Efecto de las temperaturas** ensayadas sobre la pérdida de peso (a), la pérdida de agua (b) y la ganancia de sólidos (c) en cubos de papas de la **variedad Innovator** sometidos a DO en soluciones de jarabe de glucosa, sorbitol y sacarosa en concentraciones de 25 y 45% más NaCl al 5% y antioxidantes: 0,5% de AA + 0,5% AC en cada tiempo de proceso estudiado (1, 2, 3 y 4 horas).

(a)

tiempo (h)	Conc. %	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		p	F	p	F	p	F
1	25	0,0095	31,88	0,0048	51,49	0,0079	36,36
	45	0,0042	55,75	0,0436	10,6	0,1167	4,78
2	25	0,0237	16,69	0,0013	121,31	0,0115	27,9
	45	0,0103	30,09	0,0028	74,14	0,02	18,87
3	25	0,00024	82,79	0,019	19,59	0,0097	31,38
	45	0,0021	90,16	0,0439	10,55	0,0421	10,89
4	25	0,0005	234,74	0,0114	28,11	0,0224	17,36
	45	0,0209	18,26	0,7	0,4	0,0931	2,99

(b)

tiempo (h)	Conc. %	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		p	F	p	F	p	F
1	25	0,0008	168,13	0,002	93,3	0,0022	87,4
	45	0,0008	175,55	0,0218	17,72	0,047	6,74
2	25	0,0141	24,2	0,0029	71,65	0,017	21,18
	45	0,011	28,77	0,0032	67,4	0,0022	86,63
3	25	0,0073	38,44	0,0057	45,72	0,0175	20,72
	45	0,0005	242,75	0,0056	45,97	0,0086	36,03
4	25	0,0033	66	0,0014	116,56	0,0102	30,42
	45	0,0185	19,96	0,0102	30,43	0,0384	11,68

(c)

tiempo (h)	Conc. %	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
		p	F	p	F	p	F
1	25	0,0007	192,27	0,0029	71,76	0,0176	20,67
	45	0,0234	16,85	0,0025	80,48	0,008	36,11
2	25	0,01013	5,41	0,0211	18,13	0,0004	269,39
	45	0,0221	17,55	0,0037	61,3	0,0295	14,22
3	25	0,049	5,56	0,0005	233,85	0,0589	8,41
	45	0,0988	5,52	0,0049	50,35	0,0007	184,36
4	25	0,0281	14,72	0,0055	46,41	0,0037	61,59
	45	0,0252	15,96	0,0322	13,33	0,0034	65,26

3) Valores de p y F: **Efecto de los solutos** utilizados para la DO sobre la pérdida de peso **(a)**, pérdida de agua **(b)** y la ganancia de sólidos **(c)** en cubos de papas de la **variedad Innovator**, en soluciones de 25 y 45% más NaCl al 5% y antioxidantes: 0,5% de AA + 0,5% AC en cada tiempo de proceso estudiado (1, 2, 3 y 4 horas) en cada temperatura ensayada: 40, 50 y 60°C.

(a)

		Temperatura					
		40°C		50°C		60°C	
tiempo (h)	Conc. %	p	F	p	F	p	F
1	25	0,0191	19,47	0,0203	18,64	0,0008	179,3
	45	0,0069	39,71	0,0059	44,48	0,0017	102,69
2	25	0,006	44,11	0,0435	10,62	0,0006	209,92
	45	0,0007	182,22	0,0024	82,17	0,0458	10,22
3	25	0,0093	32,4	0,0109	28,93	0,0017	102,69
	45	0,0148	23,4	0,0023	84,67	0,0321	13,37
4	25	0,0002	414,31	0,01428	3,99	0,0002	482
	45	0,0169	21,25	0,004	58,17	0,0119	27,27

(b)

		Temperatura					
		40°C		50°C		60°C	
tiempo (h)	Conc. %	p	F	p	F	p	F
1	25	0,0023	83,78	0,0002	369,19	0,0052	48,34
	45	0,0044	54,02	0,0019	95,11	0,011	28,64
2	25	0,0265	15,39	0,0326	13,19	<0,0001	1522,59
	45	0,0023	83,71	0,0062	42,79	0,0015	110,98
3	25	0,0051	49,35	0,0049	51,45	0,003	69,89
	45	0,0146	23,66	0,0003	306,59	0,0041	57,3
4	25	0,0061	43,27	0,0498	9,58	0,0018	98,92
	45	0,0159	22,23	0,0023	84,35	0,0067	40,56

(c)

		Temperatura					
		40°C		50°C		60°C	
tiempo (h)	Conc. %	p	F	p	F	p	F
1	25	0,0006	213,71	0,0018	99,86	0,011	28,91
	45	0,0134	25,06	0,0012	129	0,0172	21,03
2	25	0,004	58,46	0,1134	4,9	0,0126	26,18
	45	0,0029	72,36	0,0129	25,7	0,0536	9,06
3	25	0,0444	7,84	0,0118	27,47	0,0307	13,78
	45	0,0038	59,87	0,0785	6,65	0,0061	43,4
4	25	0,0001	1063	0,0537	9,04	0,0933	5,79
	45	0,0039	59,15	0,0139	24,46	0,0144	23,85

Anexo 5.3 Valores estadísticos de p-valor y F obtenidos del **efecto de las distintas variedades de papa** utilizadas para la deshidratación osmótica con las distintas condiciones de proceso: soluciones de JG, SO y SA en concentraciones de 25 y 45% más NaCl al 5% y antioxidantes: 0,5% de AA + 0,5% AC a 40, 50 y 60°C, tiempo de DO 1, 2, 3 y 4 horas, sobre la pérdida de peso **(a)**, pérdida de agua **(b)** y ganancia de sólidos **(c)** de los cubos de papas.

(a)

T(°C)	Conc. %	Tiempo DO (h)	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
			p	F	p	F	p	F
40	25	1	0,139	5,73	0,3511	1,43	0,0701	12,78
		2	0,1564	4,94	0,0369	25,6	0,8862	0,03
		3	0,4061	1,09	0,8946	0,02	0,5742	0,44
		4	0,0361	26,22	0,5218	0,59	0,1443	5,47
50	25	1	0,3264	1,66	0,0799	11,04	0,52	0,58
		2	0,694	0,21	0,54	0,54	0,8104	0,07
		3	0,1948	3,69	0,4093	1,07	0,2774	2,19
		4	0,1977	3,61	0,9743	0,0003	0,8292	0,001
60	25	1	0,0168	57,92	0,061	14,35	0,9515	1,3
		2	0,1548	5	0,4442	0,89	0,0835	10,49
		3	0,1438	5,49	0,6238	0,33	0,1357	5,9
		4	0,1896	3,93	0,3475	1,48	0,2443	2,66
40	45	1	0,1038	8,16	0,0811	0,02	0,5492	0,51
		2	0,33	1,63	0,1442	5,47	0,3217	1,7
		3	0,0959	8,95	0,1381	5,78	0,1965	3,64
		4	0,9343	0,01	0,2471	2,62	0,8545	0,04
50	45	1	0,7391	0,15	0,726	0,16	0,1906	3,8
		2	0,8857	0,03	0,1428	5,54	0,0033	304,16
		3	0,6693	0,25	0,5403	0,54	0,3679	1,33
		4	0,3218	1,7	0,2381	2,77	0,296	1,96
60	45	1	0,3118	1,8	0,4043	1,1	0,0427	21,92
		2	0,9951	0,0004	0,1018	8,35	0,065	13,89
		3	0,618	0,34	0,3227	1,3	0,0157	62,02
		4	0,8441	0,05	0,0137	71,32	0,0435	21,48

(b)

T(°C)	Conc. %	Tiempo DO (h)	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
			p	F	p	F	p	F
40	25	1	0,6536	0,27	0,4079	1,08	0,0483	19,22
		2	0,2491	2,6	0,4639	0,81	0,4966	0,68
		3	0,7441	0,14	0,2706	2,27	0,1985	3,59
		4	0,5754	0,44	0,0626	14,49	0,5109	0,63
50	25	1	0,2308	2,9	0,9279	0,01	0,3474	1,48
		2	0,9563	3,3	0,5406	6,54	0,8216	0,07
		3	0,3179	1,74	0,2482	2,6	0,111	7,53
		4	0,0493	19,2	0,4977	0,69	0,5084	0,64
60	25	1	0,495	0,68	0,295	1,98	0,7887	0,09
		2	0,0256	37,57	0,0416	22,54	0,0179	54,37
		3	0,2983	1,94	0,7569	0,13	0,8346	0,06
		4	0,9966	2,5	0,4405	0,91	0,0738	12,06
40	45	1	0,3764	1,27	0,8873	0,03	0,6896	0,21
		2	0,0107	92,26	0,077	11,5	0,4489	0,87
		3	0,2138	3,24	0,1767	4,21	0,0968	8,85
		4	0,7593	0,12	0,1637	4,65	0,1575	4,89
50	45	1	0,88	0,03	0,5983	0,38	0,0546	16,83
		2	0,4233	1	0,282	2,13	0,5947	0,39
		3	0,1028	8,26	0,0797	11,07	0,437	0,93
		4	0,139	5,71	0,7139	0,18	0,1721	4,2
60	45	1	0,2622	2,39	0,9175	0,01	0,0438	21,32
		2	0,9939	0,0007	0,4958	0,721	0,4206	1,01
		3	0,7878	0,09	0,5668	0,46	0,1699	4,43
		4	0,0603	15,09	0,0597	15,27	0,1449	5,44

(c)

T(°C)	Conc. %	Tiempo DO (h)	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL		SACAROSA	
			p	F	p	F	p	F
40	25	1	0,1045	8,1	0,2556	2,64	0,3442	1,51
		2	0,014	69,94	0,1899	3,89	0,4744	0,76
		3	0,1328	6,07	0,0719	12,43	0,7568	0,13
		4	0,0361	26,26	0,4119	1,06	0,0983	8,69
50	25	1	0,3409	1,54	0,2967	1,96	0,1348	5,95
		2	0,9077	0,02	0,2365	2,79	0,009	109,23
		3	0,8469	0,05	0,1153	7,21	0,3986	1,13
		4	0,254	2,51	0,0738	12,07	0,0807	10,92
60	25	1	0,8478	0,05	0,4312	0,96	0,4524	0,86
		2	0,7307	0,16	0,3108	1,81	0,3242	1,68
		3	0,9071	0,02	0,3162	1,76	0,2535	2,52
		4	0,7599	0,12	0,554	0,49	0,3012	1,91
40	45	1	0,965	0,003	0,9574	0,003	0,5388	6,57
		2	0,231	2,24	0,2123	3,27	0,0788	11,21
		3	0,7143	0,18	0,083	10,58	0,3858	1,21
		4	0,1193	6,91	0,111	7,53	0,2017	3,51
50	45	1	0,7053	0,19	0,58	0,43	0,0481	19,3
		2	0,9563	0,003	0,6928	0,21	0,1461	5,38
		3	0,9269	0,01	0,1605	4,77	0,4906	0,7
		4	0,9189	0,01	0,2628	2,38	0,1541	5,03
60	45	1	0,5443	0,52	0,9229	0,01	0,0573	15,95
		2	0,7109	0,18	0,5228	0,59	0,2015	3,52
		3	0,1042	6,13	0,1556	4,97	0,0021	476
		4	0,9117	0,02	0,0804	10,96	0,1224	6,7

Anexo 5.4 Valores estadísticos de p-valor y F de los Parámetros del **modelo de Azuara**: PA ∞ (a), s1 (b), G ∞ (c), S2 (d): efecto de las distintas variedades de papa utilizadas para la deshidratación osmótica con las distintas condiciones de proceso: soluciones de JG, SO y SA en concentraciones de 25 y 45% y diferentes temperaturas: 40, 50 y 60°C.

(a)

FV	F	P
Variedad de papa	0,68	0,4113
Soluto	68,72	<0,0001
Concentración	379,37	<0,0001
Temperatura	31,79	<0,0001

(b)

FV	F	P
Variedad de papa	0,38	0,5382
Soluto	4,67	0,0128
Concentración	16,54	0,0001
Temperatura	7,21	0,0015

(c)

FV	F	P
Variedad de papa	2,71	0,1049
Soluto	36,06	<0,0001
Concentración	223,46	<0,0001
Temperatura	26,44	<0,0001

(d)

FV	F	P
Variedad de papa	0,72	0,40005
Soluto	0,48	0,6204
Concentración	2,92	0,0922
Temperatura	0,52	0,5695

Anexo 5.5 Valores estadísticos de p-valor y F de los Parámetros del **modelo de Peleg**: k1 (a), He (b), k1 sólidos (c): efecto de las distintas variedades de papa utilizadas para la deshidratación osmótica con las distintas condiciones de proceso: soluciones de JG, SO y SA en concentraciones de 25 y 45% y diferentes temperaturas: 40, 50 y 60°C.

(a)

FV	F	P
Variedad de papa	9,57	0,0029
Soluto	6,54	0,0026
Concentración	24,6	<0,0001
Temperatura	2,48	0,0313

(b)

FV	F	P
Variedad de papa	2,77	0,1009
Soluto	1,64	0,202
Concentración	38,64	<0,0001
Temperatura	6,89	0,0018

(c)

FV	F	P
Variedad de papa	10,68	0,4117
Solute	2,79	0,0686
Concentración	66,5	<0,0001
Temperatura	13,48	<0,0001

ANEXO 6

1) Valores estadísticos de p-valor y F: **Efecto del soluto** sobre los FT (mg ácido clorogénico/g PS) en cada variedad de papa utilizada y en cada tiempo de almacenamiento estudiado.

días de alm.	Variedad INNOVATOR		Variedad SPUNTA	
	p	F	p	F
0	0,001	151,28	0,0054	46,99
5	0,0002	497,49	0,0073	38,3
10	0,0003	358,89	0,0013	127,05
15	0,0002	408,07	0,0006	213,38

2) Valores estadísticos de p-valor y F: **Efecto de la variedad de papa** estudiada sobre los FT (mg ácido clorogénico/g PS) para cada soluto utilizado como agente deshidratante, en cada tiempo de almacenamiento estudiado.

días de alm.	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL	
	p	F	p	F
0	0,00025	403,8	0,00442	40,3
5	0,0261	36,8	0,01037	77,17
10	0,0423	22,13	0,0399	23,56
15	0,0013	746,51	0,0244	39,46

ANEXO 7

1) Valores estadísticos de p-valor y F: **Efecto del soluto** sobre el AA (mg ácido ascórbico/g PS) en cada variedad de papa utilizada y en cada tiempo de almacenamiento estudiado.

días de alm.	Variedad INNOVATOR		Variedad SPUNTA	
	p	F	p	F
0	0,0001	727,66	0,0053	47,63
5	0,0005	250,17	0,0006	207,79
10	0,0016	107,18	<0,0001	1441,31
15	0,0002	410,04	0,0062	42,82

2) Valores estadísticos de p-valor y F: **Efecto de la variedad de papa** estudiada sobre el contenido de AA (mg ascórbico/g PS) para cada soluto utilizado como agente deshidratante, en cada tiempo de almacenamiento estudiado.

días de alm.	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL	
	p	F	p	F
0	0,1007	8,46	0,0149	45,25
5	0,0275	34,82	0,0453	17,26
10	0,1099	7,63	0,0229	42,18
15	0,0225	42,93	0,1539	5,04

3) Valores estadísticos de p-valor y F: **Efecto del tiempo de almacenamiento** sobre el contenido de AA (mg ascórbico/100g PF) para cada soluto utilizado como agente deshidratante y cada variedad de papa estudiada.

Muestra	Var. INNOVATOR		Var. SPUNTA	
	p	F	p	F
Control	<0,0001	1081,7	<0,0001	4839,1
JG	0,063	21,36	0,0006	73,99
SORBITOL	0,0004	87,84	0,0216	10,87

ANEXO 8

1) Valores estadísticos de p-valor y F: **Efecto del soluto** sobre la PPO (UPPO/min) en cada variedad de papa utilizada y en cada tiempo de almacenamiento estudiado.

días de alm.	Variedad INNOVATOR		Variedad SPUNTA	
	p	F	p	F
0	0,0031	68,44	0,0003	305,08
5	0,0022	86,66	0,0007	190,03
10	0,0105	29,8	0,0003	332,06
15	0,0008	179,7	0,0001	93,07

2) Valores estadísticos de p-valor y F: **Efecto de la variedad de papa** estudiada sobre la PPO (UPPO/min) para cada soluto utilizado como agente deshidratante, en cada tiempo de almacenamiento estudiado.

días de alm.	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL	
	p	F	p	F
0	0,2386	2,76	0,0887	9,8
5	0,0109	90	0,228	2,95
10	0,1446	5,45	0,3846	1,22
15	0,0215	45	0,1374	5,82

ANEXO 9

1) Valores estadísticos de p-valor y F: **Efecto del soluto** sobre los parámetros L*, a*, b* y IP en cada variedad de papa utilizada y en cada tiempo de almacenamiento estudiado.

	días de alm.	Variedad INNOVATOR		Variedad SPUNTA	
		p	F	p	F
L*	0	0,0319	13,41	0,0149	23,28
	5	0,0267	15,3	0,0018	98,27
	10	0,0502	9,53	0,0041	56,91
	15	0,0238	16,61	0,024	16,61
a*	0	0,187	3,09	0,4662	0,99
	5	0,0146	23,62	0,159	4,18
	10	0,0072	38,81	0,0084	34,84
	15	0,0003	362,12	0,005	49,51
b*	0	0,0479	6,09	0,0242	16,4
	5	0,0218	17,71	0,0425	10,82
	10	0,1099	5,04	0,2732	2,06
	15	0,1829	3,16	0,0762	6,82
IP	0	0,0682	7,49	0,0258	15,66
	5	0,002	92,17	0,0051	49,25
	10	0,0223	17,42	0,0106	29,55
	15	0,0328	13,13	0,0065	41,58

2) Valores estadísticos de p-valor y F: **Efecto de la variedad de papa** estudiada sobre los parámetros L*, a*, b* y IP para cada soluto utilizado como agente deshidratante, en cada tiempo de almacenamiento estudiado.

	días de alm.	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL	
		p	F	p	F
L*	0	0,0468	19,86	0,082	10,71
	5	0,0244	39,57	0,0394	23,88
	10	0,0358	26,41	0,0701	12,78
	15	0,0627	14,46	0,0172	56,7
a*	0	0,293	2	0,1008	8,45
	5	0,2413	2,71	0,2689	2,3
	10	0,2323	2,87	0,1448	5,45
	15	0,6501	0,28	0,0105	92,52
b*	0	0,0508	18,21	0,2951	1,98
	5	0,2284	2,94	0,0493	18,79
	10	0,057	16,06	0,043	9,28
	15	0,1082	7,77	0,154	5,03
IP	0	0,2198	3,11	0,2286	2,94
	5	0,0393	23,99	0,008	124,13
	10	0,0462	20,16	0,02014	3,52
	15	0,0355	26,67	0,0608	14,95

3) Valores estadísticos de p-valor y F: **Efecto del tiempo de almacenamiento** sobre los parámetros de color y el IP para cada soluto utilizado como agente deshidratante y cada variedad de papa estudiada.

	Muestra	Var. INNOVATOR		Var. SPUNTA	
		p	F	p	F
L*	Control	0,32	1,71	0,0043	26,13
	JG	0,2461	2,08	0,2529	2,03
	SORBITOL	0,4031	1,25	0,0196	11,48
a*	Control	0,027	9,55	0,0657	5,55
	JG	0,1098	3,93	0,0092	17,43
	SORBITOL	0,0033	30,27	0,0402	7,54
b*	Control	0,6068	0,68	0,7271	0,46
	JG	0,3096	1,67	0,0819	4,8
	SORBITOL	0,2494	2,05	0,5175	0,89
IP	Control	0,2096	2,39	0,2061	2,42
	JG	0,4768	1,01	0,5484	0,82
	SORBITOL	0,2756	1,87	0,0002	114,31

ANEXO 10

Micrografías de cubos de papa frescos (control) (a) y (b), cubos de papa DO con JG (c) y (d) y cubos de papa DO con SO (e) y (f), analizadas a 0 y 15 días de almacenamiento a 4°C, respectivamente. Para este estudio se utilizó solo la **variedad Spunta**.

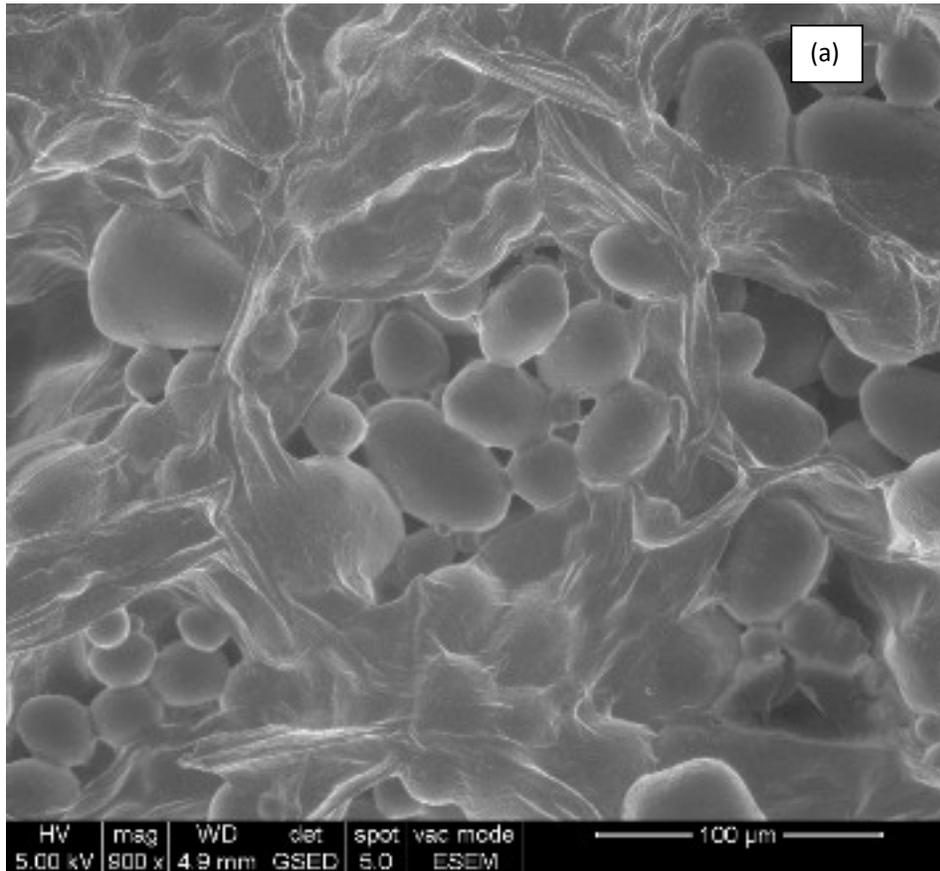


Figura 19. Micrografías correspondientes a (a) papa fresca.

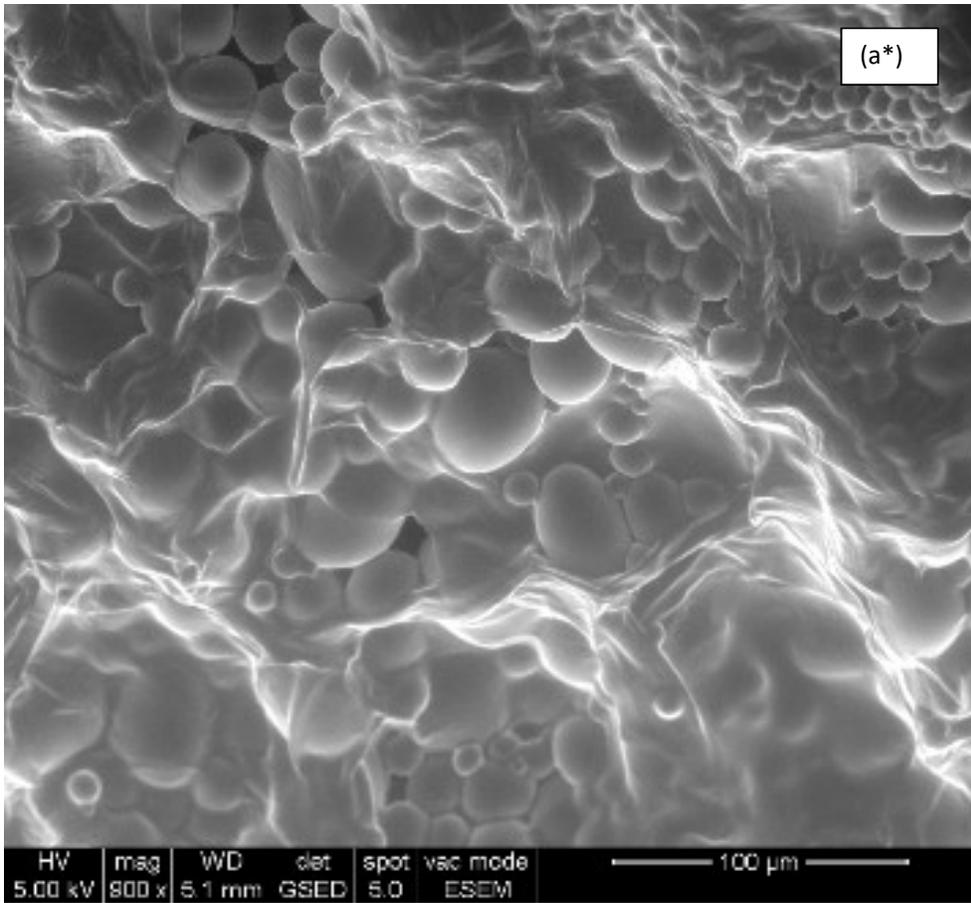


Figura 19. Micrografías correspondientes a (b) papa fresca almacenada 15 días a 4 °C.

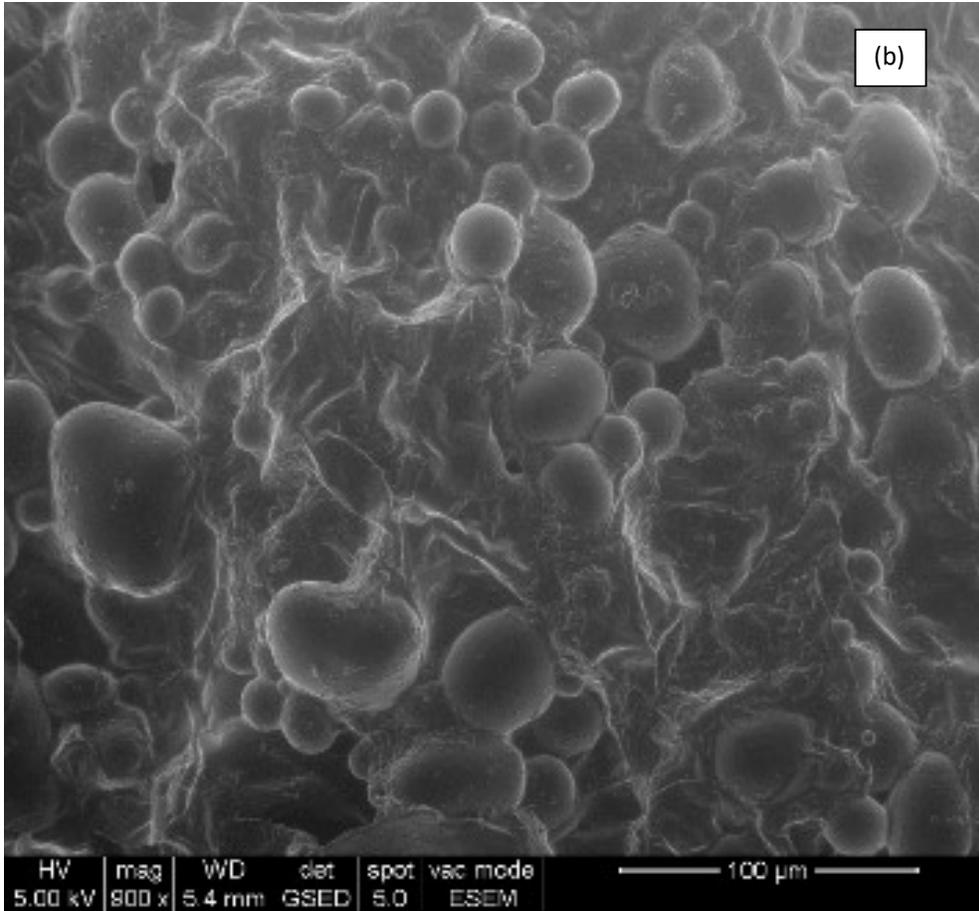


Figura 19. Micrografías correspondientes a (c) papa DO con JG.

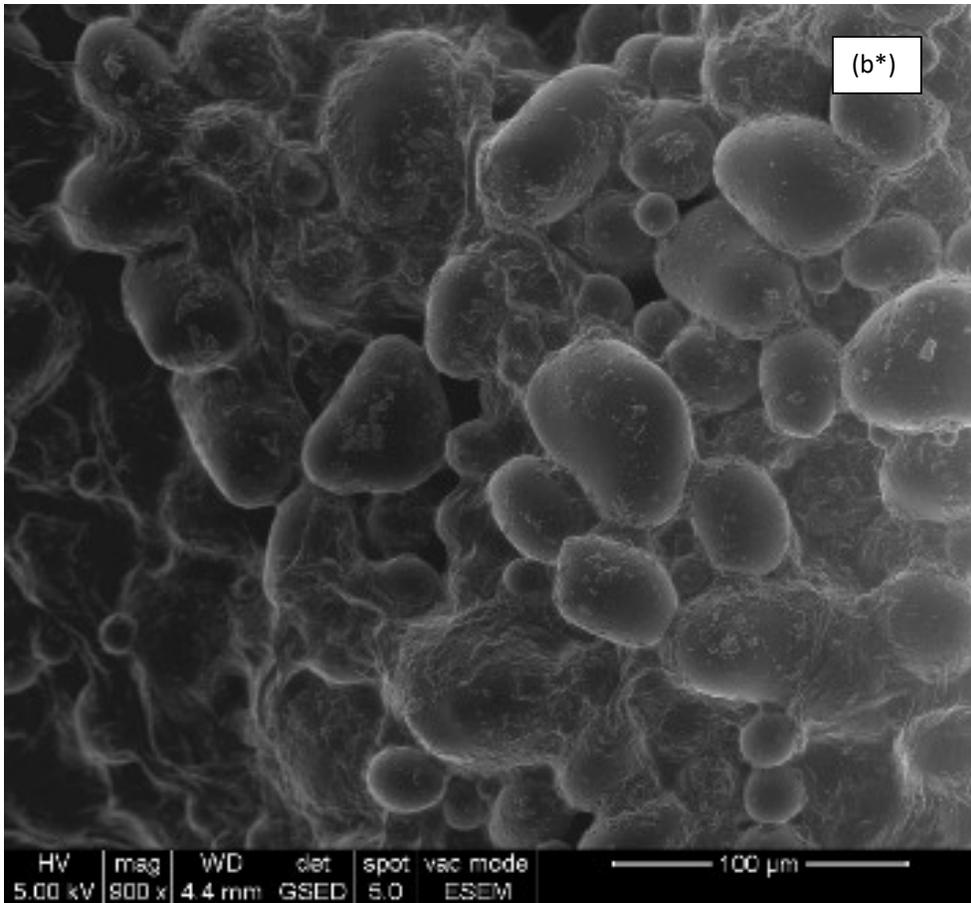


Figura 19. Micrografías correspondientes a (d) papa DO con JG almacenada 15 días a 4 °C.

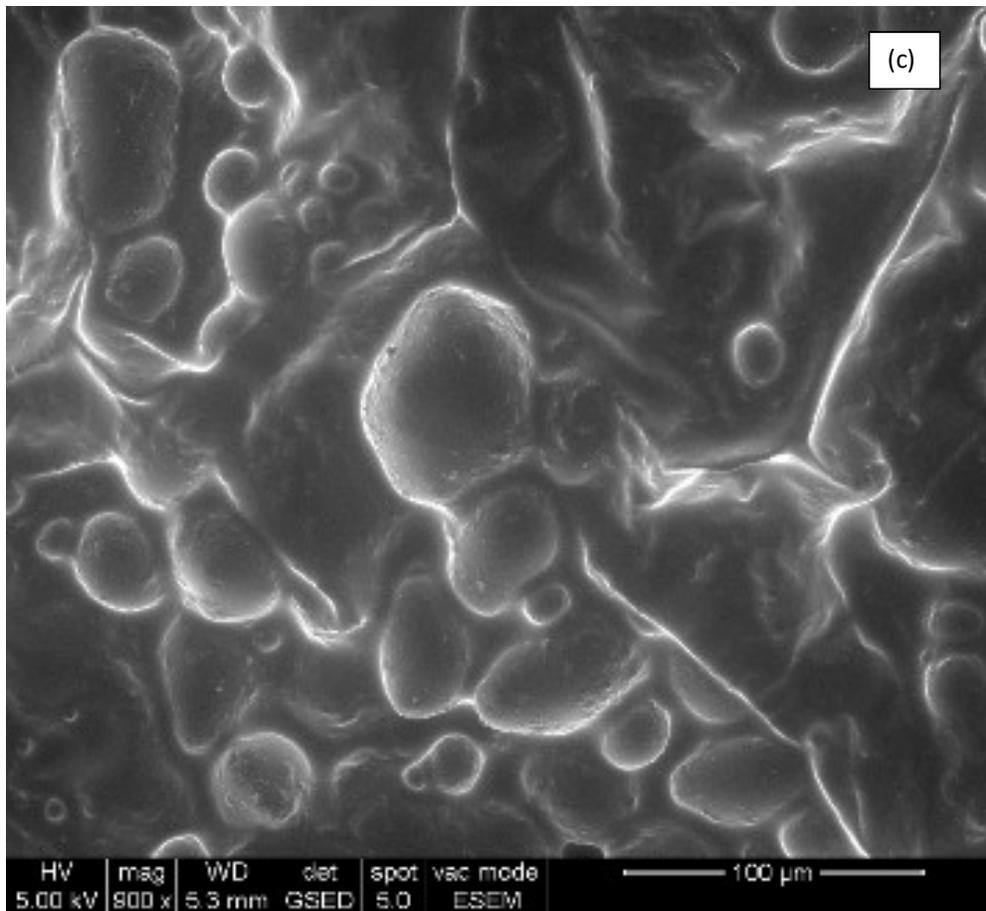


Figura 19. Micrograffas correspondientes a (e) papa DO con SO.

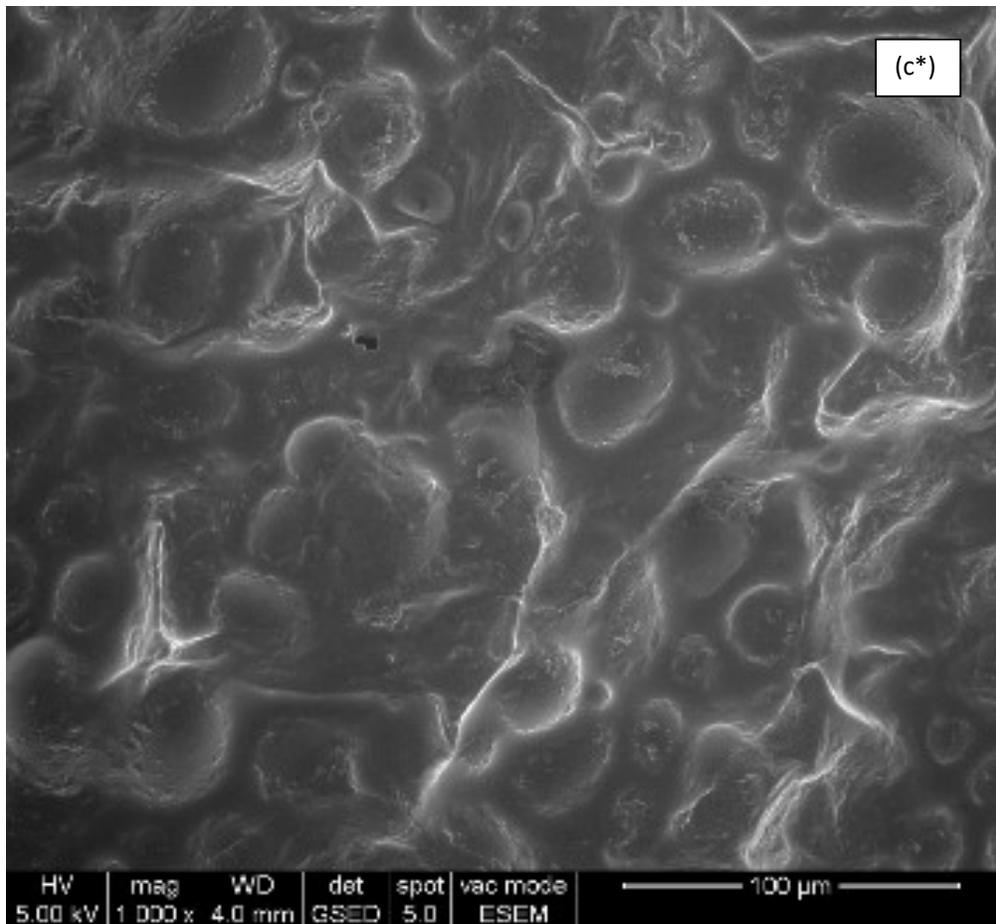


Figura 19. Micrografías correspondientes a (f) papa DO con SO almacenada 15 días a 4 °C.

ANEXO 11

1) Valores estadísticos de p-valor y F: **Efecto del soluto** sobre la dureza de las muestras DO en solución de sorbitol y jarabe de glucosa para cada variedad de papa estudiada y para cada tiempo de almacenamiento en refrigeración.

días de alm.	Variedad INNOVATOR		Variedad SPUNTA	
	p	F	p	F
0	<0,0001	550,79	0,0003	146,67
5	<0,0001	450,1	0,0001	263,31
10	<0,0001	381,73	<0,0001	397,02
15	<0,0001	975,95	<0,0001	888,28

2) Valores estadísticos de p-valor y F: **Efecto de la variedad de papa** sobre a dureza de las muestras DO en cada solución de DO empleada y cada tiempo de almacenamiento.

días de alm.	JARABE DE GLUCOSA		SORBITOL	
	p	F	p	F
0	0,0001	197,19	0,0066	26,91
5	0,0003	131,85	0,0022	48,53
10	0,002	51,47	0,2796	1,56
15	0,0018	55,05	0,0004	120,22

3) Valores estadísticos de p-valor y F: **efecto del tiempo de almacenamiento** sobre la dureza de las muestras deshidratadas osmóticamente en cada solución de DO y cada variedad de papa empleada.

Muestras	p	F
Control INN	0,0008	14,56
Control SP	0,0001	25,67
JG INN	0,0001	28,98
JG SO	0,0016	12,14
SO INN	0,0955	2,88
SO SP	0,0858	3,03

ANEXO 12

1) Valores estadísticos de p-valor: **Efecto del tiempo de almacenamiento** sobre los atributos sensoriales de las muestras control y DO.

	Control INN	Control SP	Var. INNOVATOR		Var. SPUNTA	
			SO	JG	SO	JG
AG	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
OLOR	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0266	0,3426	<0,0001
COLOR	<0,0001	<0,0001	0,00	0,0017	0,1463	0,00
SABOR	0,3012	0,6259	<0,0001	0,10	0,0233	0,0007
DUREZA	0,0062	<0,0001	0,02	<0,0001	<0,0001	<0,0001
HUMEDAD	0,7003	0,558	0,3147	0,536	0,3378	0,2227

ANEXO 13

1) Valores estadísticos de p-valor: **Efecto del tiempo de almacenamiento** sobre la aceptabilidad general y por atributos de las muestras control y DO.

	Control INN	Control SP	Var. INNOVATOR		Var. SPUNTA	
			SO	JG	SO	JG
AG	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
COLOR	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0004	0,0003	<0,0001
SABOR	0,0117	0,0001	0,6337	<0,0001	0,6882	0,1563
DUREZA	0,2961	0,3282	0,2355	0,1891	0,1578	0,1587

