

VINCULACIÓN ENTRE LA CALIDAD DE FIDEOS LIBRE DE GLUTEN COCIDOS Y LAS CONDICIONES DEL PROCESO DE SECADO

Virginia Judit Larrosa^{1,2}, Gabriel Lorenzo^{1,3}, Noemí Elisabet Zaritzky^{1,3}, Alicia Califano¹

1. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar la influencia de las condiciones del proceso de secado sobre los parámetros de calidad de fideos libres de gluten (LG), estableciendo un proceso que permita conseguir fideos LG secos, no quebradizos, y de buena calidad una vez cocidos. Se preparó pasta LG, tipo espagueti, utilizando una formulación optimizada en trabajos previos, que contenía 51.37 % de almidón y harina de maíz, 6.6 % de proteínas de huevo en polvo, 2.5 % de mezcla de xántica/garrofín, 35.96 % de agua, 2.51 % de aceite y 1.06 % de NaCl. Se ensayaron cuatro condiciones diferentes de secado, combinando dos temperaturas (30 y 50 °C) y dos humedades relativas del aire (40 y 80 % HR), manteniendo la velocidad de aire constante (1.5 m/s). Los fideos se secaron hasta una humedad final de 0.13 g de agua/g b.s ($a_w=0.65$). Se estudiaron las características de su superficie, la fragilidad de los fideos LG secos, y la calidad del producto cocido según normas de la American Association for Cereal Chemists. En general, ambas variables operativas influyeron sobre las propiedades de cocción, así, el menor esfuerzo de fractura y la menor cantidad de grietas observadas por microscopía en la superficie correspondieron a la condición de 30 °C y 80 % HR. Se observó un aumento significativo de la dureza a mayor temperatura de secado, mientras que la adhesividad tuvo un incremento marcado a 50 °C y 40 % HR. La mayor cohesividad y menor elasticidad correspondieron a las pastas secadas a 50 °C y 80 % HR. El aumento de la tempera-

CONTACTO: Virginia Judit Larrosa larrosa_v@hotmail.com

1. CIDCA, CONICET, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, 47 y 116, La Plata (1900), Argentina.

2. Facultad de Bromatología, UNER.

3. Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.

tura solamente provocó un aumento de la masticabilidad y de la resiliencia cuando la HR del aire fue alta. En todos los casos la materia orgánica desprendida durante la cocción estuvo dentro de los rangos esperados para fideos de trigo de buena calidad. El proceso de secado contribuyó a la firmeza de los fideos LG secos cocidos. Las pastas LG cocidas presentaron valores similares en elasticidad, cohesividad y fuerza de corte que los fideos de trigo tradicionales, y además una adhesividad significativamente inferior.

2. INTRODUCCIÓN

El secado de la pasta generalmente se realiza colocando el material a una exposición continua de aire húmedo, proporcionado por ventiladores. El tiempo de secado no es estándar, puesto que depende de la temperatura, humedad relativa, velocidad del aire, etc. Durante el proceso la pasta desprende su humedad con dificultad y lentitud a causa de fenómenos adsortivos y osmóticos. Por ello el proceso requiere un régimen específico que facilite el transporte de la humedad desde el interior hasta el exterior a través de los capilares y garantice un producto de buena calidad (Tscheuschner, 2001). El secado de pastas alimenticias comienza con un producto con una humedad de 31 % b.s. final hasta aproximadamente un 13 % b.s. y una mayor consistencia estructural. Actualmente, el secado de la pasta en fábricas se realiza mediante el uso de aire caliente humedecido con temperaturas que oscilan entre los 40 y 105 °C y humedades relativas que varían entre el 40 % y el 95 %. (De Temmerman y col., 2007). Por último, un proceso de secado de pastas debe asegurar un producto final no quebradizo, y con excelentes atributos de calidad una vez cocidas, en especial en las pastas aptas para celíacos, libres de gluten (LG) que tienden a ser más frágiles por la falta de gluten. Dado la escasa información publicada sobre el proceso de secado de pastas aptas para celíacos (LG), el objetivo de este trabajo fue analizar la influencia de las condiciones del proceso de secado sobre los parámetros de calidad de fideos LG, estableciendo un proceso que permita conseguir fideos LG secos, no quebradizos y de buena calidad una vez cocidos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

PREPARACIÓN DE MASA LIBRE DE GLUTEN

Se preparó pasta LG, tipo cinta, utilizando una formulación previamente optimizada, que contenía 51.37 % de almidón y harina de maíz, 6.6 % de proteínas de huevo en polvo (mezclas de huevo y clara secos, relación de 10:1), 2.5 % de mezcla de xántica/garrofín (relación 2:1), 35.96 % de agua, 2.51 % de aceite y 1.06 % de NaCl. El porcentaje de concentraciones de la formulación se expresan en gramos/100 g total (Larrosa y col, 2013a).

La preparación de la masa siguió el protocolo de Larrosa y col., (2013b). Una vez obtenida la masa fue laminada hasta 2 mm de espesor. Finalmente se obtuvieron fideos LG frescos tipo cintas (20cm × 8mm × 2mm), las cuales fueron secadas en las diferentes condiciones que se describen a continuación.

SECADO DE LAS PASTAS LIBRE DE GLUTEN

Se colocaron 500 g de fideos LG frescos tipo cintas (20cm × 8mm × 2mm) en un sistema de varillas colocado en un soporte, que a su vez estaba colgado de una balanza electrónica. Se registró el peso de la muestra cada 10 minutos, durante todo el proceso de secado, hasta pesada constante. Se ensayaron cuatro condiciones diferentes de secado, combinando dos temperaturas (30 y 50 °C) y dos humedades relativas del aire (40 y 80 % HR), manteniendo la velocidad de aire constante (1.5 m/s). El contenido de humedad de la pasta antes de comenzar y una vez finalizado el proceso de secado se determinó según el método AOAC 926.07 B (2000). El proceso de secado de la pasta LG se llevó a cabo en un equipo de secado, con circulación forzada de aire, control de humedad y de temperatura.

SUPERFICIE DE LA PASTA SECA LG

La superficie de los fideos LG secos se analizó mediante la observación del producto bajo una lupa estereoscópica (Carl Zeiss, Alemania) acoplada con una cámara (M35-475052-9901, Alemania) utilizando un aumento de 2x.

FRACTURABILIDAD DE LA PASTA LG SECA

Se utilizó la sonda de tres puntos HDP/3PB, colocando un fideo LG secos (150 mm de longitud y 2 mm de ancho) sobre el puente de flexión, con una abertura de

5 cm y se ejerció una fuerza en el centro a una velocidad de 0.05 mm/s hasta fractura, empleando un texturómetro TA-XT2i (Stable Micro System, Surrey, UK). Se midió la fuerza de fractura como el pico máximo y la distancia a la que fracturó el espécimen. El ensayo se realizó por sextuplicado para cada muestra.

A partir de las curvas obtenidas se determinó el esfuerzo de fractura (σ_{fract}) y la deformación aparente (ϵ) mediante las ecuaciones:

$$\sigma_{fract} = \frac{3FL}{2bh^2} \qquad \epsilon = \frac{6hd}{L^2}$$

Donde: L= distancia entre los dos apoyos del instrumento, b= Ancho de la muestra, h= Altura de la muestra, F= Fuerza máxima, d= desplazamiento de la sonda hasta la fractura de la muestra.

PROPIEDADES DE COCCIÓN Y TEXTURA DE LA PASTA LG SECA COCIDA

Tiempo óptimo de cocción: determinado de acuerdo al método 66-50 (AACC, 2000), que corresponde a la desaparición del núcleo opaco de la pasta cuando se comprime entre dos placas de vidrio.

Pérdidas por cocción (CL, cooking loss): se define como la cantidad de sólidos perdidos en el agua de cocción y se la determinó según el método 66-50 (AACC, 2000). El ensayo se realizó por triplicado.

Aumento de peso / absorción de agua: fue determinado como el aumento de peso antes y después del proceso de cocción (Bonomi y col., 2012). El ensayo se realizó por sextuplicado.

Aumento de volumen: se midió el largo, ancho y espesor de las pastas, antes y después de la cocción mediante el uso de un calibre digital electrónico (modelo SC111201, Schwyz S.A), calculando el aumento porcentual de volumen en cada caso.

Determinación de materia orgánica total (TOM): se utilizó una modificación del método de D'Egidio y col. (1982), utilizando el kit de Hatch PK/25 (rango 0 a 15000 mg/l) para la determinación espectrofotométrica de la materia orgánica total. El ensayo se realizó por triplicado.

Metodología para los ensayos de textura: Los fideos LG fueron cocidos en agua sin sal, se utilizó agua-hielo para detener la cocción. Antes de los ensayos correspondientes se dejaron reposar a temperatura ambiente durante 5 min. Los resultados se presentan como el promedio de diez replicados.

Ensayo de corte: se empleó la sonda Light Knife Blade A/LKB donde cinco tiras de fideos LG fueron sometidas a un esfuerzo cortante. La velocidad de la sonda fue de 0.5 mm/s, hasta alcanzar una compresión del 100 %. Se determinó la fuerza máxima (N) que simula la acción de los dientes incisivos al morder la pasta.

Análisis de perfil de textura (TPA): utilizando una sonda cilíndrica P/25, Stable Micro Systems (25 mm de diámetro). La velocidad de la prueba se estableció en 0.5 mm / s, y la distancia de compresión fue de 30 % del tamaño original (Olivera y Salvadori, 2009). A partir de las curvas fuerza-tiempo se estimaron los parámetros de textura: dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad, masticabilidad, y resiliencia (Szczesniak, 2002).

Muestra control (MC): se utilizó pasta seca de trigo tipo cinta, al huevo, de una primera marca comercial.

Análisis sensorial: se evaluaron los fideos LG secados a 50 °C-40%HR y fideos secos LG comercial mediante un panel de 40 personas no entrenadas. Se evaluaron los atributos de color, olor, sabor y apariencia general empleando una prueba de preferencia basada en una escala hedónica, descriptiva mixta, bipolar de nueve puntos. Los resultados fueron analizados a través de la prueba estadística del test de Student (Lawless y Heymann, 2010).

Análisis estadísticos: Para los ensayos de comparación de medias se empleó el test de Tukey, considerando como diferencias significativas cuando $P < 0.05$, utilizando el software SYSTAT (SYSTAT, Inc., Evanston, IL).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tiempo experimental de secado necesario para que la disminución de la humedad de los fideos desde su contenido inicial de 0.65 g de agua/g b.s. hasta el valor deseado de 0.13 g de agua/g b.s. varió entre los 140 y 560 min, siendo el proceso más largo el correspondiente a la condición de 30 °C-80 % HR. La superficie de los fideos secos LG reveló diferencias atribuibles a las condiciones de secado. Se evidenciaron grietas superficiales, y la superficie más lisa correspondió a la condición menos energética (30 °C-80 % HR).

El menor esfuerzo de fractura correspondió a los fideos LG secados a 30 °C-80 % HR, mientras que en las demás condiciones no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) (Figura 1a). Con respecto a la muestra control ($\sigma_{\text{fract}} = 20.0 \pm 0.9$

MPa), los fideos LG presentaron valores significativamente inferiores ($P < 0.05$). La deformación aparente fue mayor cuando los fideos fueron secados en las condiciones de 30 °C y 80 % HR (Figura 1b), mientras que los secados a 30 °C-40 % HR y 50 °C-80 % HR correspondieron a los valores menores y no difirieron significativamente ($P > 0.05$). La prueba de fractura permitió evaluar la resistencia de la pasta seca a fracturarse, siendo útil para predecir posibles roturas en el transporte y almacenamiento.

Las características de las materias primas y tecnologías de secado de pasta son de gran importancia para determinar la calidad de cocción de espaguetis. Los resultados de los ensayos de las propiedades de cocción de la pasta LG seca cocidas mostrados en la Tabla 1, revelan que el aumento de volumen de los fideos LG frescos no difiere significativamente ($P > 0.05$) de los secados a 30 °C. A su vez los fideos LG que presentaron mayor aumento de volumen fueron los que se secaron en condiciones 50 °C-40 % HR. En cuanto a la absorción de agua durante la cocción, las cuatro condiciones estudiadas no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre sí, pero se observó un aumento significativo con respecto a la muestra sin secar, lo que indicaría la presencia de una estructura porosa que facilita el ingreso de agua. La pérdida por cocción se define como la cantidad de sustancia sólida perdida al agua de cocción y una buena pasta seca pierde entre 7 % a 8 % (Dick y Youngs, 1988). En el presente trabajo, los fideos LG secos presentaron pérdidas en un rango de 6.9 % y 9.6 %; donde sólo la condición de 30 °C-80 % HR dio valores superiores a lo deseable. La materia orgánica total (TOM) perdida por la pasta LG, corresponde al contenido de sólidos adheridos a la superficie de la pasta cocida que está correlacionado a la adhesividad de los productos cocidos entre sí. La misma fue inferior a 1.52, lo que indicaría que se obtuvo una pasta de buena calidad con cualquiera de las condiciones de secado. Sin embargo, cabe aclarar que todas las condiciones de secado estudiadas tuvieron valores significativamente superiores a los fideos frescos (Tabla 1).

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para los parámetros de textura. La mayor fuerza de corte correspondió a los productos expuestos a 80 %HR, independientemente de la temperatura; y en todos los casos las pastas secas evidenciaron mayor esfuerzo de corte que las muestras frescas.

Se encontró un incremento de la dureza con el aumento de la temperatura de secado, mientras que a bajas temperaturas el aumento de humedad relativa del aire produjo una disminución de la dureza. Los fideos que presentaron mayor adhesivi-

dad fueron los secados a 50 °C-40 % HR; las otras tres condiciones no presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre sí. La mayor cohesividad correspondió a las muestras secadas a 50 °C-80 % HR, mientras que las obtenidas a 50 °C-40 % HR y 30 °C-80 % HR no difirieron significativamente ($P>0.05$). El parámetro de elasticidad representa la capacidad de la pasta deformada para recuperar la forma inicial cuando se retira la fuerza deformante; los fideos LG secados a 50 °C-80 % HR fueron lo que presentaron menor recuperación. La masticabilidad no se vio influenciada por la temperatura a baja humedad relativa ($P>0.05$), en cambio, se observaron diferencias significativas ($P<0.05$) a altas humedades donde el aumento de temperatura provocó un aumento significativo ($P<0.05$) del parámetro. En cuanto a la resiliencia, se observó que a 30 °C, el contenido de humedad del aire de secado no influyó significativamente ($P>0.05$), mientras que a 50 °C el incremento de la HR del aire provocó un aumento de la resiliencia.

En la Figura 2 se presentan los valores de los parámetros de calidad de los fideos LG secos en comparación con los promedios de una muestra comercial de fideos secos de harina de trigo, usando los valores de esta última como factores de adimensionalización. El esfuerzo de fractura de los fideos LG presentó valores inferiores a la muestra comercial independientemente de las condiciones de secado. En cuanto a las propiedades de cocción de los fideos LG secos (CL y TOM) fueron superiores a los valores reportados para la muestra control de trigo. La fuerza de corte de los fideos LG secados a 50 °C-40 % HR no presentó diferencias significativas ($P>0.05$) a la muestra control de trigo mientras que las demás condiciones de secado mostraron valores superiores. Con respecto a la dureza, los fideos LG secados a 50 °C tuvieron un mayor valor, mientras que los fideos LG secados a 30 °C presentaron valores inferiores al control, independientemente de la humedad del proceso. Los fideos LG presentaron valores inferiores de adhesividad y masticabilidad respecto al control. La condición de secado 50 °C y 89 % HR fue la única que generó pastas cuyos valores de elasticidad y resiliencia, significativamente diferentes del control ($P<0.05$). En cuanto al parámetro de cohesividad, la muestra control no presentó diferencias significativas ($P>0.05$) con la muestras secadas a 50 °C-40 % HR y a 30 °C-80 % HR.

El análisis sensorial mostró que los panelistas no encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en ninguno de los parámetros sensoriales estudiados (apariencia, textura, sabor, color, aceptabilidad global) entre fideos LG y fideos LG comerciales. En conclusión, las temperaturas y humedades de secado empleadas produjeron fi-

deos LG que luego de la cocción presentaron características de calidad similares a un buen fideo de trigo comercial.

5. CONCLUSIONES

Las propiedades de resistencia a la rotura de las pastas LG estuvieron influidas por las condiciones de temperatura y humedad relativa del aire de secado. Las pastas LG secadas utilizando 50 °C-40 % HR o 30 °C-80 % HR, presentaron valores semejantes en elasticidad, cohesividad y fuerza de corte a la muestra control de trigo. Los valores obtenidos de las pérdidas por cocción y materia orgánica total para todas las condiciones de secado, fueron mayores que para las muestras control aunque se encontraron dentro los rangos de una pasta de buena calidad. Las pastas secadas utilizando 50 °C-40 % HR fueron las que presentaron en promedio características mas similares a las de la muestra control de trigo teniendo además una menor adhesividad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT) y la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Los autores agradecen también la colaboración de Ovobrand s.a., Brandsen, Argentina.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC (American Association of Cereal Chemists). Approved Methods of the AACC, Tenth ed. St Paul, MN, USA. 2000.
- AOAC (Asociación de Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis. 13a. Ed. Washington, 2000.
- BONOMI, F, D'Egidio, MG, Iametti, S, Marengo, M, Marti, A, Pagani, MA, Ragg, EM. Structure-quality relationship in commercial pasta: A molecular glimpse. Food Chemistry. 2012; 135: 348-355.
- D'EGIDIO MG, De Stefanis E, Fortini, S, Galterio G, Nardi S, Sgrulletta D, Bozzini A. Standardization of cooking quality analysis in macaroni and pasta products. Cereal Foods World. 1982; 27: 367-8.

- DE TEMMERMAN J, Verboven P, Nicolaï B, Ramon H. Modelling of transient moisture concentration of semolina pasta during air drying. *Journal of Food Engineering*. 2007; 80: 892–903.
- DICK JW, Youngs VL. Evaluation of durum wheat, semolina and pasta in the United States. En G. Fabriani and C Lintas (Eds.), *Durum wheat: Chemistry and technology*, 237–248. St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemist. 1988.
- LARROSA V, Lorenzo G, Zaritzky N, Califano A. Influence of cooking time on the quality attributes and rheology of gluten free pasta. *Book of Abstracts of “3rd International Symposium on Gluten-Free cereal Products and Beverages”*. Vienna, Austria. 2013a.
- LARROSA V, Lorenzo G, Zaritzky N, Califano A. Optimization of rheological properties of gluten-free pasta dough using mixture design. *Journal of Cereal Science*, 2013b; 57:520-6.
- LAWLESS HT, Heymann H. *Sensory evaluation of Food*. Chapman and Hall, England. 2010.
- SZCZESNIAK AS. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 2002; 13:215–225.
- OLIVERA DF, Salvadori VO. Effect of freezing rate in textural and rheological characteristics of frozen cooked organic pasta. *Journal of Food Engineering*, 2006; 90(2):271-6.
- TSCHEUSCHNER HD. *Fundamentos de tecnología de los alimentos*. Ed. Acriba SA, España. 2001.

7. TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1. Tiempos de cocción y propiedades de cocción para fideos secados en diferentes condiciones*

	TIEMPO DE COCCIÓN (MIN.)	AUMENTO DE VOLUMEN (%)	ABSORCIÓN DE AGUA (%)	PÉRDIDA POR COCCIÓN (%)	TOM (%)
PASTA SIN SECAR	10	92.4 ± 3.0 ^{ab}	82.4 ± 7.2 ^a	5.0 ± 1.3 ^{ab}	0.19 ± 0.05 ^a
30 °C - 40 %HR	13	76.0 ± 4.4 ^b	121.9 ± 4.6 ^b	6.9 ± 0.2 ^b	1.52 ± 0.28 ^c
30 °C - 80 %HR	12	45.5 ± 14.4 ^a	112.3 ± 7.0 ^b	9.6 ± 0.1 ^d	0.89 ± 0.16 ^b
50 °C - 40 %HR	13	114.6 ± 13.4 ^c	120.1 ± 15.9 ^b	8.2 ± 0.5 ^c	0.69 ± 0.12 ^b
50 °C - 80 %HR	13	61.9 ± 19.4 ^{ab}	121.9 ± 6.5 ^b	8.2 ± 0.1 ^c	1.33 ± 0.22 ^c

*Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (P<0.05)

TABLA 2. Parámetros de textura para los fideos LG cocidos secados en diferentes condiciones

CONDICIÓN	F. DE CORTE (N)	DUREZA (N)	ADHESIVIDAD	ELASTICIDAD	COHESIVIDAD	MASTICABILIDAD	RESILENCIA
30°C-40 %HR	14.2±1.8 ^a	4.7±1.5 ^b	0.07±0.07 ^b	0.99±0.03 ^a	0.81±0.03 ^b	4.4±2.8 ^b	0.68±0.06 ^b
30°C-80 %HR	15.6±1.4 ^{ab}	2.7±0.6 ^c	0.09±0.05 ^b	0.93±0.04 ^a	0.69±0.02 ^c	1.3±0.7 ^c	0.53±0.07 ^b
50°C-40 %HR	12.3±1.3	9.5±4.2 ^a	0.18±0.06 ^a	0.99±0.01 ^a	0.67±0.02 ^c	4.7±2.8 ^b	0.49±0.04 ^b
50°C-80 %HR	17.0±1.5 ^b	10.2±3.6 ^a	0.09±0.07 ^b	0.60±0.19 ^b	1.07±0.16 ^a	6.8±3.0 ^a	1.13±0.50 ^a

*Letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05)

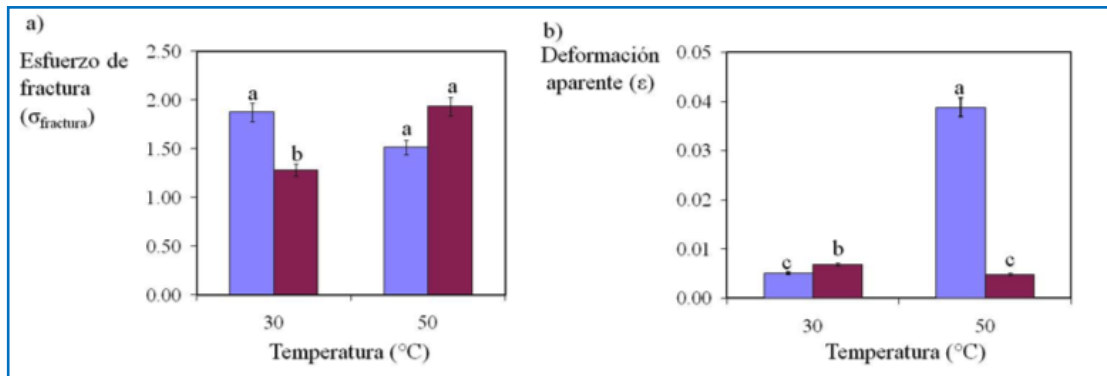


FIGURA 1. a) Esfuerzo de fractura y b) Deformación aparente en función de las condiciones de secado. ■80 %HR ■ 40 %HR. Letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05)

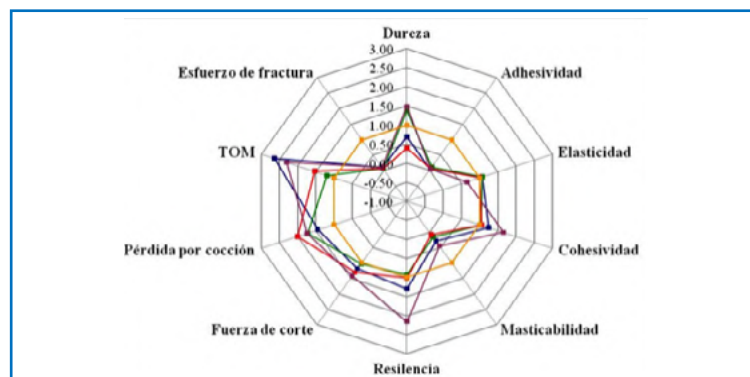


FIGURA 2. Parámetros de calidad de textura de las fideos LG comparadas con una muestra comercial de fideos de trigo (—■—30 °C - 40 % HR; —■— 50 °C - 40 % HR; —■— 30 °C - 80 % HR; —■— 50 °C - 80 % HR; —■— Muestra control comercial, de harina de trigo)