

# El gluten

Rafael Villanueva Flores

Ingeniero por la Universidad de Lima. Master of Food Science and Engineering por la Kansas State University. Jefe de Ingeniería de Nabisco Perú S. A. Consultor nacional e internacional.

*El gluten, como proteína importante del trigo y responsable de sus muchas características alimenticias, nos da la posibilidad de encontrar nuevos elementos aplicables en diversos procesos industriales.*

*El presente artículo nos presenta varios métodos para ayudarnos a comprender la importancia del gluten, así como también nos muestra cómo sus variadas propiedades enzimáticas permiten muchas aplicaciones que pueden aumentar la utilización industrial no alimenticia del trigo, tales como envolturas, polímeros/resinas, tintas, detergentes de lavandería, cosméticos, productos para el cuidado del cabello, adhesivos, etc. Sin dejar de lado que el gluten es un excelente aditivo en la industria de la panificación al mejorar la calidad panadera de harinas con bajo contenido de proteínas.*

En la mayoría de productos hechos a base de harina de trigo los tres componentes principales: proteína, almidón y lípidos interactúan para producir el gluten necesario para las propiedades viscoelásticas únicas de una masa. De estos tres componentes principales, el más importante es la fracción proteica. El gluten es un material único y complejo. Para su utilización debe conocerse la naturaleza de esta proteína y cómo su estructura determina sus propiedades distintivas.

### *Introducción*

Las proteínas son polímeros que existen naturalmente en todos los organismos vivos. Están compuestas de aminoácidos unidos entre sí por enlaces peptídicos. La mayoría de las proteínas fisiológicamente activas (enzimas) se encuentran dentro de las categorías (de acuerdo con la clasificación por solubilidad de Osborne) de albúminas y globulinas. En los cereales las albúminas y globulinas están concentradas en las células de la aleurona, cáscara y germen con algunas concentraciones bajas en el endosperma. Las prolaminas y glutelinas son las proteínas de almacenamiento en los cereales. La planta almacena proteínas en esta forma para su utilización en la germinación. Estas proteínas están limitadas en los cereales, fundamentalmente en el endosperma y no se les encuentra en el pericarpio o en el germen.

La composición química de los granos de los cereales, como la de todos los materiales biológicos, es muy variable. La variación de la composición es muy patente en el contenido proteico. El trigo oscila desde menos de 6% hasta más de 27% de proteína, aunque la mayoría de las variedades comerciales están entre 8% y 16% de proteína. Esta diversidad es producto tanto de efectos ambientales como genéticos. La proteína se sintetiza durante todo el período de fructificación de la planta. La síntesis del almidón, en cambio, comienza más tarde, durante la fructificación y se acelera al aproximarse la maduración. Así, cuando las condiciones de cultivo en la etapa última de la fructificación son buenas (con humedad adecuada y nutrientes), el rendimiento en almidón será bueno y alto el rendimiento de grano, pero el contenido de proteína será relativamente bajo. Por supuesto, es de importancia capital la disponibilidad de nitrógeno durante todo el período de cultivo. El exceso de nitrógeno al comienzo del ciclo de cultivo produce aumento del rendi-

miento, mientras que el exceso de nitrógeno posterior (después de la floración), conduce a aumentar la riqueza proteica.

Entre las harinas de los cereales solamente la de trigo tiene la habilidad de formar una masa fuerte, cohesiva, capaz de retener gas y rendir un producto esponjoso. Se atribuye fundamentalmente a las proteínas del trigo y más concretamente a las proteínas del gluten, las características particulares del trigo. Las proteínas del gluten son proteínas de reserva del trigo. El gluten contiene (base sustancia seca) un 80% de proteína, 8% de lípidos y 12% de cenizas e hidratos de carbono.

El complejo gluten está compuesto por dos grupos principales de proteínas: gliadina (una prolamina) y glutenina (una glutelina). Las gliadinas son un grupo amplio de proteínas con propiedades similares. Su peso molecular medio es de unos 40.000, son de cadena simple y extremadamente pegajosas cuando están hidratadas. Tienen poca o nula resistencia a la extensión y parecen ser las responsables de la coherencia de la masa. Las gluteninas también parecen ser un grupo heterogéneo de proteínas. Son de cadena ramificada y su peso molecular oscila entre 100 mil y varios millones, con un promedio de unos 3 millones. Físicamente, la proteína es elástica, pero coherente. La glutenina confiere aparentemente a la masa su propiedad de resistencia a la extensión.

Las proteínas de almacenamiento del trigo son únicas debido a que también son proteínas funcionales. No poseen actividad enzimática pero funcionan para formar una masa que retiene gas y fabrica productos horneados ligeros. Esta función se discute en este artículo al igual que las posibilidades de su utilización en productos no alimenticios. Actualmente, cada vez más, se piensa que el trigo y sus constituyentes, especialmente su fracción proteica, el gluten, pueden tener usos no tradicionales.

### *Visión histórica del gluten*

El trigo ha sido reconocido, por cientos de años, como una gramínea interesante, robusta y adaptable a muchas condiciones climáticas. Produce tal cantidad de semillas comestibles que puede ser utilizado en varios alimentos mediante su molienda en harina, añadiéndole agua y otros ingredientes y horneándolo. Los primeros panaderos que descubrieron este proceso fueron nuestros primeros químicos de cereales. Ellos recono-

cieron las propiedades adhesivas, viscosas y elásticas de la masa y empezaron a preguntarse por qué este material poseía esas características poco usuales.

Los científicos también han reconocido y tratado de explicar las propiedades del trigo. El año 1995 marcó el 250 aniversario de una de las primeras explicaciones en este campo. Un informe de 1745 describe una conferencia del año 1728, en la cual Beccari explicó la manera como el gluten podía ser separado (lavado) de una masa de harina y agua (Bailey, 1941). Beccari notó que únicamente el trigo contenía este material, resaltando la necesidad de investigación adicional en esta importante área. La siguiente investigación mayor en el gluten fue reportada por Thomas Burr Osborne en 1907. Osborne recalcó la exclusividad del trigo y describió cómo se formaba. Desarrolló procedimientos de extracción para separar el gluten en dos clases de proteínas: gliadina y glutenina. La gliadina es la proteína viscosa, extraída del gluten con etanol u otros solventes orgánicos. La glutenina es el componente elástico del gluten, insoluble en dichos solventes. Osborne determinó la naturaleza química de la gliadina y glutenina con gran precisión y notó que la glutenina contribuía de manera especial en las propiedades del trigo. Finney y Barmore mostraron, en 1948, convincentemente que las proteínas del trigo eran las responsables por las diferencias en la calidad panadera de la harina. Generalmente se acepta que el volumen del pan se correlaciona altamente con el contenido total de proteína en la harina. Cuando el procedimiento se optimiza, los valores reportados usualmente varían en el rango de + 0,80 a + 0,90.

Entramos luego a la segunda mitad de esta centuria con el conocimiento básico del gluten. Cuando la harina es hidratada y mezclada, forma una masa pegajosa, cohesiva y elástica, debido principalmente a las propiedades de las proteínas del gluten. Es necesario hacer un balance adecuado de los dos tipos de proteínas para formar una masa óptima. Mientras la masa fermenta se genera dióxido de carbono, el cual es retenido en la red de gluten que se forma durante la mezcla. Esto hace que la masa se expanda. La estructura porosa resultante es finalmente estabilizada mientras las proteínas son desnaturizadas y el almidón se gelatiniza durante el proceso de horneado.

Estas observaciones trajeron como consecuencia más preguntas, las cuales han tratado de ser contestadas por los científicos desde entonces. Mucho se ha aprendido, pero existen razo-

nes importantes para continuar con las investigaciones. Si conocemos la estructura del gluten podemos entender sus propiedades. El conocimiento de cómo la variación de la estructura del gluten influye en la calidad puede ayudar en la selección de mejores trigos para cualquier uso. Los genetistas también pueden seleccionar y desarrollar mejores variedades basados en el conocimiento del gluten.

Si bien se acepta que las proteínas del trigo son las que determinan las diferencias en las propiedades de panificación de la harina, no existe consenso en relación a qué aspectos de las proteínas son responsables de estas diferencias. Se ha sugerido como factor importante el ratio glutenina/gliadina en el gluten, pero, tal como lo señala MacRitchie (1980), no existe confirmación experimental publicada.

Los trabajos de investigación y la metodología utilizada actualmente para el estudio del gluten pueden dividirse en dos grandes áreas: las asociadas con relaciones estructurales y aquellas vinculadas con relaciones de calidad, a pesar de que pueden sobreponerse. El área correspondiente a la estructura puede ser dividida en cinco subáreas: definiciones, caracterización, fraccionamiento, modificación y estructura molecular.

### *Aislamiento y caracterización de las proteínas del trigo*

Muchos estudios de diverso tipo han contribuido a nuestro conocimiento actual sobre la química y composición del trigo. Algunos estudios iniciales fueron hechos mediante análisis ultracentrífugos (Jones, y otros, 1961). Se mostró que el gluten y glutenina eran polímeros con peso molecular de millones, formado de proteínas más pequeñas. En comparación, las gliadinas eran pequeñas pero no polímeros. Información adicional valiosa fue proporcionada mediante electroforesis limitante (Krull y Wall, 1969). Se mostró que las fracciones de las proteínas del gluten eran compuestos complejos. Más aún: que los trigos variaban en sus proteínas del gluten, sugiriendo una relación entre composición y calidad de trigo.

Más información se obtuvo del estudio de los aminoácidos del gluten (Krull y Wall, 1969). Estos aminoácidos pueden unir proteínas entre sí de muchas maneras. La glutamina causa que las proteínas interactúen a través de enlaces de hidrógeno. Los residuos de cisteína forman enlaces disulfídricos. Los aminoácidos no polares contribuyen a enlaces de hidrógeno. Los amino-

ácidos cargados causan interacciones electrostáticas. Hoy día reconocemos que todos estos enlaces son importantes en la estructura del gluten. Los enlaces disulfuros son especialmente importantes (Huebner y otros 1977, Wall, 1971). La ruptura de los enlaces disulfuros causa una rápida disminución en la viscosidad al romperse los polímeros en piezas pequeñas. Los grupos tiol resultantes pueden reoxidarse, bajo varias condiciones, en proteínas largas o cortas con propiedades muy diferentes (Beckwith y Wall, 1966, Wall y otros, 1968). El reacomodo más la reformación de los enlaces disulfuros es lo que ocurre inicialmente durante el desarrollo de una masa de pan, mediante el mezclado y a través de procesos de oxidación/reducción causado por mejoradores. Consecuentemente es necesario entender los enlaces disulfídricos del gluten para entender sus propiedades.

### *Solubilidad*

La definición de términos es un requisito primordial para entender con qué grupo de proteínas estamos tratando y ser así capaces de discutir sobre ellas efectivamente.

Precisamente, una de las sesiones realizadas en el Sexto Taller Internacional del Gluten, celebrado en Australia en 1996, se denominó "Nomenclatura: estableciendo un lenguaje común para el gluten". Uno de los problemas que surgió fue la definición de gliadina. ¿Se le define por solubilidad en 70% etanol, o 50% 1-propanol, o 30% etanol, o qué? ¿Puede ser definida simplemente diciendo que contiene únicamente enlaces disulfuros intramoleculares y que posee cierta solubilidad? La misma dificultad existe para definir la glutenina. ¿Está propiamente definida por solubilidad en solventes específicos, tales como ácidos o bases y el uso de agentes reductores? Se ha demostrado que la sonicación puede solubilizar las gluteninas en numerosos ácidos o soluciones de dodecilsulfato de sodio (SDS) sin agentes reductores. Así, si definimos la glutenina estrictamente por solubilidad o por la necesidad de ser reducida, ¿qué significa ello? Algunos investigadores están viendo la utilización del término prolamina para las gliadinas y gluteninas por la cantidad de prolina y glutamina en las proteínas. Debido a que cada fracción soluble es compleja, podríamos definir las proteínas de acuerdo con los solventes en los cuales son solubles.

¿Cuál es la respuesta? Trabajos de investigación en la composición de aminoácidos, secuencia de péptidos, y moléculas in-

tactas por matrices de desorción/ionización asistida por láser (MALDI)- espectroscopía de masa y tiempo de vuelo (TOF) pueden determinar precisamente el tamaño molecular de las proteínas intactas y la secuencia de péptidos de las proteínas. En el futuro, al parecer todas las proteínas van a ser caracterizadas por su composición, secuencia y estructura de sus aminoácidos.

Un problema mayor para trabajar con las proteínas del gluten es la dificultad de solubilizar el total de las proteínas (Singh y MacRitchie, 1989). El gluten tiene fuerte tendencia de agregación, generalmente atribuido al potencial de enlace de hidrógeno del gran número de cadenas laterales de la glutenina. También resulta de importancia el potencial por enlaces no polares de muchas cadenas laterales no polares y el carácter iónico bajo del gluten (Wrigley y Bietz, 1988).

Para solubilizar completamente las proteínas del gluten, los investigadores han apelado a romper los polímeros de la glutenina en moléculas más pequeñas. Las técnicas utilizadas incluyen agentes reductores, mezclado y sonicación.

He y Hoseney (1990a) y Hoseney y otros (1990) mostraron que los glútenes de harinas de baja calidad tenían mayor solubilidad que el gluten de harina de buena calidad. Los mismos resultados han sido demostrados por muchos investigadores (Huifen y Hoseney, 1991). La diferencia en solubilidad de la proteína entre diferentes calidades de harina sugiere que las proteínas de harinas de baja calidad podrían tener menor peso molecular o poseer menor tendencia a interactuar entre ellas.

### *Electroforesis*

El estudio de la estructura del gluten ha requerido del uso de muchos métodos sofisticados de análisis. Una mejora temprana a la electroforesis fue proporcionada mediante el fraccionamiento de proteínas sobre una matriz de gel de almidón (Woychic y otros, 1964). Este método reveló la gran complejidad de la gliadina y glutenina y mostró que los trigos diferían en la composición de sus proteínas. Muchas mejoras posteriores se han hecho en los procedimientos de electroforesis sobre gel. Los equipos actuales son mejores. Los geles son más finos, lo que posibilita un mejor enfriamiento. Los métodos mejorados de tñido permiten utilizar muestras más pequeñas, mejorando la resolución. Geles de poliacrilamida han reemplazado larga-

mente al almidón. Como resultado, se pueden realizar separaciones de alta resolución de las proteínas del trigo, especialmente de la gliadina mediante electroforesis sobre gel. (Lookhart y otros, 1982, Sapirstein y otros, 1985).

La utilización de electroforesis sobre gel de poliacrilamida-dodecilsulfato sódico (SDS-PAGE) proporcionó una herramienta adicional de mucha ayuda para el análisis del gluten. En este método los complejos proteína-detergente migran en un campo eléctrico únicamente sobre la base de su tamaño molecular. Cuando se le utilizó por primera vez para analizar el gluten, SDS-PAGE mostró que la glutenina contenía unidades de elevado peso molecular, relacionado muy estrechamente con la calidad y funcionalidad del trigo (Bietz y Wall, 1972). Mejoras significativas también han sido realizadas en SDS-PAGE, permitiendo una elevada resolución en las subunidades de la glutenina (Graybosh y Morris, 1990). Aún se pueden lograr resoluciones más elevadas cuando dos métodos de gel electroforesis se combinan en procedimientos bidimensionales (Mellish y Tkachuk, 1990).

Las proteínas del gluten también pueden ser ahora separadas por un nuevo tipo de electroforesis llamado electroforesis capilar (CE), debido a los tubos pequeños de separación utilizados. CE es rápido y es la primera técnica de electroforesis que puede ser automatizada. Más importante aun es que, a diferencia de otros métodos de electroforesis, los resultados de CE pueden ser rápidamente cuantificados, revelando la cantidad de proteína presente. CE es un método complementario para el análisis de la proteína del trigo (Bietz y Schmalzried, 1995, Lookhart y Bean, 1995). Ha sido significativamente mejorado y aplicado a muchos tipos de proteínas de trigo, incluyendo subunidades de gliadina de elevado peso molecular y pueden ser utilizadas para identificación de variedades y predicción de calidad. Estos métodos de electroforesis han mostrado que el trigo contiene cientos de diferentes proteínas y que la composición de estas proteínas cambian entre variedades y a un nivel menor, con el medio ambiente. Estos estudios han mostrado que no solamente es la cantidad de gluten lo que afecta la calidad del trigo sino que es más importante la variación y cantidad de proteínas individuales.

## *Cromatografía*

Los métodos de cromatografía también han ayudado a entender la estructura del gluten.

Un tipo de cromatografía separa las proteínas basado en el tamaño molecular. Estudios iniciales de cromatografía por filtración de gel revelaron que trigos con variaciones en calidad presentaban diferente distribución de tamaño de proteína (Huebner y Wall, 1976). La cantidad de gliadina y glutenina difiere entre trigos y varían cantidades relativas de glutenina de diferente tamaño de partícula. Sin embargo, separaciones de este tipo podrían tomar horas o días. Similares separaciones, basadas en tamaño, pueden ser hechas ahora en cuestión de minutos y con bastante más precisión mediante métodos de cromatografía líquida de alta performance (HPLC) (Bietz, 1984).

El HPLC tiene también la importante ventaja de revelar precisamente la cantidad de proteína en el trigo. Esto es especialmente aparente en separación cromatográfica por fase reversa (RP-HPLC), la cual separa proteínas basada en hidrofobicidad superficial, una característica muy diferente de aquéllas que gobiernan otros métodos de separación, y proporciona separaciones de resolución muy elevada (Bietz, 1983). RP-HPLC puede ser especialmente útil para la identificación de variedades de trigo (Huebner y Bietz, 1994), y diferencias cuantitativas en composición de proteínas, tales como aquéllas debidas a influencias del medio ambiente, pueden ser relacionadas con diferencias en calidad (Menkovska y otros, 1987; Huebner y Bietz, 1994).

## *Biología molecular*

Una de las nuevas técnicas en biología molecular proviene de los trabajos de Anderson y Blechl, del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), donde los terminales C y N de las proteínas del gluten son intercambiadas para ver los efectos en calidad. También están cambiando la longitud de la sección repetida y elementos principales. Otros investigadores están utilizando la cadena reactiva de la polimerasa (PCR) para amplificar la expresión de los genes y entender los mecanismos asociados con el proceso de evolución molecular. El futuro se presenta muy promisorio en relación con la habilidad de cons-

truir nuevas subunidades de proteínas de cualquier estructura o secuencia. La incorporación de estructuras nuevas o proteínas únicas en trigos transgénicos con propiedades mejoradas de molinería y panificación representa el futuro. La mejora en calidad de estas técnicas, sin embargo, está aún a varios años de distancia.

Procedimientos de espectroscopía de masa MALDI-TOF, microscopía de fuerza atómica, espectroscopía de reflectancia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) se utilizan también para determinar la estructura molecular y el tamaño de las proteínas del gluten. Éstos y otros métodos jugarán un papel muy importante en la relación estructura-calidad.

### *Reología*

Las propiedades reológicas continúan en estudio a través del fenómeno del mezclado. ¿Qué sucede cuando la harina de trigo y el agua se mezclan? ¿Es la primera parte de la curva mezclado de un farinograma o mixograma únicamente el movimiento de agua a las partículas de harina? ¿Es el resto de la curva de mezclado debido a interacciones del almidón con proteínas y lípidos o a la hidratación de proteínas? Muchas publicaciones discuten el proceso de mezclado y la calidad de la masa (Lookhart, 1997).

Los estudios de fraccionamiento y cuantificación de proteínas continuarán probablemente con nuevas técnicas de separación y medida, lo cual ayudará a entender la relación entre proteínas y propiedades de mezclado.

La utilización de métodos rápidos de predicción de propiedades se mantiene como el mayor objetivo de los laboratorios dedicados al estudio de la calidad del trigo. Dos de los procedimientos que se encuentran en investigación son el Analizador Rápido de Viscosidad (RVA) y la Sedimentación SDS. El RVA ha probado anteriormente su utilidad en la determinación de las propiedades de la pasta de almidón y la actividad amilolítica.

La Sedimentación SDS es una técnica antigua, pero aún se utiliza para proporcionar una estimación aproximada del contenido de glutenina, y por ende una predicción de la calidad de la proteína.

### *Secuencia y estructura de proteínas del trigo*

Otro método que ha ayudado a conocer el gluten es el análisis de secuencia. Muchos estudios de aislamiento de proteínas y de los genes que codifican a estas proteínas han revelado el orden de los aminoácidos en las subunidades del gluten (Bietz y otros, 1977; Kasarda y otros, 1984). Esta información y los resultados de otros métodos han proporcionado información de mucha importancia en relación con las estructuras individuales de proteínas y la manera en la cual interactúan para formar el gluten.

Las subunidades de gluteninas de elevado peso molecular del tipo *x* e *y* son especialmente importantes (Kasarda, 1989; Kasarda y otros, 1994). Los terminales de estas moléculas son globulares, y contienen la mayoría de los residuos de las moléculas de cisteína. Esto probablemente conlleva a uniones de final a final de subunidades de glutenina de elevado peso molecular. Algunos otros residuos de cisteína probablemente permiten algunos enlaces cruzados. En contraste, la región central es una región repetida que podría contribuir a la elasticidad del gluten.

### *Propiedades funcionales del gluten*

Muchos de los modelos desarrollados van muy lejos relacionando la estructura del gluten y sus propiedades. Subunidades de glutenina de elevado peso molecular se unen de final a final mediante enlaces disulfídricos para proporcionar una especie de columna vertebral al complejo del gluten. Las subunidades de glutenina de bajo peso molecular también se unen mediante enlaces cruzados a través de enlaces disulfídricos en la red de proteínas. Las moléculas esféricas pequeñas de gliadina son incorporadas en el gluten primeramente a través de enlaces (de hidrógeno e hidrofóbicos) no covalentes. Cuando la harina es hidratada y mezclada para formar una masa, los enlaces disulfídricos pueden reacomodarse mientras las proteínas se alinean y el gluten se forma. La estructura y propiedades finales del gluten dependen de la cantidad y tipos de proteínas específicas presentes. Consecuentemente, aun cambios pequeños en el tipo o cantidad de subunidades importantes pueden modificar sustancialmente la calidad o funcionalidad del gluten.

Estos modelos van muy lejos en la explicación de las propiedades exclusivas del gluten, que lo hacen muy útil para uso industrial al igual que para aplicaciones en alimentos. El gluten posee una solubilidad inusual. Sólo es ligeramente soluble en agua y buffers acuosos y puede ser disuelto únicamente en solventes orgánicos mediante soluciones alcalinas o ácidas, o mediante la adición de detergentes, agentes desnaturalizantes, o compuestos que rompan enlaces disulfídricos. El gluten posee buenas propiedades adhesivas y puede adherirse a prácticamente cualquier cosa. El gluten es elástico, lo cual permite la producción de pan. El gluten también posee posiciones reactivas, las cuales pueden ser modificadas con la finalidad de alterar más aún sus propiedades. Muchas otras características están causando ahora marcado interés en el gluten. Es un material natural, biodegradable, abundante, renovable, fácil de aislar y de relativamente bajo costo.

#### *Gluten vital: producción y utilización*

El gluten puede ser cuidadosamente aislado de la harina de manera que sus propiedades originales sean retenidas. Este gluten, denominado vital, se produce por dos procedimientos principales (Bushuk y Wadhawan, 1989). En el proceso Martin, la harina y el agua son mezclados y dejados reposar para formar una masa. La masa es luego lavada muy suavemente. El almidón se desprende con el agua, quedando así el gluten. En el proceso Raisio, el gluten es separado del almidón en una centrífuga. En ambos procesos el gluten resultante es luego cuidadosamente secado y molido de manera tal que luego de rehidratado forme nuevamente un gluten elástico y cohesivo.

El trigo se cultiva en todos los continentes, excepto en la Antártida. Alrededor de 30 mil variedades de trigo de 14 especies se cultivan en el mundo. Sin embargo, únicamente mil variedades son de importancia comercial (Posner y Hibbs, 1997).

El trigo y el gluten derivado de él son actualmente utilizados en la industria de alimentos. En Estados Unidos, el mayor productor de trigo, únicamente 1% de éste es utilizado en aplicaciones no alimenticias (4% en semillas, 8% en alimentos balanceados, 33% en alimentos, 54% para exportaciones). En el Perú, de la producción nacional de trigo el 72% se dedica a la alimentación (1,5% para harina en molinos de cilindros, 32,5% para harina en molinos de piedra, 16% como trigo pelado, 22%

como trigo mote), 17,5% para alimentación animal, 10% para semilla y 0,5% para otros usos. El trigo importado se dedica íntegramente a la molienda para la obtención de harina y derivados. Esto se debe a que el trigo cumple un papel principal en la alimentación humana y la principal función del gluten se encuentra en la industria de la panificación por ser un excelente aditivo. Resulta esencial para algunos panes especiales y puede mejorar la calidad de las harinas con bajo contenido de proteínas. El gluten también puede ser utilizado en alimentos para animales o en acuicultura. Esta información sugiere que existen también mayores oportunidades para aumentar la utilización del trigo y el gluten en productos industriales no alimenticios.

Se estima que en Estados Unidos la utilización de la cosecha en productos no tradicionales crecerá de 1% a 2-3%, lo cual llevará a un aumento en la producción anual de trigo de 1-2%. En Canadá los directores de las siete más grandes compañías de granos se han puesto recientemente de acuerdo en la necesidad de diseñar un sistema de manejo de granos estructurado para despachar lo que el cliente desea. Su visión también apunta a mayor investigación en la utilización de granos en productos no tradicionales y proponen que Canadá aumente en un 25% su capacidad de oferta de granos con valor agregado.

### *Posibilidades de utilización del gluten: pasadas y presentes*

La utilización industrial del gluten no es una idea nueva. Mucho se ha hecho en esta área desde hace 25 o 30 años. Por ejemplo, estudios antiguos mostraron que se podían preparar láminas de gluten y de sus subclases de proteínas y que el gluten puede ser modificado químicamente de muchas formas para cambiar sus propiedades. Sin embargo, gran parte de la investigación en esta área fue descontinuada y este conocimiento permaneció dormido por muchos años, debido principalmente a los bajos costos y pronta disponibilidad de productos y tecnologías alternativas a base de petróleo. Hoy en día, sin embargo, muchas de las alternativas en productos a base de proteínas son nuevamente reconocidas, y la gente se está interesando en esta área (véase tabla 1). Muchos grupos están desarrollando láminas a base de gluten, plásticos, y polímeros y están investigando cómo las modificaciones químicas y enzimáticas en el gluten pueden conducir a nuevos productos. Bietz y Lookhart (1995),

mencionan muchas aplicaciones del gluten debido a sus propiedades adhesivas, elásticas cohesivas, solubles y reactivas. Se hace referencia a que el gluten puede formar láminas útiles en muchas aplicaciones alimenticias, no alimenticias y médicas. Puede ser incorporado en termoplásticos biodegradables fuertes y resistentes al agua como recipientes para alimentos. El gluten es útil en productos como limpiadores y detergentes. Su reactividad lo hace útil en procesos industriales al enlazar metales pesados, removiendo tinta de papel de desecho, o solidificando aceites de desecho. Las propiedades adhesivas del gluten lo hacen útil en cintas médicas sensitivas a la presión y puede mejorar la adhesión del jebe al acero en las llantas. Los péptidos del gluten son útiles en cosméticos, lociones y preparaciones para el cabello. El gluten puede ser incorporado satisfactoriamente en materiales de construcción como concreto de peso ligero y resistente a la congelación. Las propiedades hidrofóbicas y solubles del gluten permiten la liberación lenta de sabores, colores, medicinas y agentes pesticidas encapsulados. El gluten modificado es un excelente recubierto en la manufactura de papel.

Estos comentarios y ejemplos muestran cómo las propiedades exclusivas del gluten permiten muchas aplicaciones no alimenticias del trigo que pueden aumentar la utilización en otras industrias. Para ello se necesita más investigación aplicada sobre la manera en la cual se pueden modificar química o enzimáticamente las propiedades del gluten.

### *Conclusiones*

Actualmente existen muchas oportunidades para expandir la utilización del trigo debido a las propiedades exclusivas del gluten. Muchas posibilidades han sido mostradas. La economía de la producción y utilización del gluten del trigo han mejorado y han sido reconocidas sus muchas ventajas. El reto actual es trabajar conjuntamente para hacer realidad estas oportunidades.

Tabla 1

## Posibilidades no tradicionales de utilización del gluten de trigo

Aplicación	Descripción
Láminas	Láminas y recubiertas para envolturas basadas en gluten pueden ser barreras contra el aire, perfectamente comestibles, renovables, biodegradables y con buenas propiedades mecánicas.
Recubiertos	Recubiertos de gluten pueden proteger el sabor y la vida de anaquel de alimentos. El gluten químicamente modificado puede tener mejores propiedades que recubiertos de papel.
Polímeros/resinas	El gluten modificado hidrolizado da flexibilidad y elasticidad a ciertos polímeros y resinas. El gluten al igual que el almidón puede ser injertado en polímeros.
Tintas	Añadiendo tintas adelgazadas con agua puede reducir el secado de tintas de lapiceros de punta y acelerar el secado sobre algunas superficies.
Detergentes de lavandería	Proteínas hidrolizadas modificadas pueden estabilizar enzimas añadidas a detergentes para remover manchas.
Cosméticos y productos para el cuidado del cabello	El gluten hidrolizado actúa como humectante en cosméticos y como agente espumante y acondicionador en productos para el cuidado del cabello.
Adhesivos	El gluten hidrolizado modificado es útil en adhesivos sensitivos a presión.
Productos de goma	Harinas modificadas de cereales pueden reforzar ciertos tipos de gomas que no sean para llantas.
Sustituto de leche	Proteínas de trigo parcialmente hidrolizadas tienen mayor potencial como sustituto de la leche en nutrición animal.
Productos alimenticios funcionales	La hidrólisis enzimática o ácida del gluten puede mejorar sus propiedades emulsificantes, espumantes y solubilidad para su utilización en alimentos.

## Bibliografía

- Bailey, C.H.  
*A Translation of Beccari's Lecture Concerning Grain (1728)*. Cereal Chem: 18:555, 1941.
- Beckwith A.C. and J.S. Wall  
*Reduction and Reoxidation of Wheat Glutenin*. Biochim. Biophys. Acta 130:155, 1966.
- Bietz, J.A.  
*Separation of Cereal Proteins by Reversed-Phase High Performance Liquid Chromatography*. J. Chromatogr. 252:219, 1983.
- \_\_\_\_\_  
*Analysis of Wheat Gluten Proteins by High Performance Liquid Chromatography*. Part 1. Bakers Digest 58(1):15, 1984.
- Bietz, J.A. and E. Schmalzried  
*Capillary electrophoresis of wheat gliadin: Initial studies and application to varietal identification*. Food Sci. Technol. 28:174, 1995.
- Bietz, J.A., F.R. Huebner and J.E. Sanderson  
*Wheat Gliadin Homology Revealed Through N-Terminal Amino Acid Sequence Analysis*. Cereal Chem. 54:1070, 1977.
- Bietz, J.A. and G.L. Lookhart  
*Properties and Non-Food Potential of Gluten*. Cereal Foods World 41:376, 1995.
- Bietz, J.A. and J.A. Wall  
*Wheat Gluten Subunits: Molecular Weights Determined by Sodium Dodecyl-Polycramide Gel Electrophoresis*. Cereal Chem, 49:416, 1972.
- Bushuk, W.  
*A brief history of the International Workshop on Gluten Proteins*. Cereals Food World 41: 194, 1996.
- Bushuk, W. and C. Wadhawan  
*"Wheat Gluten is Good not Only for Breadmaking"*, en Pomeranz, Y. (Ed.), *Wheat is Unique*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, 1989.

- Dawley, G.  
*Growth opportunities for wheat. Capitalizing on the unique markets for wheat protein and wheat starch.* Report for National Association of Wheat Growers, prepared by Ceres Management Inc., 1994.
- Finney K.F. and M.A. Barmore  
*Loaf Volume and Protein Content of Hard Winter and Springs Wheats.* Cereal Chem. 25:291, 1948.
- Graybosh, R.A. and R. Morris  
*An Improved SDS-PAGE Method for the Analysis of Wheat Endosperm Storage Proteins.* J. Cereal Sci. 11:201, 1990.
- Graybosh, R.A. and R. Tkachuk  
"Two Dimensional Electrophoresis of Wheat Proteins: A comparison of staining procedures", en Bushuk, W. and R. Tkachuk (Eds.), *Gluten Proteins.* St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, 1990.
- He, H. and R.C. Hosenev  
*Wheat Protein Solubility and Difference Between Flours.* Cereal Chem, 1990.
- \_\_\_\_\_.  
*Differences in Gas Retention, Protein Solubility, and Rheological Properties Between Different Quality Flours.* Cereal Chem, 1990a.
- Hosenev, R.C.  
*Principles of Cereal Science and Technology.* Second Edition. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, 1995.
- Huebner, F.R. and J.A. Bietz  
"A RP-HPLC for Assessment of Quality in Cereals and Legumes. Breadmaking Quality (wheat)", en Kruger, J.E. and J.A. Bietz (Eds.), *High Performance Liquid Chromatography of Cereal and Legume Proteins.* St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, 1994.
- \_\_\_\_\_.  
"A RP-HPLC for Varietal Identification in Cereals and Legumes Wheat", en Kruger, J.E. and J.A. Bietz, (Eds.), *High Performance Liquid Chromatography of*

- Cereal and Legume Proteins*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, 1994.
- Huebner, F.R., J.A. Bietz and J.S. Wall  
"Disulfide Bonds: Key to Wheat Protein Functionality", en Friedman, M. (Ed.), *Protein Crosslinking, Biochemical & Molecular Aspects*. New York: Plenum Press, 1969.
- Huebner, F.R. and J.S. Wall  
*Fractionation and Quantitative Differences of Glutenin from Wheats Varying in Baking Quality*. Cereal Chem. 53:258, 1976.
- Jones, R.W. et al.  
*Molecular Weights of Wheat Gluten Fractions*. Arch. Biochem. Biophys. 94:483, 1961.
- Kasarda, D.D.  
"Glutenin Structure in Relation to Wheat Quality", en Pomeranz, Y. (Ed.), *Wheat is Unique*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, 1989.
- Kasarda, D.D. et al.  
*Nucleic acid (cDNA) and Amino Acid Sequences of Type Gliadins from Wheat (Triticum Aestivum)*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 81:4712, 1984.
- Kasarda, D.D., G. King and T.F. Kumosinski  
*Comparison of Spiral Structures in Wheat High Molecular Weight Glutenin Subunits and Elastin by Molecular Modeling*. ACS Symp. Ser. 576:209, 1994.
- Krull, L.M. and J.S. Wall  
*Relationship of Amino Acid Composition and Wheat Protein Properties*. Bakers Digest 43(4):30, 1969.
- Lookhart, G.L.  
*New Methods Helping to Solve the Gluten Puzzle*. Cereal Foods World 42:16, 1997.
- Lookhart, G.L. and S. Bean  
*A Fast Method for Wheat Cultivar Differentiation Using Capillary Zone Electrophoresis*. Cereal Chem. 72:42, 1995.
- \_\_\_\_\_  
*Separation and Characterization of Wheat Protein*

*Fractions by High Performance Capillary Electrophoresis. Cereal Chem. 72:527, 1995.*

Krul, L.H. and G.E. Inglett

*Industrial Uses of Gluten. Cereal Sci. Today 16:232, 1971.*

MacRitchie, F.

"Physio-chemical Aspects of Some Problems in Wheat Research", en Pomeranz, Y. (Ed.), *Advances in Cereal Science and Technology*. Vol. III, St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, Inc., p. 301, 1980.

Menkovska, M., G.L. Lookhart and Y. Pomeranz

*Changes in the Gliadin Fraction (s) During Breadmaking: Isolation and Characterization by High-Performance Liquid Chromatography and Polyacrylamide Gel Electrophoresis. Cereal Chem. 64:311, 1987.*

Osborne, T.B.

*The Proteins of the Wheat Kernel. Publication 84, Carnegie Institution of Washington, Washington DC, 1907.*

Posner E.S. and A.N. Hibbs

*Wheat Flour Milling. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, Inc., 1997.*

Wall, J.S.

*Disulfide Bonds: Determination, Location and Influence on Molecular Properties of Proteins. J. Agric. Food Chem. 19:619, 1971.*

Wall J. S. et al.

*Chemical Modification of Wheat Gluten Proteins and Related Model Systems. J. Polymer Sci.: Part C 24:147, 1986.*

Woychic, J.H., F.R. Huebner and R.J. Dimler

*Reduction and Starch-Gel Electrophoresis of Wheat Gliadin and Glutenin. Arch. Biochem. Biophys. 105: 151, 1964.*

Wrigler, C.W. and J.A. Bietz

"Proteins and Amino Acids", en Pomeranz, Y. (Ed.), *Wheat Chemistry and Technology*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, 1988.