

LA SOYA EN PRODUCTOS DE PANIFICACION

Dr. Sergio O. Serna Saldivar

Director, Departamento de Biotecnología e Ingeniería de Alimentos

Tecnológico de Monterrey – Campus Monterrey.

El trigo (*Triticum aestivum*) y la soya (*Glycine max*) son de los granos más antiguos que ha consumido el hombre desde que se transformó en sedentario y empezó a practicar la agricultura. Sin embargo, el origen citogenético de estos dos importantes cultivos es muy diferente ya que el trigo se originó en el medio oriente y la soya en el lejano oriente (China). Se ha documentado que el trigo y la soya han sido parte de las dietas del medio oriente-Europa y oriental por más de 10,000 y 5,000 años, respectivamente. Los usos culinarios de este cereal y leguminosa son bastante diferentes ya que el trigo constituye la columna vertebral para la elaboración de numerosos productos de panificación, galletería y pastas mientras que la soya para un sinnúmero de alimentos tradicionales entre los que destacan la denominada leche de soya, tofú, texturizados o análogos de carne, salsa de soya, miso y tempeh.

La calidad nutritiva de la gran gama de productos de panificación es generalmente intermedia ya que este cereal tiene deficiencias del amino ácido de mayor relevancia en nutrición humana: la lisina. Todavía hoy en día los diversos productos de panificación, elaborados principalmente a partir de trigo, son considerados como los alimentos de mayor consumo en el mundo. Esto debido a su relativo bajo valor económico y buen valor energético y a que su fabricación requiere de utensilios e ingredientes sencillos como son la sal, el azúcar y fermento. El origen del pan se remota a épocas prehistóricas donde existen claras evidencias de su elaboración por las diferentes civilizaciones. Las religiones cristianas, judías y antiguas griegas y egipcias han utilizado al pan como símbolo sagrado.

Existen descripciones de fabricación de pan en Egipto que datan desde la época de Rámses III, aproximadamente 1200 años antes de la era cristiana. Los primeros panes elaborados fueron los denominados planos producidos sin levadura, posteriormente los panes planos evolucionaron mediante el uso de masas acedas o con microorganismos fermentadores para generar panes (v.gr pan pita o árabe) de mayor agrado para el consumidor. Hoy en día existen una gama de panes con diferentes propiedades. Estos productos varían de acuerdo a las culturas y regiones del mundo. Sin embargo, los panes obtenidos mediante uso de fermento biológico generalmente son elaborados a partir de harina fuerte o panadera suplementada con sal y azúcar y procesados mediante las siguientes operaciones unitarias: mezclado de ingredientes secos, amasado para generar masa y activar a la levadura, fermentación inicial, desgasado/formado, fermentación final, horneado y enfriado (Serna Saldivar 2012). Mediante el uso de diferentes formulaciones y procesos se obtienen una gran gama de productos de panificación que existen en el mercado de hoy en día. El cuadro 1 resume a los principales productos de panificación existentes en el mundo.

Una de las estrategias más simples para mejorar la calidad proteica y valor nutritivo y nutracéutico de los alimentos es mediante la fortificación de productos de alto consumo con productos de soya. La adición de harinas y otros productos procesados de la soya permite especialmente mejorar la cantidad y calidad proteica (Gonzalez Agramon y Serna Saldivar 1988, Hikmet Boyacioglu 2006 Serna Saldivar et al 1988). Para el caso específico de productos basados en cereales como son todos los productos de panificación la simple adición de 6 a 8% de harina de soya o 4% de concentrado de soya incrementa en aproximadamente 2% el aporte de proteína y duplica el valor proteico nutrimental haciendo que la nueva mezcla de proteínas tenga tan buen valor como la de los productos de origen animal. Los productos de panificación, especialmente los leudados con levadura o cultivos bacterianos, son los que mas se ven afectados por la incorporación de harinas

diferentes a la del trigo. Esto debido a que la harina de trigo es la única en toda la naturaleza que una vez hidratada

Cuadro 1. Principales categorías de productos de panificación leudados con levadura.

Tipo de Pan	Características
Chino o Cocido al Vapor	Pan de mayor consumo en China. Se elabora mediante un proceso muy particular ya que la masa se cuece al vapor en lugar de hornearse. Su producción utiliza una formulación muy sencilla consistente de harina de trigo, agua, levadura y un poco de sal. Después de amasar a mano o en mezcladores se obtiene una masa, la cual se moldea a mano mediante un proceso de laminado, rolado y corte en piezas de diversos tamaños o pesos. En ocasiones, el cilindro rolado y cortado se modela para formar figuras parecidas a animales. El producto terminado tiene una costra de color blanco ya que no sufre un proceso térmico fuerte. El producto modelado se cuece en un baño de vapor por aproximadamente media hora. Durante el proceso de cocimiento, la masa incrementa su volumen y baja su densidad aparente produciéndose una costra delgada, una miga fina y firme y un sabor muy ligero. El pan chino se utiliza prácticamente para acompañar todo tipo de alimento.
Francés o Baguettes	Para manufacturar pan francés o baguettes generalmente se emplea el método de panificación directa y una formulación sencilla consistente en harina, agua, sal y levadura. La proporción de los ingredientes varía, pero generalmente contiene 60-66% agua dependiendo de la fuerza de la harina, 2% sal y 1.5-2% levadura seca. Dado a la ausencia de una fuente extrínseca de carbohidratos fermentables, la levadura tiene poco sustrato para fermentar. Es por esta razón que la formulación contiene malta diastásica y el pan es fermentado por un largo período. La harina y otros ingredientes se mezclan hasta desarrollar propiamente el gluten. La masa se deja reposar por 30 min, se corta o divide, se forma y fermenta por aproximadamente 120 min más. Los pedazos de masa modelados y propiamente fermentados son rayados o ligeramente cortados en la parte lateral superior con el objetivo de que el pan se quiebre en la línea de corte una vez que es sujeto al proceso de horneado. El pan se hornea 210-250°C por 20-30 min, dependiendo principalmente del tamaño. Los hornos más apropiados para esta tarea están equipados con un inyector de vapor de agua, el cual ayuda a mejorar la textura de la costra y calidad del producto terminado. La vida útil del pan francés es limitada (1-3

	días) ya que pierde rápidamente su textura debido a la ausencia de manteca y emulsificantes. Existen dos categorías principales de pan Francés, los de costra suave y los de costra dura.
Árabe o Pita	Los panes árabes o planos son considerados como uno de los más antiguos y primitivos. El mas popular se le conoce como pan Pita o de bolsa considerado como uno de las alimentos mas típicos del mundo Árabe y Judío. Los panes Pita son generalmente horneados en hornos de ladrillos que alcanzan altas temperaturas. Los panes planos requieren de tiempos de fermentación relativamente cortos y son horneados a las más altas temperaturas (i.e. 300°C) por periodos de tiempos relativamente cortos. El resultado es un pan con alta densidad y con una alta relación de costra contra miga. Los panes Pita son obtenidos de masas que contienen una alta cantidad de agua (la harina es mezclada generalmente con 68 a 70% de agua) para que se obtenga una masa suave que pueda ser doblada y formada en multicapas para que durante el horneado se forme la bolsa interna que caracteriza a estos productos. Los panes Pita son bajos en grasa y son idóneos para colocarles rellenos como ensaladas, granos cocidos, quesos etc.
Forma o Molde	El pan de forma o molde es relativamente moderno y consumido prácticamente en todos los países del mundo. Son productos elaborados con muchos aditivos que le dan una vida útil desde el punto de vista microbiológico y textural. Algunas formulaciones contienen hasta 16 o mas ingredientes que ayudan a mantener la textura y prolongar su vida útil microbiológica. Se les denomina pan de forma ya que la masa preformada generalmente en un cilindro es colocada en un molde metálico para su fermentación final y horneado. Estos panes son generalmente rebanados y utilizados para elaborar sándwiches. La mayoría de los panes de forma son obtenidos mediante el proceso esponja o uso de masa madre ya que favorece su sabor y proceso industrial. Dentro de esta categoría existen panes integrales, multigranos, acedos y para hamburguesas y hot dogs.
Panes Acedos	Los panes acedos se caracterizan por fermentarse con cultivos bacterianos como <i>Lactobacillus planctarum</i> , <i>L. San francisco</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. brevis</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> y <i>Streptococcus thermophilus</i> en lugar de levadura y la gran mayoría son elaborados a partir de harina de trigo mezclada con centeno. Los panes generalmente son mas acidicos (acidos acetico, lactico, hidroxiaacetico, formici y pirúvico) y tienen un perfil especial de sabor impartido por el cultivo microbiano y el uso de centeno. Estos panes se consideran como de alto valor nutritivo y prolongada vida de anaquel.

Bagels	Los bagels se originaron en Rusia y de ahí fueron llevados a Estados Unidos por inmigrantes europeos. Los bagels son productos de panificación elaborados a partir de una formulación sencilla que incluye harina panadera, azúcar (3%), sal (2%) y levadura fresca o seca (2.0 ó 0.8%, respectivamente). El procesamiento contempla un paso que es único en productos de panadería que es el tratamiento de la masa formada en forma de bagel en agua azucarada caliente antes de proceder al horneado. La textura interna y externa que caracteriza al producto se obtiene debido al tratamiento hidrotérmico. Existen bagels dulces como salados, en algunos lugares inclusive se les espolvorean ingredientes como sal de cebolla y de ajo.
Pretzels	Los panes pretzels son populares especialmente en los mercados de EUA, Canada y países Europeos debido a que se considera un pan dietético. Las características distintivas de los pretzels son que son tratados térmicamente en agua alcalina antes de su horneado y que generalmente tienen una forma de moño de corbata. La cocción antes del horneado imparte el color café brillante característico y el perfil de sabor que caracteriza a estos panes. Los pretzels son preferentemente elaborados con harinas panaderas o duras. El paso crítico de precocimiento en una solución de bicarbonato de sodio al 1% dura aproximadamente 10 segundos. Posteriormente se los coloca sal u otras coberturas antes del horneado a 240-260°C por 5 a 8 minutos. Al igual que la mayoría de los productos de panificación la vida útil textural de los pretzels es limitada.
Croissants y/o Danés	Los croissants se originaron en Viena Italia en el siglo XV durante la guerra entre los Turcos y los Austrohúngaros. Los panaderos italianos elaboraron un pan con la forma de la luna en cuarto creciente. Estos panes son elaborados a partir de una masa dulce y rica en huevo. La masa después de fermentarse se lamina en capas las cuales se recubren con manteca y/o mantequilla y corta en triángulos, los cuales son rolados en la forma característica. Los croissants son finalmente fermentados a temperatura ambiente o en refrigeración por 8 a 12 hr, recubiertos con huevo batido y horneados a 200-220°C por aproximadamente 15-20 min. El resultado es un multilaminado con un sabor muy particular debido a la combinación de azúcar, huevo, grasas y metabolitos generados durante la fermentación. El pan Danés se produce con formulaciones y procesos muy similares al descrito para croissants pero con diferentes configuraciones.
Donas	Las donas son elaboradas a partir de una masa de repostería rica en azúcar, manteca y huevo. Las donas mas populares son obtenidas de masas fermentadas con levadura. La masa generalmente se produce de una harina intermedia o de todo propósito que después

	de fermentarse se lamina y corta en la configuración característica de la dona. Las formas de dona se fermentan en preparación al freído a 175-180°C por aproximadamente 1 minuto. Las donas son inmediatamente glaseadas o saborizadas.
--	--

Fuente: Serna Saldivar (2003, 2010, 2012).

y sujeta a una acción mecánica de amasado forma una red viscoelástica capaz de retener al bióxido de carbono y otros gases generados durante la fermentación. La harina, concentrado o aislado proteico de soya puede ser mezclada con la harina de trigo para así generar productos con un alto perfil nutrimental y nutracéutico. Esto debido a que la combinación de un cereal y una leguminosa complementa y mejora muy significativamente los aportes de los nutrientes esenciales y fitoquímicos. Por lo tanto, el enriquecimiento de productos de panificación con soya tiene el gran potencial de mejorar la salud de los consumidores. Nutrimentalmente hablando, los diferentes productos de soya contienen al menos cinco veces mas proteína que la harina de trigo y mas importantemente contribuyen con altas cantidades de los amino ácidos que son deficientes en la harina de trigo (principalmente lisina). Además la soya, especialmente la harina desgrasada, es muy rica en fibra dietética que esta presente en baja concentración en las harinas refinadas de trigo. La fibra dietética asociada a los productos de soya contiene importantes cantidades de componentes insolubles y solubles que tienen diferentes efectos positivos en salud humana. Adicionalmente la soya contiene vitaminas y minerales de mucha relevancia en nutrición humana. El cuadro 2 resume y compara los aportes nutrimentales de la harina de trigo y diferentes productos de soya incluyendo a la denominada leche de soya. La inclusión de soya en productos de panificación trae ventajas y desventajas desde el punto de vista de calidad de productos terminados. Definitivamente que la principal desventaja es que el efecto diluyente por la adición de soya afecta la fuerza y elasticidad del gluten y por consiguiente la calidad panaria. Sin embargo, la principal ventaja es que la adición de proteína de soya altamente ligadora de agua incrementa la absorción de la harina compuesta y el

Cuadro 2. Composición química nutrimental de harina de trigo refinada y diversos productos de soya con potencial a ser utilizados en panificación.

Nutriente/100 g	Harina de Trigo Panadero	Productos de Soya				
		Harina Integral	Harina Desgrasada	Concentrado	Aislado	Leche de Soya
Humedad, g	13.4	5.2	7.5	5.8	5.0	87.5
Energía kcal	361	436	330	328	338	64
Proteína, g	12.0	34.5	47.1	63.6	87.7	2.6
Lípidos, g	1.0	20.6	1.2	0.5	3.4	3.3
Carbohidratos, g	70.3	35.2	38.4	25.4	7.4	7.13
Fibra Dietaria, g	2.4	9.6	17.5	5.5	5.6	0.2
Minerales						
Calcio, mg	15	206	241	363	178	67
Hierro, mg	0.9	6.4	9.2	10.8	14.5	1.1
Fosforo, mg	97	429	674	710	776	12
Zinc, mg	0.9	3.9	2.5	4.4	4.0	0.6
Vitaminas						
Tiamina, mg	0.080	0.58	0.70	0.32	0.18	0.04
Riboflavina, mg	0.060	1.16	0.25	0.14	0.10	0.06
Niacina, mg	1	4.32	2.61	0.72	1.4	0.86
Ac. fólico, mcg	80	345	305	340	176	17
Vit. E, mg	0.40	1.95	0.12	0	0	0.9
Aminoácidos						
Lisina, g	0.23	2.30	3.13	4.4	5.33	0.17
Metionina, g	0.21	0.47	0.63	0.90	1.13	0.03
Triptófano, g	0.14	0.50	0.68	0.90	1.12	0.04

Fuente: Perkins (1995) y USDA (2012).

rendimiento del producto terminado (Hikmet Boyacioglu 2006). Generalmente la inclusión de 6% de harina de soya, 4 % de concentrado de soya o 3% de aislado proteico incrementan el rendimiento del pan en aproximadamente 5%. Además, la mayor capacidad de absorción y retención de agua, inclusive después del horneado, propicia que la tasa de retrogradación del pan sea menor y se mejore su textura a través de su vida útil. Esto debido a la dilución del contenido de almidón y principalmente a que el agua retenida disminuye la reasociación de las moléculas de amilosa pregelatinizadas. Una de las mayores recomendaciones para elaborar productos de panificación fortificados con soya es la adición de emulsificantes o mejoradores de textura de la masa dado a que estos compuestos ayudan a que la proteína de soya interactúe mediante puentes químicos con el gluten desarrollado de la masa de trigo (Serna Saldivar et al 1988). El resultado es que los panes fortificados tienen un mejor volumen, textura de la miga y vida textural. Los emulsificantes con mejor funcionalidad para elaborar productos fortificados con soya son el estearilo-2 lactilato de sodio, lecitina, mono/diglicéridos destilados o modificados y DATEM. Estos generalmente se dosifican en niveles desde 0.01 hasta 0.3% basados en el peso de la harina. Los emulsificantes sirven como punto de enlace entre grupos polares y no polares mejorando el comportamiento de la masa en equipamientos automáticos industriales. Al igual que la manteca, los emulsificantes retardan las reacciones de retrogradación entre moléculas de amilosa, por lo tanto ayudan a mantener la frescura y suavidad del pan. El grupo lipofílico generalmente se asocia con la atmósfera no polar que existe dentro del helicoide de la amilosa (Serna Saldivar et al 1988).

Ingredientes de Panificación

Los ingredientes básicos para la manufactura de panes fermentados y enriquecidos con soya son las harinas de trigo y soya, agua, levadura y sal. Casi todas las formulaciones de panificación también contienen azúcar y manteca animal o vegetal. El cuadro 3 resume la funcionalidad de los principales

ingredientes utilizados en panificación. Existen un sinnúmero de aditivos ampliamente utilizados para mejorar las propiedades texturales, de sabor y vida de anaquel. Entre los más importantes se encuentran la malta diastásica, conservadores (propionato de calcio), agentes oxidantes (bromatos y/o ascorbatos), alimento para levadura, emulsificantes, leche en polvo descremada y huevo fresco o en polvo. Generalmente, los panes de forma y de repostería contienen a la mayoría de estos ingredientes (Serna Saldivar 2010, 2012).

Cuadro 3. Funcionalidad de los ingredientes comúnmente utilizados en las formulaciones de panificación.

Ingrediente	Funcionalidad en Panificación
Harina de Trigo	Ingrediente de mayor relevancia en cualquier producto de panificación ya que afecta profundamente la funcionalidad y las características del producto terminado, dictamina parámetros de procesamiento y requerimientos de algunos otros ingredientes o aditivos. La funcionalidad de la harina es impartida principalmente por el contenido de proteína y/o fuerza del gluten medidos generalmente con algún instrumento reológico. Solamente la harina de trigo tiene un gluten funcional una vez que es hidratado y mezclado. Se dice que es funcional ya que forma una red continua, elástica, extensible y hasta cierto punto impermeable al bióxido de carbono liberado durante la fermentación. La tasa óptima de absorción de agua, tiempo de amasado y propiedades del pan están fuertemente vinculada al contenido proteico. La industria generalmente utiliza harinas refinadas de trigo duro o panadero, harinas integrales y recientemente harinas de grano entero. Estas dos últimas tienen una menor funcionalidad debido a que la fibra interfiere con la producción y fuerza del gluten pero generan panes con mejor valor nutritivo y nutracéutico. En general, una buena harina refinada para panificación contiene menos de 0.4% de cenizas, 11-14.5% de proteína con gluten fuerte, 0.6% de pentosanos y trazas de compuestos polares. La harina optima para panificación cuando es probada con el farinógrafo generalmente absorbe 60-64% de agua, tiene un tiempo de desarrollo alrededor de 6-8 min, una estabilidad de 10-17 min y un índice de tolerancia al mezclado de 20-35 unidades.
Agua	El agua es elemento clave en cualquier proceso de panificación. Tiene múltiples funciones entre las que destacan que es el medio requerido para solubilizar los

	ingredientes de panificación, activar a la levadura y las enzimas de la malta, hidratar a los gránulos de almidón y especialmente es el ingrediente necesario para el desarrollo y formación del gluten una vez que la harina hidratada es sujeta a la acción mecánica del amasado. Generalmente, las harinas de trigos duros o panaderos son hidratadas con 60-66% de agua. La dureza del agua puede afectar la calidad de los productos de panificación. Se recomienda utilizar agua clasificada como media-dura o con 50-100 ppm de carbonato de calcio o sulfato de calcio.
Levadura	Son microorganismos quimosintéticos unicelulares y ovoides (4-8 μ de ancho por 5-16 μ de largo) e inmóviles que se reproducen vegetativamente o por formación de yemas. Es agente clave ya que fermenta a los azúcares sencillos (v. gr., glucosa, fructosa, maltosa y sacarosa) en etanol, bióxido de carbono y energía. La levadura desdobra a los azúcares fermentables para producir ácidos orgánicos (v. gr., acético, butírico, láctico, succínico) responsables de bajar el pH, otros compuestos saborizantes como aldehídos y cetonas (v. gr., acetaldehído, formaldehído, propionaldehído, isobutilaldehído, metil-etil cetona, isovaleraldehído, 2 metil butanol, etc.), etanol y gas (CO₂). El gas generado es en su mayoría atrapado por la red elástica del gluten teniendo acción leudante. Comercialmente existen levadura fresca-comprimida y seca o deshidratada. Para la producción de levadura seca (92% de sólidos), la levadura húmeda y comprimida es primeramente formada en pequeñas tiras y deshidratada en un secador continuo de túnel o de lecho fluidizado a baja temperatura (30-60°C). En términos prácticos, un kilogramo de levadura fresca-comprimida equivale a aproximadamente 0.45 kg de levadura seca. La ventaja del fermento seco es que tiene una alta vida de anaquel pues las células de levadura están aletargadas debido a que fueron deshidratadas y empacadas al vacío. La desventaja del fermento seco es que demora más tiempo en activarse y en empezar a hidrolizar al sustrato, además durante la deshidratación de la levadura hay daños en las paredes celulares liberándose glutatión que tiene un efecto reductor sobre el gluten. Los parámetros para facilitar y regular la fermentación de pan son temperatura de 26-36°C y humedad relativa mayor a 85%. La cantidad de levadura que generalmente se añade a formulaciones de pan varía de 1 a 2.0% y 3.0-6.5% de levadura seca y fresca comprimida, respectivamente.
Sal	Tiene como funcionalidad principal fortalecer al gluten vía modificación iónica de las proteínas y contrarrestar el sabor dulce de los edulcorantes También baja ligeramente la actividad acuosa o <i>A_w</i>, por lo tanto, sirve como agente conservador. Las cantidades

	generalmente utilizadas varían desde 1-2%.
Azúcar y Edulcorantes	El azúcar y edulcorantes como el jarabe de maíz, miel etc tiene tres funciones básicas: impartir sabor y color y ser el principal sustrato regulador de la levadura. Los azúcares más utilizados son la sacarosa, edulcorantes invertidos y el jarabe o jarabes fructosados de maíz. Estos carbohidratos imparten sabor al pan directa e indirectamente. Este último fenómeno debido a que la levadura produce un gran número de agentes saborizantes resultantes de la fermentación. Los azúcares son también responsables por el desarrollo del color típico del pan vía reacciones de Maillard o de encafecimiento no enzimático, una vez que son expuestos a las altas temperaturas del horno. Las formulaciones de pan de mesa generalmente contienen de 4-6.5% de azúcar mientras que las formulaciones de repostería pueden contener hasta 15% de azucares.
Manteca vegetal o grasa animal	Estas grasas tienen importantes funciones como agentes lubricantes mejorando el comportamiento de la masa durante el mezclado, disminuyendo principalmente el problema de pegosidad. Sin embargo, su principal función es mejorar la textura del pan produciendo una miga más suave. Esto es debido a que la grasa cristalizada forma pequeñas películas entre la red del gluten y los otros constituyentes interfiriendo con el fenómeno de retrogradación del almidón, el cual está asociado con la pérdida progresiva de textura del pan. El contenido recomendado de manteca vegetal o animal en productos de panificación y repostería es de 3-3.5% y 8-12%, respectivamente. Recientemente ha existido mucha preocupación por las mantecas vegetales hidrogenadas que contienen cantidades significativas de ácidos grasos con configuración <i>trans</i> debido a los efectos nocivos en salud humana. Por lo tanto, la industria esta buscando nuevas opciones de mantecas entre las que destacan estearinas de palma africana o de otros aceites que tienen todos sus ácidos grasos en la configuración <i>cis</i> . Dentro de esta categoría también se incluyen la mantequilla y margarinas, la ventaja de estos productos es que además de mejorar la textura de los productos también mejoran el sabor.
Malta diastásica	Contiene actividad amilolítica (alfa y beta-amilasas) y se usa para hidrolizar parcialmente al almidón dañado durante el proceso de molienda. La acción enzimática proporciona sustrato (maltosa) para la levadura. Los requerimientos de malta generalmente se ajustan de acuerdo con la actividad diastásica original de la harina. Las formulaciones para panificación comúnmente contienen 0.5-1.25% de malta diastásica. La malta es ingrediente fundamental en la elaboración de panes sin azúcar como el pan Francés.

Gluten vital	Esta proteína funcional del trigo es utilizada para fortalecer harinas compuestas o integrales para contrarrestar los efectos negativos de la fibra o de harinas no funcionales como las de avena, centeno, triticale y soya. La harina de gluten vital generalmente contiene un 70% de proteína y es principalmente suplementada en formulaciones de panificación para productos integrales o de multigranos en un nivel que varía de 1 a 3%. La adición de 1% de gluten vital incrementa la absorción óptima de agua en 1.5%.
Huevo	Los diversos productos de huevo (entero, yema y clara fresca o deshidratada) son ampliamente utilizados en productos de repostería ya que afecta el sabor y color de los productos terminados. La grasa y emulsificantes de la yema también ayudan a producir productos mas suaves y con mejor vida útil textural. La proteína de la clara o albúmina del huevo es fuertemente atrapadora de aire durante el proceso de amasado afectando la reología de las masas y la textura de los productos de panificación
Leche en polvo	Las formulaciones para pan de mesa generalmente contienen pequeñas cantidades de leche en polvo descremada (1-3.5% basado en el peso de harina). La leche en polvo incrementa ligeramente la tasa de absorción de agua, mejora significativamente el color de la costra del pan (color más dorado) e imparte un sabor más agradable. Es importante mencionar que la levadura no tiene capacidad de desdoblar al carbohidrato de la leche, lactosa, por lo que el disacárido contribuye a impartir un color más deseable en la costra del pan.
Emulsificantes o acondicionadores de masa	Los emulsificantes son compuestos químicos con grupos hidrofílicos y lipofílicos. Por lo tanto, sirven como punto de enlace entre grupos polares y no polares mejorando el comportamiento de la masa en equipamientos automáticos industriales. Por lo tanto retardan las reacciones de retrogradación entre moléculas de amilosa y ayudan a mantener la frescura y suavidad del pan. Los emulsificantes más populares son el estearilo-2 lactilato de sodio, lecitina, mono/diglicéridos destilados o modificados y DATEM. Los emulsificantes generalmente se añaden en niveles desde 0.01 hasta 0.3% basados en el peso de la harina. Estos compuestos son altamente funcionales en cualquier formulación de panificación que lleve productos de soya.
Agentes oxidantes	Añadidos para afectar las propiedades reológicas de la masa y mejorar su capacidad de retención del gas. Los agentes oxidantes propician mayor formación de enlaces disulfuro, lo que resulta en una masa más tenaz y extensible. Además, mejoran la textura de la masa facilitando su proceso y la miga del pan. El agente oxidante más usado es el bromato de potasio, el cual se añade hasta un máximo de 50 a 100 ppm con

	base al peso de la harina. El nivel más usado es de 20 ppm. El uso de bromatos en los países industrializados ha causado controversia ya que en altas concentraciones es un ingrediente tóxico. Es por esa razón que el ingrediente está listado como carcinógeno y su uso está prohibido en Europa, Canadá, Japón y Nueva Zelanda. En los países donde todavía se utiliza, su uso está fuertemente regulado. Casi todas las formulaciones que contienen agentes oxidantes también incluyen ácido ascórbico, el cual actúa sinérgicamente. Los niveles comúnmente utilizados de ácido ascórbico fluctúan entre 30 y 100 ppm. Otros agentes oxidantes usados en panificación y que están remplazando a los bromatos son el azodicarbonamida y el sulfato cúprico.
Conservadores	Empleados para incrementar la vida útil de productos de panificación. La industria en general emplea sales de propionatos (principalmente, propionato de calcio) los cuales tienen la propiedad de inhibir fuertemente a los hongos amilolíticos sin afectar significativamente la acción fermentadora de la levadura. Los ácidos orgánicos producidos durante la fermentación bajan el pH del sistema actuando sinérgicamente con el agente conservador. Entre más bajo es el pH más efectivos son los conservadores y mayor es la vida útil del pan.

Fuente: Serna Saldivar (2010).

Operaciones Unitarias y Procesos de Panificación

Los procesos artesanales e industriales mecanizados de panificación siguen los pasos básicos de premezcla de ingredientes, amasado, fermentación, laminado/formado, cocción y enfriado. La gran mayoría de los procesos de panificación emplean el horneado como operación básica para transformar la masa en pan. Sin embargo, hay algunos productos que en lugar de hornearse se cuecen al vapor (pan Chino), en agua (Bagels) o se fríen (donas). El cuadro 4 resume la funcionalidad de las operaciones secuenciales generalmente empleadas para producir la mayoría de los productos de panificación.

Cuadro 4. Operaciones unitarias usadas para elaborar productos de panificación

Operación Unitaria	Descripción e Importancia
Mezclado de ingredientes secos	Operación generalmente realizada para homogeneizar a los ingredientes secos en preparación para la formación de masa. El objetivo es distribuir homogéneamente y evitar la formación de grumos durante el amasado.
Amasado	Esta operación tiene dos objetivos primordiales: distribuir homogéneamente los ingredientes y propiciar el desarrollo del gluten. Durante la etapa de mezclado, la harina primeramente absorbe al agua adquiriendo una textura rugosa granular. Conforme avanza la acción mecánica, la masa empieza a adquirir propiedades elásticas cohesivas debido a que el complejo hidratado gliadina-glutelina interactúa formando enlaces hidrofóbicos y disulfuro. El punto óptimo de mezclado, también llamado tiempo de desarrollo, es cuando el gluten adquiere su mayor fuerza elástica y de tenacidad. En este punto, la masa tiene una textura lisa y brillante y tiende a retener la mayor cantidad de gas producido durante la fermentación, lo que se traduce en un buen volumen de pan. Generalmente una harina con alta absorción de agua o contenido de proteína requiere mayor tiempo de amasado.
Fermentación	El proceso de fermentación empieza una vez que la levadura y harina son hidratadas en presencia del sustrato y condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa. La alta humedad relativa evita que la masa sufra una deshidratación (costra) que afectaría la calidad y rendimiento del producto terminado. Las células de levadura una vez activadas atacan el sustrato más disponible, que son azúcares sencillos (sacarosa, glucosa y fructosa) produciendo ácidos orgánicos, alcohol (etanol) y bióxido de carbono. El gas es en su mayoría atrapado y acumulado en la red del gluten de la masa formando los loci. Después de la fermentación inicial la masa se prensa o rola para remover al gas atrapado por el gluten y crear nuevos espacios (loci) de gas que se traducen en la miga del pan. Posteriormente la masa es laminada, formada, cortada y/o colocada en bandejas o moldes en preparación a su fermentación final. El lapso de fermentación generalmente se establece cuando la masa llega a una altura o volumen determinado.
Horneado	La masa es transformada en pan mediante su cocción, generalmente en un horno, a temperaturas de aproximadamente 200-220°C por 18-25 min. La temperatura y tiempo de cocción varían de acuerdo con el peso de la masa y tipo de pan. Durante las etapas iniciales de cocción, la masa incrementa su volumen y altura dado a que la levadura todavía produce gas y a que el bióxido de carbono se expande por el notable incremento en temperatura. A

	este fenómeno se le denomina industrialmente resorteo de la masa. Las células de levadura en el sistema masa-pan mueren aproximadamente ocho minutos después de introducir la masa al horno. El gluten se desnaturaliza perdiendo su capacidad de retención de agua y adquiere características rígidas. Por otra parte, dado a la alta temperatura y presencia de agua, el almidón se gelatiniza e incrementa notablemente su capacidad de retención de agua. En efecto, se ha establecido que aproximadamente 80% de la humedad del pan está ligado a las moléculas de almidón gelatinizadas. También durante el importante proceso de horneado, el pan adquiere su color de costra característico. La presencia de azúcares reductores y grupos aminos libres aunado con las altas temperaturas propicia que la costra del pan adquiera su típico color dorado resultante de las reacciones tipo Maillard. La costra del pan recién salido del horno es dura, pero se suaviza paulatinamente durante el enfriado dado a que la más alta humedad de la miga o del interior del pan migra hacia el exterior para equilibrarse. Este fenómeno resulta en la rehidratación gradual de la costra. Para los casos específicos de pan chino, bagels y donas la cocción se hace con vapor, en agua hirviendo o mediante un freído, respectivamente.
Enfriado	Operación crítica para optimizar la vida útil microbiológica y textural de los productos de panificación. El objetivo es equilibrar a temperatura ambiente el pan para proceder a su envasado. Es fundamental enfriar al pan antes del envasado para evitar la condensación de agua dentro del envase que posteriormente provoque problemas microbiológicos.

Fuente: Serna Saldivar (2010)

Procesos de panificación

La manufactura de los diversos tipos de panes generalmente se realiza siguiendo uno de tres procesos: panificación directa, proceso esponja o producción de masa madre, o método continuo. Los requerimientos de calidad de harina, mano de obra y propiedades del producto terminado difieren entre los distintos procesos. La panificación directa es generalmente practicada por pequeñas panaderías y consiste en la mezcla de todos los ingredientes y el seguimiento de la masa hasta su transformación en el producto terminado. Prácticamente todos los tipos de pan se pueden producir siguiendo este sistema. Su principal desventaja es que requiere de alta mano de obra y largos tiempos de fermentación.

El método de panificación a partir de masas madre es el más practicado por la industria para manufacturar pan de forma o mesa. Se le denomina esponja ya que en este proceso parte de la harina (60%) es mezclada con casi toda el agua y levadura que la formulación requiere. Después de un tiempo de fermentación (4-6 h) la masa luce similar a una esponja. Posteriormente, el resto de la harina con los otros ingredientes (sal, edulcorantes, manteca vegetal, conservadores, etc.) son mezclados con la masa madre hasta lograr el desarrollo apropiado del gluten. A esta nueva etapa se le llama industrialmente "refresco". Los requerimientos de mezclado y tiempo de fermentación en la planta son significativamente reducidos ya que la masa madre está totalmente hidratada y bajo una fuerte actividad de fermentación. El tiempo de fermentación, una vez que la masa madre es mezclada con el resto de los ingredientes para producir la masa de refresco, es significativamente reducido. Las ventajas de este proceso son que el tiempo que la masa reside en la planta es más corto que cuando se realiza mediante panificación directa y sobre todo que el pan termina con un sabor y textura más agradable para el consumidor.

Los sistemas continuos de panificación evolucionaron del sistema esponja y son altamente mecanizados, requieren de ingredientes líquidos y un tiempo menor de fermentación (mayor concentración de levadura y azúcar). Es el sistema que requiere de menos mano de obra, pero de un estricto control de calidad de la materia prima y del proceso.

Producción de pan Francés o baguettes

La familia de panes franceses o baguettes se elaboran mediante el proceso de panificación directo utilizando una formulación muy sencilla consistente de harina, agua, sal, levadura y malta. La cantidad de agua depende del tipo y calidad de la harina y del tipo de pan francés a producir. Dado a que la mayoría de las formulaciones adolecen de una fuente externa de azúcar la levadura tiene poco substrato. Por esta razón la malta juega un papel importante en la formulación.

La malta provee de α y β -amilasas que hidrolizan al almidón dañado generando azúcares fermentables (Cuadro 3).

Cuadro 5. Formulaciones recomendadas para la elaboración de baguettes de costra suave regulares y fortificados con harina de soya, leche de soya y aditivos mejoradores.

Ingrediente	Regular (%)	Fortificado con Harina de Soya	Fortificado con Harina de Soya y Aditivos Mejoradores	Fortificado con Leche de Soya y Aditivos Mejoradores
Harina de trigo panadera	100.0	94	93	100
Harina de soya desgrasada	---	6	6	---
Agua	64.0	68.0	69.0	---
Leche de Soya	---	---	---	70
Levadura seca	2.0	2.0	2.0	2.0
Sal	2.0	2.0	2.0	2.0
Gluten vital	---	---	1.0	1.0
Leche en polvo descremada	1.0	---	---	---
Malta diastásica	0.2	0.2	0.2	0.2
Manteca vegetal	---	---	1.5	1.0
Azúcar	---	---	1.0	1.0
Ácido ascórbico	0.01	0.01	0.01	0.01
SSL	---	---	0.3	0.3
Lecitina	---	---	0.2	0.2

Los panes franceses se subdividen en productos de costra suave y costra dura. El proceso de fabricación consiste en el amasado, fermentación, formación de la configuración típica del baguette, fermentación final, horneado y enfriado. El horneado es muy crítico e importante ya que afecta profundamente la calidad del producto terminado. Los hornos preferidos tienen inyección de vapor

de agua para favorecer la textura final del pan. Estos panes tienen una vida textural limitada de solamente un par de días dado a que se elaboran sin manteca vegetal o animal y emulsificantes (Calvel 1987, Serna Saldivar 2010, 2012).

El procedimiento para la elaboración de los panes franceses consiste en el pesaje de los ingredientes secos, el amasado con la cantidad de agua especificada en el cuadro 5 hasta desarrollar el gluten. Posteriormente, la masa se corta en unidades de 80-90 g en preparación a su fermentación por 30 minutos a 28°C y 85% HR. Durante esta etapa se activa la levadura. Posteriormente los pedazos de masa se desgasan mediante laminación en preparación para el rolado de la lengüeta y formado característico del pan francés. Los pedazos de masa formados son colocados en los charolas perforadas onduladas y posteriormente cortados con una navaja en la configuración característica en preparación para la fermentación final de 60 a 80 minutos a 28°C y 85% humedad relativa. Finalmente los pedazos de masa son horneados a 220°C por 15 a 25 min dependiendo del tamaño del pan. Es muy importante utilizar un horno con inyección de vapor durante el horneado para optimizar la calidad de los panes especialmente si se desea que contengan una costra suave. Para producir panes de costra dura es recomendable bajar la absorción de agua especificada en el cuadro 5 y no inyectar vapor de agua durante la operación de horneado (Serna Saldivar 2003, 2012).





Producción de pan Árabe o Pita.

El pan plano Árabe o pita es muy consumido en el mundo entero especialmente en países musulmanes. También se le conoce en el mundo occidental como pan de bolsa ya que forma una bolsa interna adecuada para rellenarse con diferentes tipos de alimentos (Cuadro 6). Estos panes se producen por el proceso de panificación directa y tiene como clave el uso de harinas altas en proteína las cuales son transformadas en masas con una alta cantidad de agua. La masa es dividida, laminada, traslapada para propiciar en el horneado la formación de la característica bolsa interna del pan. Este tipo de panes se hornean a muy altas temperaturas por bajos tiempos de residencia con el objetivo de formar vapor de agua que ayude a formar la bolsa interna del pan. El cuadro 6 presenta las formulaciones recomendadas para el elaborar panes pita fortificados con harina de soya desgrasada. El procedimiento para la elaboración de estos panes consiste en el pesaje de los ingredientes secos, el amasado con la cantidad de agua especificada en el cuadro 6 hasta desarrollar el gluten. Posteriormente la masa se corta en unidades de 80-90 g en preparación a su fermentación por 40 a minutos a 28°C y 85% de humedad relativa. Posteriormente las bolas de masa se desgasan y laminan en círculos de aproximadamente 5 mm de grosor. La masa se dobla o traslapa cuando menos tres veces y las orillas se sellan a mano. Esta operación es crítica para facilitar la formación de la bolsa interna de este pan. Los nuevas bolas de masa traslapados son fermentadas por 10 a 15 minutos para posteriormente laminarlas con un rodillo en círculos de aproximadamente 20 cm de

diámetro y 0.5 cm de grosor. La masa laminada es colocada en una lamina de horneado, asperjada con grits de maíz amarillo y fermentadas por 30-40 minutos mas. Finalmente, las masas son colocadas en un horno a 250-280°C por 4-5 min. Durante esta operación el bióxido de carbono y vapor de agua propiciarán que el pan se infle formando la bolsa interna que lo caracteriza. Los panes son finalmente enfriados y envasados.

Cuadro 6. Formulaciones recomendadas para la producción de panes Árabes o Pita regular y fortificado con harina de soya desgrasada o leche de soya.

Ingrediente	Regular	Fortificado con Harina de Soya Desgrasada	Fortificado con Leche de Soya
Harina Panadera de Trigo	100.0	94	100.0
Harina de Soya Desgrasada	---	6	---
Agua	64.0	69.0	69.0
Levdura seca	2.0	2.0	2.0
Sal	2.0	2.0	2.0
Gluten vital	---	1.0	1.0
Leche en Polvo Descremada	1.0	---	---
Malta Diastastica	0.2	0.2	0.2
Manteca Vegetal	1.5	1.5	1.0
Azúcar	1.0	1.0	1.0
Acido ascórbico ^a	0.01	0.01	0.01
SSL	---	0.3	0.3
Lecitina	---	0.2	0.2



Producción de pan de forma por el método esponja o masa madre

La mayoría de los panes de forma o molde son manufacturados siguiendo el procedimiento de producción de masas madre o esponjas debido a que presenta ventajas desde los puntos de vista de proceso y calidad final del producto. El proceso se considera como semicontinuo ya que los pasos de producción de esponja y adición del refresco en el amasado son procesos lote mientras que el resto de las operaciones unitarias son continuas. Se le llama proceso esponja puesto que la mayoría de la harina (60-70%) dura es mezclada de antemano con toda la levadura y casi toda el agua necesaria para procesar 100 unidades de harina. La harina hidratada con la levadura es colocada en artesas en cuartos de fermentación por 4 a 6 hr a 28°C y 85% de humedad relativa. Durante esta primera etapa del proceso, la levadura se activa y fermenta a la masa madre generando gas y ácidos orgánicos que bajan el pH. El proceso dentro de la planta empieza cuando la masa esponja es mezclada o amasada con el resto de la harina e ingredientes (Cuadro 7) hasta formar una masa con el gluten desarrollado. El tiempo de amasado se decrementa en aproximadamente 10% debido a que la masa esponja viene hidratada. La otra gran ventaja es que el tiempo de fermentación en planta se ve fuertemente reducido ya que la masa esponja contiene a la levadura activa y en su máxima tasa de fermentación. Las masas son cortadas

Cuadro 7. Formulaciones recomendadas para producir pan de forma o molde regular y suplementado con harina de soya desgrasada mediante el proceso esponja o masa madre.

Ingrediente	Pan Regular		Pan Suplementado con Harina de Soya Desgrasada	
	Masa Madre o Esponja	Refresco	Masa Madre o Esponja	Refresco
Harina de trigo panadera	65.0	35	65.0	28
Harina de soya desgrasada	---	---	---	6.0
Agua	40.0	24.0	40.0	30.0
Gluten vital	---	---	---	1.0
Azúcar	---	6.0	---	6.0
Manteca Vegetal	---	3.5	---	3.5
Leche en polvo descremada	---	1.5	---	1.5
Sal	---	2.0	---	2.0
Levadura seca ^a	1.5	---	1.5	---
Malta diastásica	---	0.2	---	0.2
Alimento de Levadura	0.5	---	0.5	---
Lecitina	---	0.3	---	0.3
SSL	---	0.2	---	0.2
Propionato de calcio	---	0.2	---	0.2

^a Levadura fresca comprimida puede ser utilizada en un nivel de aproximadamente 5%.

o divididas, fermentadas, desgasadas, formadas en cilindros y depositadas en moldes previamente engrasados en preparación a la fermentación final de 50 a 70 min. Finalmente la masa se convierte en pan mediante el horneado por 25 a 30 minutos a 225°C. El pan resultante tiene un sabor más fermentado y una miga más atractiva. El pan una vez que se enfría en bandas de por aproximadamente 30 minutos es rebanado y envasado (Serna Saldivar 2003, 2010, 2012).

El procedimiento consiste en el pesaje de los ingredientes de la masa madre y refresco por separado. Para la producción de un pan de mesa regular es necesario producir pedazos de masa de 600 o 750 para producir hogazas medianas y grandes, respectivamente. Los ingredientes de la masa madre o esponja se mezclan solo para incorporarlos con el agua y colocan en un recipiente dentro de una cámara de fermentación calibrada a 28-30°C y 85% de humedad relativa por 4 a 6 hr. Después de la fermentación, la masa madre se coloca en el amasador junto con la harina e ingredientes del refresco. Los ingredientes se amasan hasta desarrollar óptimamente al gluten (masa lisa, lustrosa y con buena extensibilidad). La masa se corta en pedazos de 600 o 750 g y se coloca de nuevo en recipientes para fermentación. Después de 30 a 40 minutos de fermentación, la masa se desgasa con rodillos para reactivar a la levadura y subdividir a los espacios de aire que se traducirán en la miga interna del pan. Después de 15 minutos adicionales de fermentación la masa se vuelve a desgasar para formar una lengüeta que es rodada en un cilindro el cual se le deben de sellar a mano los bordes de la posición interior y lados laterales. Posteriormente el cilindro de masa se coloca en un molde de panificación previamente engrasado asegurándose de que el borde o sello inferior se coloque en el piso del molde. Una vez que los cilindros de masa se colocan en los moldes son sujetos a una fermentación final de 65 a 70 min a 28-30°C y 85% de humedad relativa. Las masas en los moldes posteriormente son horneadas por 25 min a 220°C. Es recomendable medir la altura de la masa y del pan para calcular el resorte del pan en el horno. Los panes después de ser horneados son desmoldados y enfriados a temperatura ambiente por 30 minutos. Ya una vez que se equilibraron a temperatura ambiente es recomendable pesarlos para calcular el rendimiento basado en la cantidad de harina(s) y rebanarlo para evaluar distribución o textura de la miga.



La adición de 6% de harina de soya desgrasada durante la etapa de refresco afectó significativamente la absorción óptima de agua, rendimiento del pan y el color de la miga. Las masas tuvieron propiedades de manejo muy semejantes. Los panes fortificados con soya tuvieron excelentes propiedades en términos de volumen, densidad aparente y rendimiento mayor estimado en aproximadamente 5%.

Producción de pan de forma multigrano enriquecido con harina de soya

Los panes elaborados con harinas integrales y de granos enteros han ganado popularidad en todo el mundo debido a sus mejores propiedades nutrimentales principalmente en términos de mayor

aporte de fibra dietética y fitoquímicos nutraceuticos. Estos panes también tienen una menor densidad calórica y diferentes colores, texturas y son mas complicados de producir debido a que la adición de salvado y harinas enteras ajenas al trigo diluyen al gluten (Kulp y Ponte 2000). Los panes integrales y multigrano ayudan a prevenir la constipación, hemorroides, y cáncer de colon y proveen de importantes nutraceuticos que previenen el estrés oxidativo considerado como el principal responsable de las enfermedades crónico-degenerativas (cardiovasculares, hipercolesterolemia, diabetes y fibrosis). Sin embargo, desde el punto de vista de procesamiento la adición de harinas ajenas al trigo y diferentes fuentes de fibra tiene un efecto detrimental en la calidad del pan y procesamiento. Por lo tanto, estos panes son generalmente suplementados con aditivos que contrarrestan los efectos negativos. La mayoría de las formulaciones llevan gluten vital para compensar la dilución de este tipo de proteína funcional. También estos panes son generalmente suplementados con miel, melaza, o jarabes de maíz para mejorar el perfil del sabor. Dentro de la categoría de estos panes están los integrales o de grano entero de trigo, los de centeno, avena y multigrano. Estos últimos han subido su popularidad dado a que la combinación de diversos granos incrementa el perfil nutraceutico y mercadotécnico. Es común la producción de panes multigrano con seis o mas diferentes harinas (trigo, avena, linaza, ajonjolí, centeno, trigo sarraceno etc). La producción de estos panes es más complicada ya que la fibra y granos enteros o quebrados interfieren con la producción del gluten. Por lo tanto, los panes son más compactos o densos. La adición de gluten vital contrarresta los efectos negativos de la fibra y granos. Generalmente es añadido de 1 a 3%. Las grandes panaderías generalmente producen estos tipos de panes mediante el método esponja dado a que mejora el volumen del pan y calidad. Las masas generalmente requieren de menos agua y tiempo de amasado para obtener una buena consistencia y evitar pegosidad. Además, estas masas generalmente se fermentan por menor

tiempo. Existen versiones de panes multigranos o integrales con menor contenido de sodio, altas cantidades de ácidos grasos omega 3 y panes libres de lactosa. Los productos de soya tienen un excelente potencial para incluirse en formulaciones de panes integrales y multigrano ya que a diferencia de la mayoría de los granos suplementados tiene un alto contenido proteico que mejora la calidad proteica y perfil nutracéutico. Además, la harina desgrasada de soya incrementa el rendimiento y el aporte de fibra dietética.

Cuadro 8. Formulaciones recomendadas para la elaboración de panes multigranos regulares y fortificados con harina de soya desgrasada^a

Ingredientes	Multigrano	Multigrano enriquecida con harina de soya
Harina de trigo panadera	60.0	60.0
Salvado de trigo	15.0	15.0
Harina de avena	25.0	19.0
Harina de soya desgrasada	0.0	6.0
Agua ^a	62.0	66.0
Levadura seca	2.0	2.0
Sal	2.0	2.0
Manteca	3.5	3.5
Azúcar morena	6.0	6.0
Jarabe de maíz o miel	1.5	1.5
Gluten vital	2.0	2.0
Alimento para levadura	0.5	0.5
Emulsificante (SSL)	0.1	0.1
Lecitina	0.2	0.2
Propionato de calcio	0.2	0.2

Fuentes: Serna Saldivar (2003, 2012), Kulp y Ponte (2000).

^a La absorción óptima de agua varía de acuerdo a la calidad de la harina y adición de gluten vital.

La masa antes del horneado fue suplementada con semilla de ajonjolí decorticada.

La fabricación de los panes multigranos especificados en el cuadro 8 sigue el procedimiento de panificación directa. El procedimiento consiste en el pesaje de los ingredientes del cuadro 8 por separado. Para la producción de los panes multigrano es necesario producir pedazos de masa de 600 o 750 para producir hogazas medianas y grandes, respectivamente. Los ingredientes secos y manteca vegetal se mezclan por aproximadamente 1 minuto a baja velocidad. Posteriormente se le agrega la cantidad de agua a 28-30°C hasta desarrollar el gluten. La masa resultante es cortada en la porciones deseadas y colocadas en un recipiente dentro de una cámara de fermentación por 60 a 90 minutos calibrada a 28-30°C y 85% de humedad relativa. Después de la primera fase de fermentación, la masa se desgasa o lamina con rodillos para reactivar a la levadura y subdividir a los espacios de aire que se traducirán en la miga interna del pan. Después de 20 minutos adicionales de fermentación la masa se vuelve a desgasar para formar una lengüeta que es rolada en un cilindro el cual se le deben de sellar a mano los bordes de la posición interior y lados laterales. Posteriormente el cilindro de masa se coloca en un molde de panificación previamente engrasado asegurándose de que el borde o sello inferior se coloque en el piso del molde. Una vez que los cilindros de masa se colocan en los moldes son sujetos a una fermentación final de 70 a 80 min a 28-30°C y 85% de humedad relativa. Las masas en los moldes posteriormente son horneadas por 25 min a 220°C. Los panes después de ser horneados son desmoldados y enfriados a temperatura ambiente por 30 minutos. Ya una vez que se equilibraron a temperatura ambiente es recomendable pesarlos para calcular el rendimiento basado en la cantidad de harina(s) y granos usados para proceder a rebanarlo y evaluar la distribución o textura interna de la miga.

La adición de 6% de harina de soya desgrasada con Lactipol y gluten vital mejoró significativamente la absorción óptima de agua y el rendimiento de los panes multigranos. Comparativamente las masas tuvieron propiedades de manejo muy semejantes. Los panes

fortificados con soya tuvieron excelentes propiedades en términos de volumen, densidad aparente y un rendimiento mayor estimado en aproximadamente 4%.

Producción de Bagels enriquecidos con productos de soya

Los bagels se originaron en Alemania hace aproximadamente 400 años u se distribuyeron en todo el mundo a través de las migraciones de los judíos. La palabra bagel se deriva del alemán y Yidis *bugel* que significa pan redondo (Cross 2007). Los bagels son producidos de una receta simple que incluye harina de panificación, azúcar (3%), sal (2%), manteca (3%) y levadura (2% fresca comprimida o 0.8% deshidratada) por lo que son considerados como dietéticos (Bath y Hosenev 1994, Cross 2007, Kulp y Ponte 2000). Las formulaciones mas modernas incluyen solidos de huevo, extracto de malta, leche en polvo y nueces. Los bagels pueden ser recubiertos con semillas de alcaravea, amapola y ajonjolí y/o saborizados con pedazos de ajo y cebolla. La formulación generalmente se obtiene con 50% de agua. La característica mas distintiva de estos panes es que antes de su horneado son cocidos por aproximadamente 2 minutos en agua caliente o hirviendo (90-95°C) que puede contener azúcar. Como resultado de este tratamiento hidrotérmico, estos panes adquieren una costra chiclosa y una miga interna muy fina y característica.

La fabricación de Bagels sigue el procedimiento de panificación directa. La preparación primeramente incluye el pesaje de los ingredientes secos y manteca especificados en el cuadro 9. Estos ingredientes se mezclan por aproximadamente 1 minuto a velocidad baja. Posteriormente se le agrega la cantidad de agua y se amasa a velocidad media hasta desarrollar el gluten. La masa

Cuadro 9. Formulaciones recomendadas para producir Bagels regulares y enriquecidos con proteínas de soya.

Ingrediente	Regular con Azúcar	Regular sin Azúcar	Enriquecido con Harina de Soya	Enriquecido con Leche de Soya
Harina de trigo de todo propósito	100.0	100.0	94.0	100.0
Harina de Soya Desgrasada	---	---	6.0	
Agua ^a	50.0	50	54	---
Leche de Soya	---	---	---	53
Levadura seca	2.0	1.5	1.5	1.5
Sal	2.0	---	---	---
Manteca vegetal	3.0	1-2	1-2	1-2
Azúcar	3.0	---	3.0	---
Malta no diastásica	---	2	2	2
Emulsificante (SSL)	---	0.2	0.2	0.2
Bisulfito de sodio	---	< 20 ppm	< 20 ppm	< 20 ppm

resultante es cortada en porciones de 70 g. Posteriormente, la masa es manualmente formada en cilindros de 20 cm de largo por 2 cm de diámetro. Ya una vez formado el cilindro, se humedecen las puntas en preparación para su unión y formación en la configuración característica del producto. Los pedazos de bagels formados son colocados en un refrigerador a aproximadamente 5°C por 18 hr. Para prevenir la deshidratación de la superficie de la masa se recomienda cubrir las charolas con plástico. Los bagels se cocinan en agua hirviendo o caliente después de permitir que se equilibren a temperatura ambiente por aproximadamente 15 a 20 min por 2 minutos en cada lado. Los bagels son retirados del agua caliente y colocados en charolas de panificación para ser horneados a 230°C por 13 min. Finalmente, los bagels horneados son enfriados por 20 minutos y envasados (Serna Saldivar 2003, 2012).



Producción de panes tipo Pretzels enriquecidos con productos de soya

Los panes tipo pretzel son producidos con una formulación sencilla basada en harina panadera por procedimientos de panificación directa. Estos panes son característicos por dos principales razones, su configuración en el típico moño de corbata y su cocción en bicarbonato antes del horneado. Este baño alcalino antes del horneado ocasiona que se desarrolle una coloración oscura brillante. La producción de estos panes considerados como dietéticos es similar al de los bagels con la excepción de que se bañan en la solución de bicarbonato antes del horneado. Esta operación se realiza por aproximadamente 10 segundos en una solución al 10% de bicarbonato de sodio calentada a 90°C.

Posteriormente, los pretzels formados en la configuración tipo moño son recubiertos con diferentes saborizantes y horneados a 240°C por 5 a 8 minutos (Hui et al 2006, Serna Saldivar 2010, 2011).

Cuadro10. Formulaciones recomendadas para producir Pretzels regulares y enriquecidos con proteínas de soya^a

Ingredientes	Regular	Enriquecido con Harina de Soya	Enriquecido con Concentrado de Soya
Harina de trigo panadera	100	94	96
Harina de soya desgrasada	---	6	---
Concentrado de soya	---	---	4
Agua	60.0	64.0	64.0
Manteca	2.5	2.5	2.5
Azúcar	1.0	1.5	1.5
Levadura seca	2.4	1.5	1.5
Sal	1.5	0.5	0.5
SSL	0.2	0.2	0.2
Bisulfito de Sodio	< 20 ppm	< 20 ppm	< 20 ppm

^a Incluir 7.5 unidades de sal gruesa o en forma de hojuelas en la superficie antes del horneado. Alternativamente se pueden colocar 1.6 unidades de ajonjolí decortado.

La preparación de Pretzels empieza con el pesaje de los ingredientes secos y manteca especificados en el cuadro 10. Estos ingredientes se mezclan por 1 a 2 minutos a velocidad baja. Posteriormente se le agrega la cantidad de agua y se amasa a velocidad media hasta desarrollar adecuadamente el gluten. La masa resultante es cortada en porciones de 90 g la cual es posteriormente formada en cilindros de 45 cm de largo por 2 cm de diámetro. Ya una vez formado el cilindro, se humedecen las puntas en preparación para su unión y formación en la configuración característica de moño de

corbata. Los pretzels formados son colocados en un refrigerador a aproximadamente 5°C por 18 hr. Para prevenir la deshidratación de la superficie de la masa se recomienda cubrir las charolas con plástico. Después de la refrigeración, los pedazos de masa previamente configurados son equilibrados por 30 min a temperatura ambiente en preparación a su cocción en la solución de bicarbonato de sodio al 10%. El tiempo recomendado de tratamiento térmico es de 10 a 15 segundos a 90°C. Los pretzels son retirados de la solución alcalina y colocados en charolas de panificación para ser horneados a 220°C por 10 a 13 min. Antes del horneado se les puede colocar una capa de huevo líquido, saborizar con sal gruesa y aplicar una cobertura de ajonjolí u otras semillas. Los pretzels horneados son finalmente enfriados por 20 min y envasados (Serna Saldivar 2010, 2011).



Producción de Croissants enriquecidos con proteínas de soya

Los croissants se originaron en Viena Italia en 1683 cuando la región sufría de una guerra entre los Imperios Turco y Austriaco-Húngaro. El ejército turco tenía sitiado a Viena por varias semanas. Los sitiados turcos se decidieron a cavar un túnel subterráneo para sorprender al ejército enemigo el cual desembocó en una panadería. Los artesanos panaderos oyeron las maniobras de perforación del túnel e inmediatamente previnieron al ejército austriaco-húngaro de tal manera que los turcos se

vieron sorprendidos y derrotados. Como prueba de reconocimiento el emperador austríaco concedió privilegios a los panaderos de Viena quienes en agradecimiento fabricaron un pan con la forma del emblema de la bandera turca, una luna en cuarto creciente o croissant. Años más tarde la entonces princesa María Antonieta exigió la fabricación de croissants vieneses antes de su casamiento con el rey Luis XVI. Los panes tuvieron tanto éxito que pronto se diseminaron por toda Europa (Calvel, 1987, Serna Saldivar 2010).

Los croissants son fabricados a partir de una masa dulce fermentada que es laminada, traslapada y modelada en su forma característica. La fermentación de la masa así como su traslapado (hojaldrado) producen un pan más ligero, delicado y sabroso. La harina más apropiada para elaborar croissants es la de panificación o dura (Cuadro 11), los otros ingredientes utilizados mejoran las propiedades organolépticas y el manejo y formación de la masa. En muchas panaderías la primera fermentación se realiza bajo condiciones de refrigeración para propiciar una fermentación lenta y prolongada (8-12 hr) aunque muchos procesos contemplan esta primera operación en un gabinete de fermentación. Una de las operaciones más críticas es el laminado y traslapado de la masa antes de la fermentación final y formación del pan. Primeramente se lamina y desgasa a la masa tratando de formar un rectángulo para posteriormente colocar una pequeña capa de mantequilla, margarina o manteca vegetal en su superficie (aprox. 250 g de margarina o manteca/kg de masa procesada). Posteriormente se traslapa la masa de tal manera que se produzcan tres o cuatro capas. Después de un reposo breve de no más de 20 min en un lugar frío la masa se lamina, se le aplica una nueva capa de margarina o manteca vegetal y se traslapa de nuevo. Esta operación puede ser repetida dos o tres veces más para propiciar una masa con más de 30 capas internas. Terminadas estas operaciones la masa finalmente se lamina hasta un espesor de 2-3 mm seguida por cortes en forma triangular cuya base mida de 11-12 cm y los lados de 17-18 cm con un peso promedio de la masa de 45-50 g. Los

triángulos de masa se enrollan empezando en la base asegurándose de doblar levemente los extremos para formar la media luna característica y asegurándose que el borde central o punta del triángulo quede en la parte inferior del croissant.

Cuadro 11. Formulaciones recomendadas para la elaboración de croissants regulares y enriquecidos con proteínas de soya^a

Ingrediente	Regular	Fortificado con Harina de Soya	Fortificado con Concentrado de Soya
Harina panadera	100.0	94	96
Harina de soya desgrasada	---	6	---
Concentrado proteico soya	---	---	4
Agua	62.5	66.5	66.5
Azúcar	8.0	8.0	8.0
Levadura seca	3.5	3.5	3.5
Leche en polvo	1.5	1.5	1.5
Sal	2.4	2.4	2.4
Extracto de malta	1.0	1.0	1.0
Manteca vegetal	2.0	2.0	2.0

^a La formulación contempla el uso de manteca vegetal, margarina o mantequilla solos o mezclados en una cantidad de aprox. 250 g/kg de masa. Este material graso se colocará sobre la superficie de la masa durante las operaciones de laminado.

El procedimiento para elaborar croissants consiste en el pesaje de los ingredientes del cuadro 11 por separado y la elaboración de antemano de la mezcla de grasas que se coloca en la operación de traslapado de la masa. Los ingredientes secos y manteca vegetal se mezclan por aproximadamente 2 minutos a baja velocidad. Posteriormente se le agrega la cantidad de agua a 28 -30°C hasta desarrollar el gluten. La masa resultante es colocada en un recipiente en un refrigerador (aprox. 5°C) por 8-12 hr. A esta masa se le conoce como retardada. Alternativamente la masa recién amasada

se puede colocar en una cámara de fermentación calibrada a 24°C y 85% de humedad relativa por 90 a 120 minutos. Después de la primera fase de fermentación, la masa se desgasa y lamina para formar un rectángulo al cual se le coloca la mezcla de grasas (manteca vegetal, mantequilla o margarina) sobre su superficie. La masa con grasa es doblada o traslapada dos veces para formar las capas que caracterizan al producto. La masa traslapada se introduce al gabinete de fermentación por 15 min para que se relaje. Posteriormente se repite el procedimiento una o dos veces mas para así formar una masa con múltiples capas. La cantidad total de manteca a utilizar no deberá exceder 250 g/kg masa. Los croissants se forman mediante el cuidadoso laminado de la masa hojaldrada a un grosor de 3 mm con el posterior corte en forma de triángulos (base de 10-12 cm y lados de 18 cm de largo). A la base del triángulo se le hace una incisión exactamente en el medio de aproximadamente 2 cm de largo. La forma característica del croissant se logra mediante el enrollado de los triángulos comenzando de la base hacia la punta y formado en la forma característica de media luna. Asegúrese de que la punta del triángulo posicionada en la parte central del croissant quede por debajo de la masa. Los pedazos formados se colocan en una charola previamente engrasada la cual se introduce los a la cámara de fermentación durante 60-80 min. Los croissants pueden ser recubiertos con huevo batido antes de su horneado a 200°C por 20min. La adición de 6% de harina de soya desgrasada o 4% de concentrado proteico mejoró significativamente la absorción óptima de agua y el rendimiento de los croissants. La harina de soya causó un color de miga mas amarilloso comparado con los croissants regulares o enriquecidos con concentrado de soya. Comparativamente las masas tuvieron propiedades de manejo muy semejantes. Los croissants fortificados especialmente con concentrado de soya tuvieron excelentes propiedades en términos de volumen, textura interna y un rendimiento mayor estimado en aproximadamente 4%.



Producción de roles de canela enriquecidos con harina, concentrado o leche de soya

Los roles dulces de canela son elaborados a partir de una masa dulce fermentada rica en huevo y leche y generalmente van saborizados con pasas y pedazos de nueces. Por lo tanto tienen un valor nutritivo mejorado debido a la inclusión de estos productos de origen animal. Los roles de canela son populares en todas las partes del mundo, especialmente en los países más industrializados donde son generalmente consumidas durante el desayuno o entre comidas.

Para la preparación de estos exquisitos productos de repostería primeramente se pesan los ingredientes del cuadro 12 por separado y se mezclan sin incluir el agua por aproximadamente 2 minutos a velocidad baja. Posteriormente se le agrega la cantidad de agua y se amasa a velocidad

media hasta desarrollar el gluten. La masa resultante se coloca en una bandeja de plástico engrasada dentro de una cámara de fermentación (28°C, 85% de humedad relativa) por 1 hr. Posteriormente se lamina la masa fermentada primeramente con la ayuda de un laminador automático y posteriormente con un rodillo de madera para formar un rectángulo de 35cm x 20cm en preparación para colocar una capa de mantequilla sobre la superficie de la masa laminada. Por último se espolvorea la canela con el azúcar y se agregan las nueces picadas y las pasas enteras. Los roles se forman mediante el enrollado de la masa para formar un cilindro de 35 cm de largo. Asegúrese de sellar bien las orillas y los bordes presionando manualmente antes de cortar el cilindro en pedazos de 3.5 cm de largo. Los roles se colocan en un molde para pan previamente engrasado dejando suficiente espacio entre cada unidad. Los roles en su contenedor son fermentar por 60-90 min a 28°C y 85% de humedad relativa.

Cuadro 12. Formulaciones recomendadas para elaborar roles dulces de canela con leche de soya o concentrado de soya^a

Ingrediente	Regular	Con Concentrado de Soya	Con Leche de Soya
Harina de Trigo de Todo Propósito	100.0	96.0	100.0
Concentrado de Soya	96.0	4.0	---
Leche de Soya	100	--	64-66
Agua	60.0-62.0	64-66	---
Sólidos de Huevo Entero ^b	10.0	10.0	10.0
Azúcar	8.0	8.0	8.0
Manteca	6.0	6.0	6.0
Levadura Deshidratada	2.0	2.0	2.0
Leche Desgrasada Deshidratada	2.0	2.0	---
Sal	1.5	1.5	1.5

^a Relleno: Para 300 g de harina mezclar 70 g de azúcar mascabado con 8 g de canela molida. Agregar nueces y pasas al gusto. Usar 20 unidades de mantequilla para untar a la superficie de la masa.

^b Ajustar la absorción de agua en caso de utilizar huevo fresco batido (74% humedad).

Los roles fermentados se hornean a 175°C por 10 min y a 150°C por 10 - 15 min mas. Después del horneado y preparar el glaseado (Cuadro 13) vierta sobre la superficie de los roles calientes el saborizante azucarado. Finalmente los roles de canela se enfrían por cuando menos 30 min, se desmoldan y se envasan.



Cuadro 13. Formulación de glaseado para la cobertura de roles de canela^a

Ingrediente	Cantidad
Azúcar pulverizada cernida	100.0
Agua	18.8
Sal	0.3

^a Agregar el saborizante deseado (0.37 de esencia de maple o 1.25 de esencia de vainilla ó 1.8 de cocoa) y mezclar a mano hasta obtener una consistencia uniforme.

Producción donas fermentadas enriquecidas con harina, concentrado o leche de soya.

Las donas fermentadas con levadura son productos de repostería producidos prácticamente en todas las regions del mundo. Estos productos se caracterizan por ser freídos en lugar de horneados aunque existe otra categoría de donas que son horneadas y leudadas con agentes químicos. Las donas fermentadas son preferidas por el consumidos debido a que combina el sabor fermentado con el dulce. Las donas generalmente son producidas con harinas de todo propósito o intermedias por el método de panificación directo. Las formulaciones son ricas en azúcar, manteca, huevo y solidos de leche (Cuadro 14). El procedimiento consiste en mezcla de ingredientes secos, amasado, fermentación, formado, fermentación final, freído y glaseado. Las partes claves del proceso es desarrollar propiamente a la masa, y la fermentación final que es realizada a menor humedad relativa para propiciar la formación de una costra que baje la absorción del aceite durante la etapa

Cuadro 14. Formulaciones recomendadas para la producción de donas fermentadas enriquecidas con harina desgrasada o leche de soya.

Ingredientes	Regular	Fortificada con Harina de Soya	Fortificada con Concentrado de Soya	Fortificada con Leche de Soya
Harina de trigo de todo propósito	100.0	94.0	96.0	100
Harina de soya desgrasada	0	6.0	4.0	---
Agua	58.0	62.0	62.0	---
Leche de Soya	---	---	---	62
Azúcar	10.0	10.0	10.0	10.0
Manteca	11.0	11.0	11.0	10.0
Solidos de huevo entero ^a	5.0	5.0	5.0	5.0
Leche en polvo descremada	4.0	4.0	4.0	4.0
Sal	2.5	2.5	2.5	2.5
Levadura	2.0	2.0	2.0	2.0
Lactipol o SSL	0.2	0.2	0.2	0.2

^a Huevo fresco puede ser utilizado en lugar de los solidos de huevo. La formulación debe ser ajustada de acuerdo a los solidos. Recuerde que el huevo fresco y solidos de huevo en polvo contienen aproximadamente 24% y 94% de solidos respectivamente. El 5% de solidos de huevo son equivalentes a 19.6% de huevo fresco. El agua requerida si se utiliza huevo fresco es aproximadamente 15% menos (43% absorción de agua).

crítica del freído. Esta última operación es efectuada a 175-180°C en ambos lados de la dona por tiempos totales que generalmente fluctúa entre 45 y 90 segundos. Las donas después de escurrir el exceso de aceite son inmediatamente glaseadas con saborizantes líquidos (sabor vainilla, chocolate, maple etc) o en polvo (por ejemplo azúcar y canela). Durante la etapa de freído la masa absorbe aproximadamente 10% de aceite de tal manera que el producto terminado contenga 18-20% de

grasa total (Serna Saldivar 2010, 2012). Una de las mayores preocupaciones es la absorción de aceite durante la operación de freído. Se puede reducir la absorción de aceite mediante el uso de ingredientes que no contengan almidón como la soya. La adición de productos de soya además mejora el aporte proteico y el valor nutritivo.

Cuadro 15. Formulación recomendada para elaborar el glaseado de donas.

Ingrediente	Cantidad
Azúcar pulverizada	100.0
Agua (80°C)	20.0
Jarabe de alta fructosa de maíz	56.0
Vainilla	14.0

* Mezcle y caliente a 45°C.

La producción de donas fermentadas generalmente sigue el procedimiento de panificación directa. El protocolo consiste en el pesaje de los ingredientes secos del cuadro 14 por separado. Los ingredientes secos y manteca vegetal se mezclan por aproximadamente 1 a 2 minutos a baja velocidad. Posteriormente se le agrega la cantidad de agua a 28 -30°C y huevo fresco, en caso de que se utilice en lugar del huevo en polvo, hasta desarrollar el gluten. Las masas ricas en huevo generalmente demoran mas tiempo en desarrollar el gluten. La masa resultante es colocada en un recipiente dentro de una cámara de fermentación calibrada a 28-30°C y 85% de humedad relativa por una hora para activar a la levadura y generar los sabores y gases de la fermentación. Después de la primera fase de fermentación, la masa se desgasifica o lamina con rodillos para reactivar a la levadura y subdividir a los espacios de aire que se traducirán en la miga interna de la dona. Después de 20 minutos adicionales de fermentación la masa se lamina y desgasifica para formar una lámina de masa de aproximadamente 1.5 a 2 cm de grosor. La masa se corta con el molde de donas y

los pedazos son colocados en bandejas muy bien engrasadas y espolvoreadas para que fácilmente se desprendan antes del freído. Opcionalmente cada pedazo de masa ya cortado se puede colocar en papel encerado fuertemente espolvoreado con harina. Después de cortar a las donas los cortes de masa o masa de reciclamiento se junta y se fermenta por 15 minutos antes de volverla a laminar. Los pedazos de masa ya cortados y formados son colocados en el gabinete de fermentación regulado a contener menos humedad relativa (60%) para propiciar que se encostre o deshidrate parcialmente la superficie expuesta de la masa. El tiempo recomendable de fermentación final es de 40 a 60 minutos a temperaturas que pueden variar de 30 hasta 36°C. Los pedazos de masa son transformadas en donas mediante el cuidadoso freído a 175°C. Es recomendable freír por 20 a 30 segundos cada lado de la dona o hacer un freído por inmersión. Después de freír y drenar el exceso de aceite, las donas se deben glasear inmediatamente para que se adhiera mejor la cobertura. El cuadro 15 muestra la formulación recomendada para el glaseado. Opcionalmente se pueden saborizar las donas mediante su recubrimiento con una mezcla de azúcar granulada y canela molida.

La adición de 6% de harina de soya desgrasada, 4% de concentrado de soya o la leche de soya con el Lactipol mejoro el rendimiento de la masa de donas en aproximadamente 5% y produjo donas con propiedades similares a las regulares. Sin embargo, la adición de harina desgrasada produjo una miga más amarillosa, costra mas oscura y un sabor mas afrijolado. Las donas elaboradas con concentrado o leche de soya tuvieron mejores propiedades que las contrapartes que contenían harina deshrasada de soya. Las propiedades organolépticas o sensoriales fueron bien aceptadas por un panel de jueces no entrenados.



Efectos de la adición de productos de soya en el valor nutritivo de panes

La adición de 6% de harina de soya desgrasada, 4% de concentrado de soya o leche de soya en lugar del agua requerida para las diferentes formulaciones de panificación incrementó muy significativamente la absorción de agua optima de las masas sin afectar significativamente el

tiempo optimo de amasado y propiedades de manejo o texturales de las masas. Los panes fortificados con soya y suplementados con los mejoradores emulsificantes SSL y lecitina y gluten vital tuvieron mejores propiedades comparadas con las contrapartes sin estos aditivos. La mayoría de los panes fortificados con productos de soya rindieron entre 4 y 6% más comparados con los regulares. Esto implica que el costo adicional de la fortificación puede ser parcialmente pagado por el mayor rendimiento. Los productos de panificación con soya tuvieron aproximadamente 25% mas de proteína y el doble de lisina y por lo tanto una relación mas favorable de proteína:carbohidratos. Este incremento en la cantidad y calidad proteica hace que los panes fortificados tengan un excelente potencial para ser utilizados en programas sociales, comidas escolares y como una nueva versión de productos para los consumidores preocupados por salud. Los panes enriquecidos también contuvieron mayores cantidades de fibra dietaria y compuestos nutraceuticos provistos por la harina de soya como son flavonoides, isoflavonas, soyasapogenina y vitaminas y minerales nutraceuticos que han demostrado tener un excelente potencial para combatir el estrés oxidativo, osteoporosis, cáncer y enfermedades crónico-degenerativas.

Referencias

Bath, D., and Hoseney, R. 1994. A Laboratory-Scale Bagel-Making Procedure. *Cereal Chem.*

71:403-408.

Calvel, R. 1987. *O Pão Francês e os Productos Correlatos: Tecnologia e Prática da Panificação.*

Fortaleza, J. Macedo S.A.. Comercio, Administração e Participações, Fortaleza, Ceara, Brasil.

Cross, N. 2007. Muffins and Bagels. Chapter 15 In: *Handbook of Food Products Manufacturing.*

Principles, Bakery, Beverages, Cereals, Cheese, Confectionary, Fats, Fruits, and Functional

Foods. Y.H. Hui (ed.). Wiley Interscience. Hoboken, NJ, USA.

- Gonzalez Agramon, M., y Serna Saldivar, S.O. 1988. Effect of defatted soybean and soybean isolate fortification on the nutritional, physical, chemical and sensory properties of wheat flour tortillas. *J. Food Sci.* 53(3):793-797.
- Hikmet Boyacioglu, M. 2006. *Soybean Ingredients I n Baking*. Cap. 4 En: Soy Applications in Food. M.N. Riaz (ed). CRC Press (Taylor & Francis Group). Boca Raton, FL, USA.
- Hui, Y.H., Corke, H., Nip, W.H., De Leyn, I., y Cross, N. 2006. *Bakery Products: Science and Technology*. Blackwell Publishing. Ames, IO, USA.
- Kulp, K., y Ponte, J.G. 2000. Breads and Yeast-Leavened Bakery Foods. Capítulo 17 En: *Handbook of Cereal Science and Technology*, K. Kulp y J.G. Ponte (eds). Segunda Edición, Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA.
- Perkins, E.G. 1995. Composition of Soybeans and Soybean Products. Capítulo 2 en: *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization*. AOAC Press and the United Soybean Board. Champaign IL, USA.
- Serna-Saldivar, S.O., Lopez-Ahumada, G., Ortega-Ramirez, R., y Abril-Dominguez, J.R. 1988. Effect of sodium-stearoyl-2- lactylate on the rheological and baking properties of bread fortified with defatted soybean and sesame meal. *J. Food Sci.* 53:211-214.
- Serna-Saldivar, S.R.O. 2003. *Manufactura y Control de Calidad de Productos Basados en Cereales*. AGT Editor, S.A. México, D.F. Mexico.
- Serna Saldivar, S.O. 2012. *Cereal Grains: Laboratory Reference and Procedures Manual*. CRC Press (Taylor & Francis Group). Boca Raton, FL, USA.
- Serna Saldivar, S.O. 2010. *Cereal Grains: Properties, Processing and Nutritional Attributes*. CRC Press (Taylor & Francis Group). Boca Raton, FL, USA. 705 p.

United States Department of Agriculture. 2012. *Nutrient Data Laboratory*. Agricultural Research Service. Pagina Electrónica: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>.