

CARACTERÍSTICAS DE LAS BEBIDAS CON PROTEÍNA DE SOYA

CHARACTERISTICS OF THE DRINKS WITH SOYBEAN PROTEIN

Luz Stella Vanegas Pérez¹; Diego Alonso Restrepo Molina² y Jairo Humberto López Vargas³

Resumen. Se describe la soya desde el punto de vista bromatológico, nutricional y funcional, igualmente se desarrollan los aspectos asociados a los beneficios para la salud que han obtenido diversos autores mediante estudios clínicos, identificando los componentes responsables de esta acción. Posteriormente se desarrollan las características de funcionalidad fisicoquímica de la proteína de soya y su incidencia en los atributos sensoriales de las bebidas con soya, incluyendo las deficiencias que ésta presenta, para finalmente señalar los aspectos que logran mitigar este tipo de defectos mediante el uso de ingredientes complementarios.

Palabras claves: Proteína de soya, bebidas con proteína, restricciones de consumo.

Abstract. Soy is described since its bromatologic, nutritional and functional aspects, as well as, developed associated matters to nutritional benefits carried by means of clinical studies from different authors, for the identification of the responsible components. Subsequently, physical and chemical soy protein functionality characteristics, and their impact on soy beverages sensorial are evaluated; soy protein deficiencies, are also discussed. Finally, aspects that get mitigate the soy limitations, are pointed out with a through analysis of complementary ingredients use.

Key words: Soy protein, beverages, consumer restrictions.

La soya es un producto de alto valor biológico que ha ganado reconocimiento por parte del consumidor por la asociación que se hace a los beneficios para la salud (Russell *et al.*, 2006), esto ha generado un creciente mercado de productos alimenticios con proteína de soya, la cual actualmente es producida en grandes volúmenes: a nivel mundial se tienen 155 millones de toneladas métricas de soya cultivadas, de las cuales el 38% están en los Estados Unidos, seguido de Brasil (25%), Argentina (19%), China (7%), India (3%), Canadá (2%), y Paraguay (2%), mientras el resto de países cultivan sólo aproximadamente el 4%, sobre un promedio de 40% de proteína contenida en la soya, se tendrían 63,6 millones de toneladas métricas de proteína de soya por año, disponibles para el consumo (ASA, 2008).

Dentro de todas las aplicaciones que se tienen a nivel de alimentos se encuentran las bebidas con proteína de soya, las cuales pueden ser neutras, como las mal llamadas leches de soya que son las de mayor consumo actual (Achouri *et al.*, 2007), y ácidas, que corresponden a mezclas con jugos de fruta (Lam *et al.*, 2007); el tipo de proteína de soya a utilizar y la tecnología de procesamiento requerida dependerá de la clase de bebida en donde ésta es incluida,

considerando que para el consumidor la alimentación sana es un asunto importante, no obstante el aspecto sensorial también es fundamental a la hora de decidir una compra.

Es por ello, que los restrictores de consumo identificados a través de diversos estudios para las bebidas con proteína de soya (bebidas de soya o enriquecidas con proteína de soya), como son el sabor residual y la arenosidad (Potter *et al.*, 2007), se convierten en el foco actual de las investigaciones, las cuales buscan disminuir o eliminar su efecto a través de tecnologías de extracción de la misma proteína y metodologías de inclusión de diversos ingredientes como hidrocoloides, carbohidratos y saborizantes.

El objeto de esta revisión es recopilar algunos de los resultados obtenidos de las últimas investigaciones asociadas al tema "desarrollo de bebidas con proteína de soya", para decidir qué tipo de características han de tenerse en cuenta para el diseño de este tipo de productos.

La soya es una excelente fuente de proteína de buena calidad; además, contiene aceite con alto contenido de ácidos grasos poli insaturados; también es rica en

¹ Estudiante de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <lsvaneg0@unal.edu.co>

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <darestre@bt.unal.edu.co>

³ Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. ICTA. Ciudad Universitaria, edificio 500C. Bogotá, Colombia. <jhlopezv@unal.edu.co>

Recibido: Septiembre 3 de 2008; Aceptado: Septiembre 10 de 2009.

calcio, hierro, zinc, fosfato, magnesio, vitaminas del complejo B y ácido fólico (ASA, 2008). La composición del grano de soya depende de las condiciones bajo las

cuales fue cultivado (Liu y Herbert, 2002; Zarkadas *et al.*, 2007). En la Tabla 1 se presenta una descripción generalizada de la composición del grano de soya.

Tabla 1. Composición del grano de soya

| Componente | (%) |
|--|------|
| Proteína | 38,0 |
| Aceite | 17,5 |
| Lecitina 0,5% | 0,5 |
| Carbohidrato insoluble | 15,0 |
| Carbohidrato soluble (azúcar, estaquiosa, refinosa y otros*) | 15,0 |
| Humedad, ceniza y otros | 14,0 |

ASA, 2008, * Karr-Lilienthal *et al.*, 2005, adaptado por Vanegas L.S.

En el tratamiento de los granos de soya, estos son limpiados y descascarillados para una eficiente extracción del aceite; después de la remoción del aceite, la torta resultante puede ser usada para alimentación animal, luego de haber eliminado algunos factores antinutricionales presentes en ella, o puede servir como materia prima para la obtención de diversos derivados, en donde la proteína es concentrada o aislada, para alimentación humana (ASA, 2008).

Según Renkema (2001) se tienen 3 clases principales de productos de soya:

1. La harina de soya mantiene la mayor parte de la composición original de la soya, excepto el aceite, contiene aproximadamente 50% de proteína (en base seca); además, fibra y azúcares solubles. Este material ha servido de base para la elaboración de mezclas, eventualmente usadas en programas estatales de asistencia nutricional. (Rueda *et al.*, 2004).

2. Los concentrados de proteína de soya contienen del 65 al 80% de proteína, tienen un menor nivel de carbohidratos que las harinas. El componente de carbohidratos residual y la proteína de concentrados proporcionan una buena funcionalidad para extruidos y texturizados. Además, nuevas tecnologías permiten empleos en bebidas alimenticias y alimentos en barras.

3. La proteína aislada de soya contiene 90% de proteína (en base seca) y no presenta azúcares o fibra dietética. Procede de un proceso de refinación de los concentrados o de las harinas, posee alta digestibilidad y se usa para mejorar la calidad y cantidad de proteína en numerosos alimentos y también por sus propiedades funcionales.

La proteína de soya tiene ocho aminoácidos esenciales los cuales son descritos en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición de aminoácidos esenciales en ingredientes de soya seleccionados (mg/100 g proteína) (ASA, 2008).

| Aminoácido | Grano entero de soya | Harina de soya | Concentrado de soya | Aislado de soya | Bebida de soya |
|-------------------------|----------------------|----------------|---------------------|-----------------|----------------|
| Isoleucina | 35 | 46 | 48 | 49 | 46 |
| Leucina | 79 | 78 | 79 | 82 | 79 |
| Lisina | 62 | 64 | 64 | 64 | 60 |
| Metionina y Cisteína | 21 | 26 | 28 | 26 | 16 |
| Fenilalanina y Tirosina | 87 | 88 | 89 | 92 | 80 |
| Treonina | 41 | 39 | 45 | 38 | 40 |
| Triptofano | n/a | 14 | 16 | 14 | N/A |
| Valina | 37 | 46 | 50 | 50 | 48 |

Beneficios para la salud de la proteína de soya.

La soya ha sido tradicionalmente consumida en Asia desde hace mucho tiempo, mientras que en los países occidentales aún juega un papel minoritario en la dieta, a pesar de lo cual representa una buena fuente de proteína, fibra dietaria y de gran variedad de fitoquímicos, entre los que se incluyen las isoflavonas, el ácido fólico, los inhibidores de tripsina y saponinas (Anderson y Wolf, 1995).

En los últimos 30 años en numerosos estudios se han investigado los efectos de disminución de lípidos de la proteína de soya, y aunque muchas pesquisas han re-evaluado los efectos de la proteína de soya y/o las isoflavonas sobre los niveles de lípidos sanguíneos, los resultados en su mayoría han sido menos dramáticos (Baum *et al.*, 1998; Gardner *et al.*, 2001). En la gran mayoría de trabajos se ha comparado la proteína de soya con la caseína pero no con proteína animal comúnmente incluida en los alimentos, por tanto es difícil extrapolar resultados para propósitos de desarrollar recomendaciones de salud pública. En la actualidad, los mecanismos para el potencial efecto hipolipidémico de las proteínas de soya, no han sido aclarados y se admite en términos generales que son multifactoriales (Potter, 1998; Greaves *et al.*, 2000). Los mecanismos propuestos incluyen inhibición de la absorción del colesterol o excreción aumentada de ácido biliar (Huff y Carroll, 1980; Nagata *et al.*, 1982), un aumento de la limpieza mediada por receptor (Khosla *et al.*, 1991) y actividad del receptor LDL (Baum *et al.*, 1998) o actividad 7-hidroxilasa (Potter, 1996).

Se ha establecido que las proteínas de la dieta influyen el metabolismo de los lípidos en humanos y animales (Sirtori y Lovati, 2001; Sirtori *et al.*, 1998). La mayoría de estudios que tratan con los efectos de las proteínas de la dieta sobre el metabolismo de los lípidos, se han enfocado en los efectos de la proteína de soya comparada con la caseína. Se ha reportado en muchas ocasiones que la proteína de soya tiene acciones hipocolesterolemicas (Anderson *et al.*, 1995; Tovar *et al.*, 2002) e hipotriglicéridemicas (Tovar *et al.*, 2002; Terpstra *et al.*, 1982) en animales de laboratorio, cerdos y humanos, cuando se compara con la caseína. Además de la caseína, proteínas animales de bovinos, cerdos y aves de corral juegan un importante papel en la nutrición humana en todo el mundo.

Las isoflavonas de soya son referidas como fitoestrogenos a causa de que ligan al receptor de

estrógeno (RE) y afectan los procesos mediados por estrógeno (Molteni *et al.*, 1995). Las isoflavonas de soya contienen genisteína, diadzeína, gliciteína y sus respectivos glucósidos conjugados, y tienen diferentes afinidades a los RE dependiendo de sus estructuras y tipos de RE. Las isoflavonas pueden ejercer tanto efectos estrogénicos y agonistas como antagonistas (Miksicek, 1995) y tienen efectos inhibitorios sobre la tirosin quinasa, topoisomerasa y angiogenesis, que pueden reducir el riesgo de cáncer (Adlercreutz y Mazur, 1997). Se ha observado que las proteínas de soya que contienen isoflavonas tienen varios efectos benéficos sobre la salud cardiovascular; un estudio por medio de técnica de meta-análisis demostró que el colesterol total disminuyó en un 9,3% los triglicéridos en un 10,5% y el colesterol LDL en un 12,9%, cuando se consumió un promedio de 47 g de proteína de soya diariamente (Anderson *et al.*, 1995). Se demostró además que las isoflavonas de soya tienen efectos antiosteoporosis. En un estudio de control de caso, 80 mg de isoflavonas en la dieta diaria previno la pérdida de hueso de la espina lumbar en mujeres perimenopausicas (Alekel *et al.*, 2000).

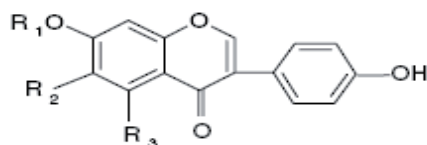
Las isoflavonas son una subclase de la familia de los flavonoides con una estructura química similar al estrógeno, su distribución en la naturaleza es limitada, solo la soya las contienen en cantidades nutricionalmente relevantes. Es importante notar que no todos los productos de soya tienen niveles significativos de isoflavonas, la proteína aislada y las harinas generalmente las conservan mientras que los concentrados no. En la Figura 1 se presentan las estructuras de las principales isoflavonas encontradas en la soya.

Las proteínas de soya son ampliamente utilizadas para la elaboración de bebidas (Bordi *et al.*, 2003; Lam *et al.*, 2007; Potter *et al.*, 2007), formulas infantiles libres de lactosa (Maldonado *et al.*, 1998), reemplazantes de comida (Childs *et al.*, 2007), complementos nutricionales (Bond *et al.*, 2005), incluso productos dirigidos a diabéticos; así, Crespillo *et al.* (2003) encontraron que en fórmula para nutrición enteral de pacientes con diabetes de tipo 1, la incorporación de proteína de soya, ayuda a disminuir la respuesta glucémica.

Las proteínas de soya tienen un bajo contenido de metionina, por tanto, la adición de este aminoácido a las formulas infantiles mejora la calidad biológica de la proteína (American Academy of Pediatrics, 1983; Vigi

y Chieri, 1995) y produce concentraciones sericas de nitrógeno ureico y aminoácidos similares a los encontrados en infantes amamantados (Lönnerdal, 1994). Aunque aún la evidencia no es concluyente se recomienda que las formula infantiles con base en soya, deben ser suplementadas con carnitina (ESPGAN, 1990) ya que es necesaria para el transporte de los ácidos grasos dentro de la mitocondria. Debido al alto contenido de fitato de la soya, la absorción de ciertos minerales y

oligoelementos puede verse disminuida. El zinc y el hierro son fuertemente afectados por los fitatos, y el cobre algo menos (Cook *et al.*, 1981; Lönnerdal *et al.*, 1984), y por tanto se deben suplementar estos elementos. Los investigadores han encontrado un bajo nivel de mineralización en los huesos de infantes alimentados con formulas con base en soya (Steichen y Tsang, 1987) y por lo tanto, la provisión de suplementos de calcio y fosforo sería una medida lógica.



| R ₁ | R ₂ | R ₃ | Componentes |
|----------------|------------------|----------------|-------------|
| H | H | OH | Genisteína |
| Glucosa | H | OH | Genistina |
| H | H | H | Daidzeína |
| Glucosa | H | H | Daidzina |
| H | OCH ₃ | H | Gliciteína |
| Glucosa | OCH ₃ | H | Glicitina |

Figura 1. Estructura química de las 3 mayores estructuras de isoflavonas encontradas en la soya (Prabhakaran *et al.*, 2006).

Hasta el momento las condiciones clínicas que requieren nutrición con base en formulas fundamentadas en soya, están limitadas a la galactosemia y a la intolerancia a la lactosa, además de su uso como alternativa dietética para aquellas familias que evitan alimentar a sus niños con formulas infantiles que contengan productos de origen animal (ESPGAN, 1990).

Una de las razones del amplio uso de la proteína de soya en alimentos es su alta calidad, que es medida según la metodología de PDCAAS (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid score), definida por FAO/WHO; mediante la cual se ha demostrado que el contenido de aminoácidos sumado a su alta biodisponibilidad la califica con el valor más alto (1 o 100%) igualando en calidad a las proteínas de suero, caseína y albúmina. Sin embargo, la industria

de alimentos prefiere en muchos casos la sustitución de estas por soya, no solo por razones de salud sino también por costos (Hoogenkamp, 2007; USDA-Dairy Market News, 2007).

Funcionalidad de la proteína de soya. La funcionalidad de una proteína depende de la estructura de la molécula, en el caso de la soya, esta tiene presencia de grupos lipofílicos e hidrofílicos los cuales facilitan su asociación con grasa y aceite, sus propiedades pueden variar según el método de obtención (Means y Feeney, 1998; L'hocine *et al.*, 2006; Horneffer *et al.*, 2007); sin embargo, en general la proteína de soya se caracteriza por su capacidad emulsificante, capacidad de retención de agua, espumante, gelificante, proporciona a los sistemas alimenticios características de película, adhesividad, cohesividad, elasticidad y aumento de viscosidad (Singh *et al.*, 2008).

Esta macromolécula tiene una compacta estructura terciaria y presenta estructura cuaternaria (Liu *et al.*, 1999); además, tiene una gran actividad interfacial, la cual le permite tener una gran capacidad emulsificante y espumante (Santiago *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2005; Martin *et al.*, 2002). Se ha demostrado su capacidad gelificante (Maltais *et al.*, 2008; Renkema, 2004) y su estabilidad térmica (Sorgentini y Wagner, 1999), el grado de exhibición de estas propiedades depende de su concentración en el sistema donde es utilizada (Roesch y Corredig, 2002).

Las proteínas tienen interacciones con los polisacáridos, las cuales generalmente se dan en tres partes (Doublier *et al.*, 2000):

- Formación de enlaces covalentes entre dos polímeros
- Interacciones electrostáticas polianión- policación
- Formación de un gel dúo compuesto por mutual exclusión de cada componente

Es por esto, que las propiedades gelificantes y otras propiedades funcionales de las proteínas de soya, son modificadas en la presencia de hidrocoloides (Tolstoguzov, 1997), los cuales también afectan sus propiedades interfaciales (Martínez *et al.*, 2007).

Estas interacciones permiten mejorar las características de textura de diversos sistemas alimenticios, por las sinergias que se presentan, así Hua *et al.* (2003), evaluaron las interacciones entre proteína aislada de soya (ISP) y algunos hidrocoloides, encontrando que en la mezcla ISP-carragenina kappa, la fuerza de gel (G') aumenta con la concentración de carragenina, que la habilidad para gelificar de la proteína de soya fue significativamente aumentada en la mezcla xanthan-proteína y que cuando se tiene la mezcla ISP, xanthan-algarrobo, la sinergia de estas dos últimas se ve afectada por la presencia de la proteína; por otro lado, varios estudios han demostrado el efecto sinérgico entre carragenina kappa y proteína de soya (Baeza *et al.*, 2002; Li *et al.*, 2008).

La proteína aislada es reconocida como la más funcional de las proteínas de soya, en el caso de bebidas, imparte un interesante *mouthfeel* y da mayor cremosidad y cuerpo.

Restrictores de consumo de productos con proteínas de soya. El sabor es uno de los mayores retos cuando se quiere desarrollar un alimento con

alto contenido de proteína de soya ya que esta genera sabores residuales desagradables (Childs *et al.*, 2007), estas notas de sabor reconocidas como *beany flavor* (sabor afrijolado) son propias del frijol de soya y son transmitidas a los alimentos que la contienen; según Potter *et al.* (2007) los aromas característicos de soya, sabores a nuez, amargo y cremosos son consideradas características indeseables por el consumidor.

Dentro de pruebas realizadas con consumidores Childs *et al.* (2007) encontraron que se tiene mayor preferencia por bebidas hechas con suero y mezclas suero/soya que con sólo soya, cuando se evalúan los atributos: aceptación total, gusto por apariencia, aroma y *mouthfeel*; esto es similar al resultado de Gujral y Khanna (2002) quienes demuestran que se tiene mayor aceptación de productos con proteínas lácteas que con soya; así mismo, Potter *et al.* (2007) encontraron que la aceptación total de bebidas con proteína de soya está fuertemente relacionada con el sabor y el *mouthfeel*, también que existe una relación entre *mouthfeel* y sabor y que la nota dulce está relacionada con aceptación por parte del consumidor.

Además del sabor, en las bebidas con proteína de soya, la arenosidad es considerada otra característica indeseable (Potter *et al.*, 2007, Lam *et al.*, 2007).

La evaluación de los compuestos que pueden generar las notas de sabor desagradables ha sido estudiada por Solina *et al.* (2005) quienes realizaron la caracterización de todos los compuestos volátiles de la proteína aislada de soya, encontrando que el hexanal es uno de los más representativos seguido de 2-heptanona y pentanal. Lei y Boatright (2001) encontraron que los componentes que contribuyen al aroma en jarabe de proteína concentrada de soya, son principalmente hexanal, 2-heptanona, octanal, 2-octanona, 1-octen-3-ona, 3-octen-2-ona, 2-decanona, benzaldehído, 2-pentil piridine y trans-2,4- nonadienal. En estudio de aplicación realizado por Friedeck *et al.* (2003) la incorporación de proteína aislada de soya en un helado bajo en grasa, generó la aparición de compuestos volátiles tales como: hexanal, heptanal, 2-acetil-1-pirrolina y 2,4 decadienal, a los cuales se les atribuye la generación de sabores residuales no agradables.

La adición de riboflavina en leche de soya aumenta la aparición de componentes volátiles indeseados, el más representativo de ellos es el hexanal, mientras que el uso de ácido ascórbico ayuda a disminuir este efecto (Huang *et al.*, 2004).

La industria procesadora de alimentos ha realizado esfuerzos por disminuir estos restrictores de consumo, por medio de la incorporación de saborizantes; se ha encontrado que el chocolate es uno de los que mejor funciona (Deshpande *et al.*, 2007, Bordi *et al.*, 2003, Wang *et al.*, 2001), seguido del maní (Deshpande *et al.*, 2007) y el sabor de almendras (Wang *et al.*, 2001), también es común utilizar mezclas de proteína de soya con jugos de fruta para mejorar su perfil (Potter *et al.*, 2007, Lam *et al.*, 2007); adicionalmente, se han realizado investigaciones con la incorporación de carbohidratos donde se ha demostrado que el uso de ciclodextrina en bebida de soya, ayuda a disminuir la presencia de componentes volátiles causantes del sabor característico de soya (Suratman *et al.*, 2004), la adición de azúcar a esta bebida, ayuda a reducir la liberación de volátiles (Achouri *et al.*, 2007).

Aunque se tengan estos restrictores de consumo, recientes estudios demuestran que los consumidores comienzan a reconocer los beneficios de salud según el tipo de proteína (Russell *et al.*, 2006). De acuerdo con la evaluación realizada por Childs *et al.* (2007) en cuanto a las prioridades del consumidor, a la hora de elegir una compra de bebidas se tiene: sabor (50,6%), precio (47,1%) y contenido nutricional (41,7%); por otro lado, Potter *et al.*, 2007 reportan que en su población de estudio, el 42% indican que podrían tomar bebidas de soya entre comidas como un snack o usar como acompañante de las comidas. Drake y Gerard (2003) realizaron una evaluación con consumidores al comparar yogurt 100% lácteo, con yogurt fortificado con 2,5% de proteína concentrada de soya, demostrando que el consumidor tiene mayor aceptación por el primero, ya que logra percibir notas características en el segundo que le son desagradables; sin embargo, también se encuentra que el conocimiento del consumidor por los beneficios saludables de la soya, hace que se incremente su interés por consumir esta clase de productos.

Bebidas con proteína de soya listas para consumo. El consumo de bebidas a base de soya se ha incrementado notablemente ya que se han desarrollado tecnologías de procesamiento que mejoran las cualidades sensoriales de las mismas; de todos los productos con soya, el de más alto consumo es la bebida de soya. En los últimos 5 años, en norte América, se ha tenido un crecimiento anual en el consumo de ésta del 25% cada año (Achouri *et al.*, 2007), debido fundamentalmente a que la composición de este producto, busca parecerse a la

leche entera de vaca, con el fin de ser consumida por aquellos que presentan intolerancia a la lactosa (Wang *et al.*, 2001).

Dentro del diseño de bebidas con proteína de soya, se trata de utilizar niveles altos, mínimo 6,25 g por porción, con el fin de poder declarar el *claim* de salud aprobado por la Food Drug Administration (FDA) (Bordi *et al.*, 2003). Cuando se diseñan bebidas como reemplazantes de comida, lo ideal es que estas suministren el 100% de la Ingesta Diaria Recomendada (IDR), debiendo contener los 12 aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales, de 8 a 10 g de proteína y aportar alrededor de 300 Kcal por porción; en este caso las proteínas de soya y suero de leche, son comúnmente empleados en estos productos por los beneficios nutricionales y de salud que ambas tienen (Childs *et al.*, 2007).

La mezcla de soya con jugos de fruta es una nueva generación de productos de soya que se considera conveniente para aumentar el consumo diario de proteína de soya, esta clase de productos encuentra una gran aceptación por parte del consumidor, lo cual está generando un cambio en el desarrollo de productos que contienen soya (Potter *et al.*, 2007), las mezclas con fruta se convierten en bebidas ácidas, las cuales requieren estabilizantes para evitar la sedimentación, siendo la pectina la más utilizada en sistemas ácidos con proteína: tiene efectos positivos sobre el sabor, la estabilidad, la estructura y las propiedades de textura en el producto final (Lam *et al.*, 2007). En general, los hidrocoloides son utilizados para mejorar el *mouthfeel* de las bebidas con proteína (Yanes *et al.*, 2002), también se debe considerar que las bebidas con proteína de soya tienden a formar espuma, la estabilidad de ésta depende de la fuerza iónica, el pH y el contenido de azúcar (Ruiz *et al.*, 2008); además en esta clase de bebidas las propiedades emulsificantes de la proteína de soya, se ven afectadas según la concentración de agentes reductores como el bisulfito (Deak *et al.*, 2006).

Características sensoriales de bebidas con soya. Childs *et al.* (2007) realizaron una evaluación de bebidas con proteína de soya y mezclas de soya-suero lácteo en 13 bebidas representativas del mercado norteamericano, encontrando que todas presentaban aroma dulce y sabor vainilla, pero este perfil se sentía más en bebidas que contenían suero; sin embargo, en bebidas con suero sobresalía más que en las demás el sabor metálico y regusto amargo;

en cuanto a la textura, las bebidas con soya tenían la más alta viscosidad y mayor sensación de arenosidad; en general el contenido de proteína por porción no afectó el sabor y textura de las bebidas.

Es común en la evaluación sensorial de bebidas con proteínas de soya el uso de escala hedónica de 9 puntos por atributo. (Deshpande *et al.*, 2007; Childs *et al.*, 2007). Para la definición de los rangos de esta escala, se usan descriptores de referencia (Russell *et al.*, 2006); N'Kouka *et al.* (2004), desarrollaron un vocabulario para describir las características sensoriales de una bebida a base de soya con composición bromatológica similar a leche entera en polvo; encontrando 31 términos diferentes para describirla, este léxico generado puede ser usado para evaluar calidad en mejoras tecnológicas que se realicen cuando se están disminuyendo o eliminando los restrictores de consumo.

Vida útil en bebidas con proteína de soya. Dadas sus propiedades, las bebidas con soya se convierten en un excelente vehículo para la incorporación de vitaminas, minerales y nutracéuticos, para lo cual es muy importante conocer su comportamiento durante el almacenamiento (Achouri *et al.*, 2007).

Dentro de la evaluación de propiedades fisicoquímicas se encuentran el pH, color y textura; el comportamiento encontrado para el pH depende de la composición del producto; por ejemplo, para bebida ácida de proteína de soya y con fruta (*Blueberry*) el pH no cambia significativamente durante el almacenamiento (Potter *et al.*, 2007), mientras que para la bebida de soya saborizada, el pH se incrementa significativamente durante las primeras tres semanas, para decrecer posteriormente de manera significativa (0,6-0,7 unidades), a continuación el pH comienza a incrementarse de nuevo hasta la semana seis, desde donde se mantiene estable por el resto de tiempo de almacenamiento. La explicación a este fenómeno es presentada por Achouri *et al.* (2007), quienes señalan como causantes, los procesos de lipólisis y proteólisis que ocurren durante las primeras semanas. En cuanto al color y la viscosidad, estos cambian en dependencia de la temperatura de almacenamiento, si se mantiene en condiciones de refrigeración no se notan cambios significativos (Wang *et al.*, 2001, Achouri *et al.*, 2007), pero si se almacena a temperatura alta como 38 °C se presenta oscurecimiento debido a las reacciones de Maillard y un incremento inicial de la viscosidad hasta la semana cuarta, luego comienza un descenso

hasta la octava, a partir de la cual se estabiliza; la desnaturalización de proteína por calentamiento, podría incrementar el área superficial y exponer más sitios donde se generen interacciones hidrofóbicas con otros componentes de la bebida, resultando en un aumento de viscosidad; sin embargo, con el tiempo la sedimentación de partículas puede ocurrir manifestándose como una disminución de la viscosidad. (Achouri *et al.*, 2007).

En cuanto a las características sensoriales, se presenta una disminución en los componentes volátiles durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración (Achouri *et al.*, 2007, Suratman *et al.*, 2004, Wang *et al.*, 2001). Cuando los productos son almacenados a 38 °C, generalmente tienen altos componentes volátiles, los cuales se mantienen relativamente altos después de 12 semanas de almacenamiento. Esta situación es explicada por efectos de la reacción de Maillard que genera compuestos como aldehídos, alcoholes, furanos, los cuales podrían ser los responsables, en un alto porcentaje, de este comportamiento (Achouri *et al.*, 2007). Wang *et al.*, 2001 indican que con los hidrocoloides y los saborizantes se logra mejorar atributos deseables y disminuir los indeseables; la incorporación de goma ayuda a enmascarar parcialmente el sabor característico de soya (*beany*) y el uso de carragenina iota en 0,05% garantiza estabilidad reológica.

CONCLUSIONES

Las bebidas con proteína de soya son un mercado creciente, porque el consumidor reconoce los beneficios que estas tienen para la salud y porque la industria alimentaria ha realizado esfuerzos por disminuir los restrictores de consumo.

Los principales restrictores para el consumo de bebidas con proteína de soya, son el sabor característico de la misma denominado *beany* y la arenosidad generada por la sedimentación de la proteína, la forma de disminuir este efecto es mediante el uso de hidrocoloides que garanticen la estabilidad de la bebida y que interactúen con la proteína de soya, para generar el *mouthfeel* esperado; además, la incorporación de saborizantes y mezclas con jugos de fruta, pueden generar productos de mayor aceptación por parte del consumidor.

Es importante utilizar las técnicas de análisis instrumental para la determinación de compuestos

volátiles causantes del sabor desagradable en bebidas con soya, combinadas con metodologías de evaluación sensorial como los descriptores generados en diferentes investigaciones, con el fin de evaluar la efectividad de las nuevas tecnologías implementadas para eliminar los restrictores de consumo.

BIBLIOGRAFÍA

- Achouri, A., J.I. Boye and Y. Zamani. 2007. Changes in soymilk quality as a function of composition and storage. *Journal of Food Quality* 30(5): 731–744.
- Adlercreutz, H. and W. Mazur. 1997. Phyto-oestrogens and Western diseases. *Annals of Internal Medicine* 29(2): 95–120.
- Alekel, D.L., A.S. Germain, C.T. Peterson, K.B. Hanson, J.W. Stewart and T. Toda. 2000. Isoflavone-rich soy protein isolate attenuates bone loss in the lumbar spine of perimenopausal women. *American Journal of Clinical Nutrition* 72(3): 844–852.
- American Academy of Pediatrics, Committee on Nutrition. 1983. Soy protein formulas: recommendations for use in infant feeding. *Pediatrics* 72(3):359–363.
- American Soybean Association International Marketing (ASA). En: <http://www.asasoya.org/>; consulta: abril 2008.
- Anderson, R.L. and W.J. Wolf. 1995. Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing. *The Journal of Nutrition* 125(3): 581S–588S.
- Anderson, J.W., B.M. Johnstone and M.E. Cook-Newell. 1995. Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids. *The New England Journal of Medicine* 333(5): 276–282.
- Baeza, R.I., D.J. Carp, O.E. Pérez and A.M.R. Pilosof. 2002. k-carrageenan-protein interactions: effect of proteins on polysaccharide gelling and textural properties. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 35(8): 741–747.
- Baum, J.A., H. Teng, J.W. Erdman, R.M. Weigel, B.P. Klein, V.W. Persky, S. Freels, P. Surya, R.M. Bakhit, E. Ramos, N.F. Shay and S.M. Potter. 1998. Long-term intake of soy protein improves blood lipid profiles and increases mononuclear cell low-density-lipoprotein receptor messenger RNA in hypercholesterolemic, postmenopausal women. *American Journal of Clinical Nutrition* 68:545–551.
- Bond, B., D.R. Fernandez, D.J. Vander, M. Williams, Y.S. Huang, L.T. Chuang, M. Millson, R. Andrews and R.H. Glew. 2005. Fatty acid, amino acid and trace mineral analysis of three complementary foods from Jos, Nigeria. *Journal of Food Composition and Analysis* 18(7): 675–690.
- Bordi, P.L., G. Salvaterra, C. Cole, D.A. Cranage, M. Borja and Y. Choi. 2003. A taste comparison of an isolated soy protein carbohydrate-protein beverage and an isolated whey protein carbohydrate protein beverage. *Food Service Research International* 14(1): 23–33.
- Childs, J.L., M.D. Yates and M.A. Drake. 2007. Sensory properties of meal replacement bars and beverages made from whey and soy proteins. *Journal of Food Science* 72(6): S425-S434.
- Clarkson, T.B. 2002. Soy, soy phytoestrogens and cardiovascular disease. *The Journal of Nutrition* 132: 566S –569S.
- Cook, J.D., T.A. Morck and S.R. Lynch. 1981. The inhibitory effect of soy products on nonheme iron absorption in man. *American Journal of Clinical Nutrition* 34: 2622–2629.
- Crespillo, M., G. Oliveira, M.S. de Adana, G.R. Martínez, J. García, P. Olvera, F. Soriguer and A. Muñoz. 2003. Metabolic effects of an enteral nutrition formula for diabetes: comparison with standard formulas in patients with type 1 diabetes. *Clinical Nutrition* 22(5): 483–487.
- Deak, N.A., P.A. Murphy and L.A. Johnson. 2006. Effects of reducing agent concentration on soy protein fractionation and functionality. *Journal of Food Science* 71(3): C200 – C208.
- Deshpande, R.P., M.S. Chinnan and K.H. Mcwatters. 2007. Optimization of a chocolate-flavored, peanut-soy beverage using response surface methodology (RSM) as applied to consumer acceptability data. *LWT-Food Science And Technology* 41(8): 1485-1492
- Doublier, J.L., C. Garnier, D. Renard and C. Sanchez. 2000. Protein-polysaccharide interactions. *Current Opinion in Colloid and Interface Science* 5(3-4): 202-214.

- Drake, M.A. and P.D. Gerard. 2003. Consumer attitudes and acceptability of soy-fortified yogurts. *Journal of Food Science* 68(3): 1118–1122.
- ESPGAN-Committee on Nutrition. 1990. Comment on the composition of soy protein based infant and follow-up formulas. *Acta Paediatrica Scandinavica* 79(10):1001–1005.
- Friedeck, K.G., Y. Karagul-Yuceer and M.A. Drake, 2003. Soy protein fortification of a low-fat dairy based ice cream. *Journal of Food Science* 68(9): 2651–2657.
- Gardner, C.D., K.A. Newell, R. Cherin and W. Haskell. 2001. The effect of soy protein with or without isoflavones relative to milk protein on plasma lipids in hypercholesterolemic postmenopausal women. *American Journal of Clinical Nutrition* 73(4): 728–735.
- Greaves, K.A., M.D. Wilson, L.L. Rudel, J.K. Williams and J.D. Wagner. 2000. Consumption of soy protein reduces cholesterol absorption compared to casein protein alone or supplemented with an isoflavone extract or conjugated equine estrogen in ovariectomized cynomolgus monkeys. *The Journal of Nutrition* 130: 820–826.
- Gujral, H.S. and G. Khanna. 2002. Effect of skim milk powder, soy protein concentrate and sucrose on the dehydration behaviour, texture, color and acceptability of mango leather. *Journal of Food Engineering* 55(4): 343–348.
- Haub, M.D., A.M. Wells and W.W. Campbell. 2005. Beef and soy-based food supplements differentially affect serum lipoprotein-lipid profiles because of changes in carbohydrate intake and novel nutrient intake ratios in older men who resistive-train. *Metabolism. Clinical and Experimental* 54(6): 769–774.
- Hoogenkamp, H. 2007. Ingredients the soy industry's love-hate relationship with meat. *Meat International* 17(2): 8-12.
- Horneffer, V., T.J. Foster and K.P. Velikov. 2007. Fast characterization of industrial soy protein isolates by direct analysis with matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55 (26):10505–10508.
- Hua, Y., S.W. Cui and Q. Wang. 2003. Gelling property of soy protein–gum mixtures. *Food Hydrocolloids* 17(6): 889–894.
- Huang, R., E. Choe and D.B. Min. 2004. Effects of riboflavin photosensitized oxidation on the volatile compounds of soymilk. *Journal of Food Science* 69: C733–C738.
- Huff, M.W. and K.K. Carroll. 1980. Effects of dietary protein on turnover, oxidation, and absorption of cholesterol and on steroid excretion in rabbits. *Journal of Lipids Research* 21:546–548.
- Karr-Lilienthal, L.K., C.T. Kadzereb, C.M. Grieshop and C.G. Fahey. 2005. Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to nonruminants: A review. *Livestock Production Science* 97(1): 1–12.
- Khosla, P., S. Samman and K.K. Carroll. 1991. Decreased receptor-mediated LDL catabolism in casein-fed rabbits precedes the increase in plasma cholesterol levels. *Journal of Nutritional Biochemistry* 2(4): 203–209.
- L'hocine, L., J.I. Boye and Y. Arcand. 2006. Composition and functional properties of soy protein isolates prepared using alternative defatting and extraction procedures. *Journal of Food Science* 71 (3): C137–C145.
- Lam, M., R. Shen, P. Paulsen and M. Corredig. 2007. Pectin stabilization of soy protein isolates at low pH. *Food Research International* 40(1): 101–110.
- Lei, Q. and W.L. Boatright. 2001. Compounds contributing to the odor of aqueous slurries of soy protein concentrate. *Journal of Food Science* 66(9): 1306–1310.
- Li, X., Y. Hua, A. Qiu, C. Yang and S. Cui. 2008. Phase behavior and microstructure of preheated soy proteins and k-carrageenan mixtures. *Food Hydrocolloids* 22(5): 845–853.
- Liu, M., D.S. Lee and S. Damodaran. 1999. Emulsifying properties of acidic subunits of soy 11S globulin. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 47(12): 4970–4975.
- Liu, X. and S.J. Herbert. 2002. Fifteen years of research examining cultivation of continuous soybean in northeast China: A review. *Field Crops Research* 79(1): 1–7.

- Lönnerdal, B. 1994. Nutritional aspect of soy formula. *Acta Paediatrica* 83(S402): 105-108.
- Lönnerdal, B., A. Cederblad, L. Davidsson and B. Sandström. 1984. The effect of individual components of soy formula and cow's milk formula on zinc bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition* (40):1064–1070.
- Maldonado, J., A. Gil, E. Carbona and J.A. Molina. 1998. Special formulas in infant nutrition: A review. *Early Human Development* 53(1): S23 – S32.
- Maltais, A., G.E. Remondetto and M. Subirade. 2008. Mechanisms involved in the formation and structure of soya protein cold-set gels: A molecular and supramolecular investigation. *Food Hydrocolloids* 22(4): 550 – 559.
- Martin, A.H., K. Grolle, M.A. Bos, M.A. Cohen and T.V. Vliet. 2002. Network forming properties of various proteins adsorbed at the air/water interface in relation to foam stability. *Journal of Colloid and Interface Science* 254(1): 175 – 183.
- Martínez, K.D., C. Carrera, R.H.V. Pizones, P.J.M. Rodríguez and A.M.R. Pilosof. 2007. Soy protein-polysaccharides interactions at the air-water interface. *Food Hydrocolloids* 21(5-6): 804 – 812.
- Means, G.E. and R.E. Feeney. 1998. Chemical modifications of proteins: a review. *Journal of Food Biochemistry* 22(5): 399 - 426.
- Miksicek, R.J. 1995. Estrogenic flavonoids: structural requirements for biological activity. *Proceedings of the Society Experimental Biology and Medicine* 208(1): 44–50.
- Molteni, A., L. Brizio-Molteni and V. Persky. 1995. *In vitro* hormonal effects of soybean isoflavones. *The Journal of Nutrition* 125(3-Sup.246):751S–756S.
- N'kouka, K.D., B.P. Klein and S.Y. Lee. 2004. Developing a lexicon for descriptive analysis of soymilks. *Journal of Food Science* 69 (7): S259-S263.
- Nagata, Y., N. Ishiwaki, M. Sugano. 1982. Studies on the mechanism of antihypercholesterolemic action of soy protein and soy protein-type amino acid mixtures in relation to the casein counterparts in rats. *The Journal of Nutrition* 112(8): 1614–1625.
- Potter, S.M. 1996. Soy protein and serum lipids. *Current Opinion in Lipidology* 7(4): 260–264.
- Potter, S.M. 1998. Soy protein and cardiovascular disease: the impact of bioactive components in soy. *Nutrition Reviews* 56(8): 231–235.
- Potter, R.M., M.P. Dougherty, W.A. Halteman and M.E. Camire. 2007. Characteristics of wild blueberry- soy beverages. *LWT-Food Science And Technology* 40(5): 807–814.
- Prabhakaran, M.P., L.S. Hui and C.O. Perera. 2006. Evaluation of the composition and concentration of isoflavones in soy based supplements, health products and infant formulas. *Food Research International* 39(6): 730–738.
- Renkema, J.M.S. 2001. Formation, structure and rheological properties of soy protein gels. Ph.D. Thesis. Wageningen University. The Netherlands. 121 p.
- Renkema, J.M.S. 2004. Relations between rheological properties and network structure of soy protein gels. *Food Hydrocolloids* 18(1): 39–47.
- Rodríguez, M.R., C. Carrera, V.P. Ruiz and J.M. Rodríguez. 2005. Milk and soy protein films at the air-water interface. *Food Hydrocolloids* 19(3): 417–428.
- Roesch, R.R. and M. Corredig. 2002. Characterization of oil-in-water: emulsions prepared with commercial soy protein concentrate. *Journal of Food Science* 67(8): 2837–2842.
- Rueda, J., Y. Kil-Chang and F. Martinez. 2004. Functional characteristics of texturised defatted soy flour. *Agrociencia* 38: 63–73.
- Ruiz, V.P., C.C. Sánchez and J.M. Rodríguez. 2008. Effect of sucrose on functional properties of soy globulins: adsorption and foam characteristics *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(7): 2512–2521.
- Russell, T.A., M.A. Drake and P.D. Gerard. 2006. Sensory properties of whey and soy proteins. *Journal of Food Science* 71(6): S447-S455.
- Santiago, L.G., J. Maldonado, A. Marín, C. Haro, J. García, A. Martín, A. Cabrerizo and M.J. Galvez. 2007. Adsorption of soy protein isolate at air-water

and oil–water interfaces. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 323(1-3): 155-162.

Singh, P., R. Kumar, S.N. Sabapathy and A.S. Bawa. 2008. Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive reviews Food Science and Food Safety* 7: 14 – 28.

Sirtori, C.R., M.R. Lovati, C Manzoni, E. Gianazza, A. Bondioli, B. Staels J. Auwerx. 1998. Reduction of serum cholesterol by soy proteins: clinical experience and potential molecular mechanisms. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* 8(5): 334–340.

Sirtori C.R. and M.R. Lovati. 2001. Soy proteins and cardiovascular disease. *Current Atherosclerosis Reports* 3(1): 47–53.

Solina, M., P. Baumgartner, R.L. Johnson and F.B. Whitfield. 2005. Volatile aroma components of soy protein isolate and acid-hydrolysed vegetable protein. *Food Chemistry* 90(4): 861–873.

Steichen J.J. and R.C. Tsang. 1987. Bone mineralization and growth in term infants fed soy-based or cow milk-based formula. *Journal of Pediatrics* 110(5): 687–692.

Suratman, L.L.I., I.J. Jeon and K.A. Schmidt. 2004. Ability of cyclo dextran to entrap volatile beany flavour compounds in soymilk. *Journal of Food Science* 69: FCT109–FCT113.

Terpstra A.H., G. Van Tintelen, C.West. 1982. The effect of semipurified diets containing different proportions of either casein or soybean protein on the concentration of cholesterol in whole serum, serum lipoproteins and liver in male and female rats. *Atherosclerosis* 42(1): 85–95.

Tolstoguzov, V.B. 1997. Protein–polysaccharide interactions. pp. 171–256. In: S. Damodaran and A. Paraf (eds.). *Food proteins and their applications*. New York. 696 p.

Tovar, A.R., F. Murguía, C. Cruz, R. Hernández, C.A. Aguilar, J. Pedraza, R. Correa and N. Torres. 2002. A soy protein diet alters hepatic lipid metabolism gene expression and reduces serum lipids and renal fibrogenic cytokines in rats with chronic nephrotic syndrome. *The Journal of Nutrition* 132: 2562–2569.

United States Department of Agriculture (USDA). Dairy Market News. En: <http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/ams.fetchTemplateData.do?template=TemplateA&navID=CommodityAreas&leftNav=CommodityAreas&page=DairyLandingPage&description=Dairy&acct=dairy>; consulta: diciembre 2007.

Vigi, V. y R. Chieri. 1995. Fórmulas especiales en nutrición infantil. En: C. Marina, J. del Pozo, J. Morán (eds.). *Nutrición en Pediatría Extrahospitalaria*. Ergón, Madrid. 85 p.

Wang, B., Y.L. Xiong and C. Wang. 2001. Physicochemical and sensory characteristics of flavoured soymilk during refrigeration storage. *Journal Food Quality* 24(6): 513–526.

Yanes, M., L. Duran and E. Costell. 2002. Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behaviour and sensory properties of milk beverages model systems. *Food Hydrocolloids* 16(6): 605 - 611.

Zarkadas, C.G., C. Gagnon, V. Poysa, S. Khanizadeh, E.R. Cober, V. Chang and S. Gleddie. 2007. Protein quality and identification of the storage protein subunits of Tofu and Null soybean genotypes, using amino acid analysis, one and two-dimensional gel electrophoresis, and tandem mass spectrometry. *Food Research International* 40(1): 111–128.