

Proteínas Aisladas de Soja (SPI ó ISP)

1 Introducción

Aislado de proteínas de soja, o proteína de soja aísla como también se les llama, son la forma más concentrada de los productos de proteína de soja disponibles comercialmente. Ellos contienen más de 90% de proteína, sobre una base libre de humedad.

Aislados de proteína de soja se han conocido y producido para fines industriales, principalmente como adhesivos para la industria de revestimiento de papel, bien antes de la Segunda Guerra Mundial. SPI para uso alimentario, sin embargo, se han desarrollado sólo en la década de los cincuenta.

Los principios básicos de la producción de SPI son simples. El uso de harina de soja desgrasada o copos como material de partida, la proteína se solubiliza primero en agua. La solución se separa del residuo sólido. Por último, la proteína se precipita de la solución, se separó y se seca. En la producción de SPI para uso alimentario, en contraste con SPI para uso industrial, se debe tener cuidado para minimizar la modificación química de las proteínas durante el procesamiento. Obviamente, los requisitos sanitarios son también mucho más exigente.

Siendo proteína casi pura, SPI se puede producir prácticamente exentos de olores objetables, sabor, color, factores anti-nutricionales y flatulencia. Además, la alta concentración de proteína proporciona flexibilidad de formulación máximo cuando SPI se incorpora en productos alimenticios. Estas y otras ventajas han sido la fuente de previsiones muy optimistas con respecto al uso generalizado de la SPI. Aunque el volumen de producción se incrementó y, aunque varias instalaciones de producción se han erigido en los EE.UU., Europa, Japón, India y Brasil, las cifras de tonelaje están lejos de los previstos al SPI de calidad alimentaria estipulado cuando se comercializó por primera vez.

Las principales razones de esta situación son: el costo relativamente alto de producción (véase más adelante), las limitaciones nutricionales y reglamentarios, la incapacidad de los productos texturizados basada en SPI para competir con la harina de soja texturizada y texturizado SPC, y finalmente, la competencia de otra abundante "proteínas aisladas", particularmente caseína y caseinatos. Sin embargo, cabe señalar que muchas nuevas proteínas aisladas, como los obtenidos a partir de semillas de algodón, maní, pescado, calamar, etc. han sido mucho menos exitosa que la SPI. Muchos de ellos no llegaron a la etapa de producción comercial.

Aunque las cifras comerciales actuales no se dan a conocer, el crecimiento en las ventas de concentrados y aislados se dice que es, en la actualidad, más fuerte que el de las harinas.

SPI puede ser modificado adicionalmente y ser procesado en productos más sofisticados. Estos incluyen: fibras hiladas de SPI como un ingrediente para alimentos análogos muscular, proteinatos y enzima SPI modificado.

El costo de proteínas de soja aisladas (SPI) es cinco a siete veces mayor que la de la harina de soja desgrasada. En igualdad de peso de proteína de la relación de costo de estos dos productos es casi 3:1. Las principales razones para el costo adicional se harán evidentes a partir de la descripción de los métodos de fabricación de SPI.

2 Definición y composición

La especificación de SPI según Las reglas de EEUU son:

"**SPI** es la principal fracción proteica de soja preparados a partir de soja descascarilladas eliminando la mayoría de los componentes no proteicos y debe contener proteínas no menos del 90% sobre una base libre de humedad."¹

La composición genérico se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1 Composición de SPI ²
(base seco)

Parte	Porcentaje de peso
Proteína	90
Grasa	0,5
Cenizas	4,5
Carbohidratos	0,3

El procedimiento convencional para la producción de SPI se basa en la disolución de proteínas a pH neutro o un poco alcalino, y precipitación por acidificación a la región isoeléctrico, cerca de pH 4,5. El producto resultante es "SPI isoeléctrico". Tiene una baja solubilidad en agua y la actividad funcional limitado. Diferentes "proteínatos" se pueden producir mediante re-suspensión SPI isoeléctrico en agua, neutralizar con diferentes bases y secado por pulverización de la solución o suspensión resultante. De acuerdo con la base usada para la neutralización de sodio, potasio, amonio o calcio "proteínatos" pueden ser fabricados. Los tres primeros son muy solubles en agua, produciendo soluciones con viscosidades muy altas, la formación de espuma, emulsificación y propiedades de formación de gel. Proteinato calcio tiene baja solubilidad. SPI de baja solubilidad (inertes) se utilizan, donde la formula exige un alto nivel de incorporación de proteínas sin viscosidad excesiva sin otras contribuciones funcionales.

Como el secado por pulverización es el método de secado más común en la producción de SPI, la forma física primaria de SPI en el comercio, es el de polvos finos. Formas estructuradas, tales como gránulos, fibras hiladas y otras formas fibrosas son hechas por

¹ desde el 90 Soya Bluebook

² Source: Kolar et al. (1985)

su posterior procesamiento. Estas formas se discutirá en un capítulo aparte, con productos texturizados.

3 Procesos de producción

3.1 El proceso convencional

Este es el proceso comúnmente descrito en la literatura y sugerido por proveedores de equipos y plantas completas. Condiciones de procesamiento exactas y el tipo de equipo utilizado puede variar de una planta a otra. En la figura 30 se muestra un proceso común.

a- Materia prima: Se utiliza white flakes de grado comestible desgrasados o harina con el más alto índice de solubilidad de la proteína posible. Aunque la tasa de extracción de proteína a partir de harina finamente molida sería más rápido, los white flakes permiten la separación más fácil después de la extracción. En la extracción por batch el tamaño de las partículas no tiene ningún efecto sobre el rendimiento de la extracción de proteínas, si la extracción de tiempo es más de 30 minutos.

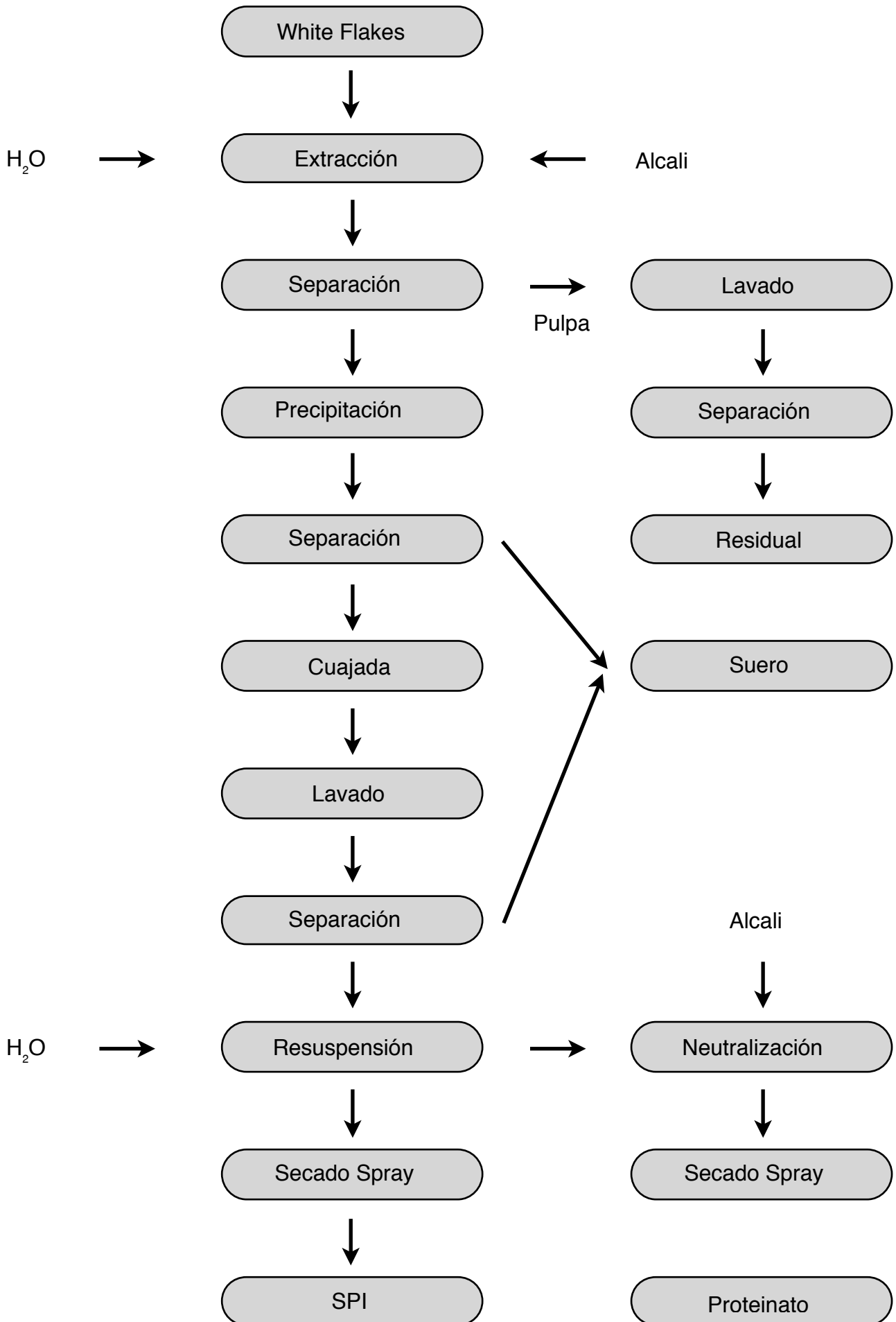
b- Extracción proteína: Los copos se mezclan con el solvente en los tanques, con calefacción y agitados. El medio de extracción es agua a la que un álcali tal como hidróxido de sodio, cal, amoníaco o fosfato sódico tribásico se ha añadido, a fin de llevar el pH de neutro a ligeramente alcalino. En estas condiciones, la mayoría de las proteínas se disuelven. Los azúcares y otras sustancias solubles también se disuelven.

* **Alcalinidad:** Más proteína se puede extraer a pH más alto. Sin embargo, las proteínas extraídas pueden sufrir modificaciones químicas indeseables en soluciones fuertemente alcalinas. Estas incluyen desnaturalización de la proteína y cambios químicos en aminoácidos. El pH excesivamente alto también favorece la interacción proteína-carbohidrato (reacción de Maillard) que se traduce en la formación de pigmentos oscuros y en la pérdida de valor nutritivo. Además, las proteínas precipitadas a partir de medios altamente alcalinos tienden a retener demasiada agua, y no se precipitan bien. En la práctica, es más común usar el intervalo entre pH 7,5 y pH 9,0.

Una de las reacciones químicas de los aminoácidos en solución alcalina ha atraído una atención particular. Esa es la destrucción del aminoácido cistina, con la formación de deshidroalanina. Además de las consecuencias nutricionales que resultan de la pérdida de cistina, puede haber también un aspecto toxicológico a considerar. Deshidroalanina puede reaccionar con grupos épsilon amino libres de lisina, para producir lisinoalanina. Este compuesto se ha encontrado que causa lesiones renales en ratas bajo ciertas condiciones experimentales. La toxicidad de lisinoalanina para el hombre es todavía una cuestión abierta.

* **Tiempo de reacción:** El proceso de la extracción de nitrógeno a partir de white flakes, utilizando hidróxido de calcio 0,03 M como agente de extracción se muestra en la Fig. 31. La cantidad de nitrógeno extraído en estas condiciones aumenta de manera constante durante los primeros 30 minutos y alcanzó un nivel casi constante después de 45 minutos. El tiempo de extracción en operación industrial es, probablemente, en el orden de 1 hora.

* **Temperatura:** El rendimiento de la extracción de proteína se incrementa considerablemente elevando la temperatura hasta 80 °C.



* **Relación Sólido/líquido:** El rendimiento de extracción de proteína se mejora a medida que aumenta la cantidad de líquido utilizado para extraer una cantidad dada de copos. Después de la extracción y separación por filtración o centrifugado, los copos extraídos retienen una considerable proporción de extracto de hasta 2,5 veces el peso del sólido. En la extracción por batch de un paso, si se utiliza más líquido para la extracción, la concentración de proteína en el extracto es menor y la cantidad de proteína asociada con la parte retenida del extracto es menor. Por otro lado, mayores volúmenes de líquido tienen que ser manejados por unidad de peso de proteína producida. Esto significa recipientes de extracción más grandes, centrifugas, etc., y un mayor volumen de "suero".

La elección de la relación entre solvente y white flakes es un asunto de optimización y normalmente el rango es 10 a 20 por unidad de copos.

* **Calentamiento de la harina:** El valor NSI^3 del inicio es lo que más afecta el rendimiento de la aislamiento.

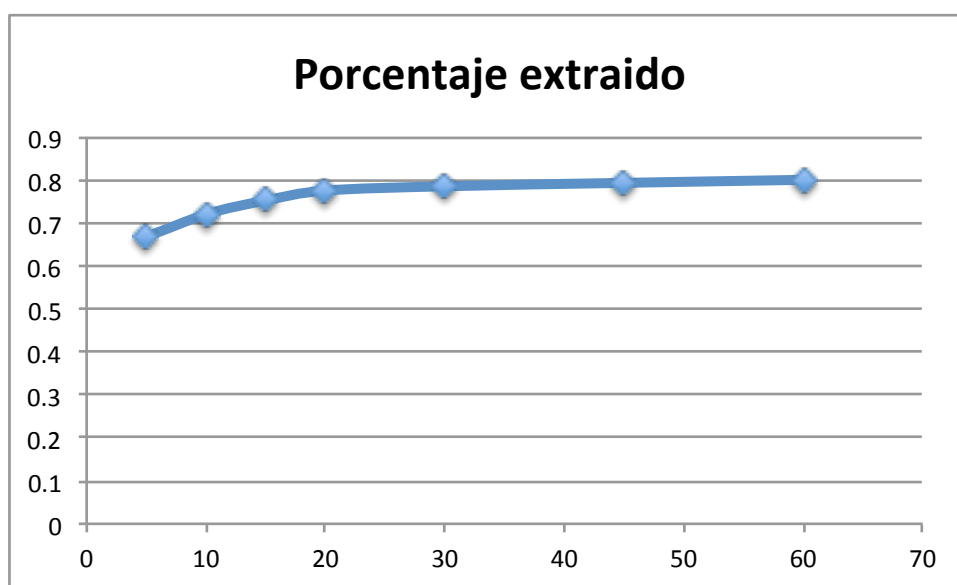


Figura 2: Extracción con (0,03M $Ca(OH)_2$ a 55° C.) - tiempo en minutos

³ NSI = Índice de solubilidad de Nitrógeno

Harina	Antes desolventado	Después desolventización	Desolventado y tostado
NDI	84%	65%	22%
Cuajada	75%	65%	51%
Suero	11%	11%	9%
Residuo	14%	24%	40%

Tabla 2: La proteína durante el proceso de SPI ⁴

* **Agitación:** Como en cualquier operación de extracción, la agitación aumenta la eficiencia de disolución de proteínas. Sin embargo, dentro de los valores prácticos de tiempo de extracción para operaciones por batch (aproximadamente una hora), se gana poco con el aumento de la turbulencia más allá de la proporcionada por agitación moderada. Además, excesiva agitación provoca la desintegración de copos y aumenta la proporción de partículas finas en el extracto, haciendo la separación sólido / líquido más difícil. Agitación moderada puede ser definido como cualquier operación de mezclado que mantendría los copos en suspensión dentro del medio de extracción.

c- Separación solido/liquido después la extracción: El extracto contiene una cantidad considerable de partículas finas de harina extraída, la eliminación de los cuales, antes de la precipitación, es necesario con el fin de obtener una "cuajada" de pureza aceptable. Tabla 6-2 muestra el efecto de la separación de sólidos finos en la pureza del producto final.

Tabla 3 Efecto de la clarificación sobre la pureza la cuajada de la SPI ⁵

Tamiz #	Porcentaje de nitrógeno en la cuajada
20	83,2
40	83,9
60	84,5
80	85,8
100	88,7
140	89,5
200	91,2
Centrífugo	93,3

⁴ Cogan et al. 1967⁵ Cogan et al. 1967

A escala industrial, puede resultar conveniente llevar a cabo el proceso de clarificación del extracto en dos pasos: el cribado (tamiz vibratorio, tamiz rotativo o similar) para separar la mayor parte de los sólidos, seguido de clarificación centrífuga del extracto. Los sólidos húmedos se pueden presionar para eliminar más extracto posible. Todas estas operaciones también se pueden realizar en un solo paso, utilizando centrifugas decantadoras. Un diagrama de flujo de proceso basado en el decantado para la producción de SPI se muestra en la Fig. 33.



Figura 3 Producción de SPI con decantación

d- Proceso del extraído: El extracto clarificado se puede tratar para eliminar ciertas impurezas, mejorando así la suavidad, color y calidad nutricional y la modificación de las propiedades funcionales del producto final. El procesamiento del extracto puede incluir: intercambio iónico para eliminar el fitato y reducción del contenido de cenizas, el tratamiento con carbón activado para eliminar sustancias fenólicas, la ultrafiltración para la concentración y eliminación de componentes de bajo peso molecular, etc. Aunque tales procesos se han sugerido en la literatura no se sabe ya sea que se practican en la producción industrial de SPI. El uso de procesos de membrana para la purificación del extracto y la concentración han sido reportados para ser aplicado industrialmente en Europa y Japón.

e- Precipitación: La proteína se precipita a partir del extracto llevando el pH hasta la región isoelectrónica. El tipo de ácido utilizado o la temperatura de precipitación no afectan el rendimiento o la pureza de proteína precipitada.

f- Separación y lavado de la cuajada: La proteína precipitada (cuajada) se separa del sobrenadante (suero de leche) por filtración o centrifugación. Se puede utilizar un centrífugo normal o centrífugas decantadoras para este propósito. La cuajada debe ser lavado con el fin de eliminar los residuos solubles de suero de leche. Esto se puede hacer por la re-suspensión de la cuajada en agua y re-centrifugación, o de forma continua en un filtro giratorio o correa. Un lavado a fondo es muy importante para la obtención de SPI de alta pureza.

g- Secado El método normal de secado es con spray.

3.2 Problemas del proceso convencional

a: Perdidas en el proceso: El proceso convencional separa los sólidos de soja en tres fracciones: residuo de extracción, la cuajada (SPI) y suero de leche.

Residuales de la extracción: El material sólido insoluble que queda después de la extracción y separadas del extracto por filtración o decantación representa aproximadamente el 40% de los sólidos en la materia prima y se lleva 15% de la proteína que entra en el proceso. Por lo general, se prensa, se seca y se vende como un subproducto de la fabricación SPI. Se puede utilizar como fuente de proteína para las raciones de alimentación de animales o como una fuente de fibra dietética en la nutrición humana. Se ha utilizado también en productos alimenticios por su excepcional capacidad de adsorción de agua.

Suero es el líquido que sale después la precipitación de la proteína. Contiene los azúcares y las sustancias nitrogenadas no precipitados por acidificación.

Aproximadamente el 25% de la materia seca de la materia prima y 10% de su contenido de nitrógeno se encuentra en esta fracción. Las primeras investigaciones⁶ indicaron que la soja "suero" puede ser tóxico para los animales. Este hallazgo ha sido confirmado muchas veces desde entonces. Además, el suero de SPI es una líquido altamente diluida, que contiene 1 a 3% de sólidos en función de la relación disolvente/copos utilizado en el proceso. La concentración y secado del suero SPI es muy costoso. El suero saliente del proceso SPI por lo tanto es un producto residual..

La cuajada es el precipitado obtenido por acidificación del extracto. Después del lavado y secado, se convierte en el producto final: SPI isoelectrico. Contiene 75% de la proteína del material de partida. Se necesitan cerca de 3 toneladas de soja desgrasada para producir una tonelada de aislado de proteína.

El rendimiento bajo explica bien el porque la SPI tiene un precio alto.

b: Calidad: La SPI obtenida por el procedimiento convencional contiene varios tipos de impurezas (por ejemplo, fitatos y sustancias fenólicas), que pueden perjudicar tanto su calidad funcional, sensorial y nutricional. Un descascarado más completa de la soja, exhaustiva aclaración del extracto y lavado repetido de la cuajada va reduciendo las impurezas, pero no la elimina por completo.

3.3 Procesos alternativos

⁶ Hackler et al. 1963

Varios procesos alternativos para el aislamiento de proteína de soja se han reportado en la literatura. Éstas incluyen:

- a:** La solubilización de las proteínas de soja en una solución de sal seguido por precipitación mediante dilución con agua.
- b:** Precipitación a partir del extracto a temperatura cercana a la ebullición con el uso de sales de calcio - como en la producción de queso de soja⁷.
- c:** Ultrafiltración del extracto con el fin de eliminar los componentes de bajo peso molecular del suero, dejando una solución concentrada de proteína que puede ser secada por pulverización.
- d:** La separación física de los cuerpos proteína intactos de harina de soja molida muy finamente por fraccionamiento de densidad (flotación).
- e:** Purificación del extracto por ultrafiltración, filtración a través de carbono activado y intercambio de iones, con el fin de aumentar la pureza de la cuajada.

4 Uso

4.1 Productos carniceros

En este párrafo, se tratará sólo el uso de SPI y proteinatos no texturizada. Debe recordarse, sin embargo, que la principal aplicación del SPI en relación con la carne y productos relacionados se basa en el uso de SPI texturizada, en una forma u otra, para reemplazar la carne. Esta aplicación será tema en un capítulo aparte.

En salchichas de tipo emulsión, como salchichas y mortadela, SPI y proteinatos se utilizan por sus propiedades aglutinante de humedad y grasa, y como estabilizadores de la emulsión. Los niveles de uso típicos son 1% a 4% sobre una base prehidratada. El uso de SPI en estos productos permite la reducción de la proporción de carne caros en la formulación, sin reducir el contenido de proteína o sacrificar la calidad comestible.

Los métodos para la incorporación de productos de proteína de soja en la carne de músculo entero se han desarrollado recientemente. Proteína de soja aislada se dSPlersa en salmueras de curado de carne especialmente formulados y se inyecta en músculo entero utilizando bombas de puntada. También es posible incorporar la proteína mediante la aplicación superficial con salmuera, seguido por un masaje o volteo, tal como se practica en la industria de la carne curada. Formulaciones de salmuera típicos contienen sal, azúcares, fosfatos, nitritos y / o ácido ascórbico.

⁷ Tofu

4.2 Productos para animales marinos

La más importante aplicación en esta categoría es el uso de SPI en salchichas de pescado y surimi productos a base de pescado reestructurado en Japón. Surimi es carne de pescado picada ampliamente lavada.

4.3 Productos cerealeros

SPI se utiliza a veces en lugar de, o en combinación con los concentrados y la harina de soja, en la formulación de mezclas de sustituto de leche en productos de panadería. SPI se ha utilizado para el enriquecimiento proteico de pasta y pan especialidad. En estas aplicaciones, el alto contenido de proteínas y suavidad de SPI son claras ventajas.

4.4 Productos lácteos

SPI se utiliza en crema no lácteos de café, aderezos líquidos batida, crema o queso aderezos emulsionados, no congelados postres no lácteos etc. La base para estas aplicaciones es, la demanda de no láctea (todo-vegetariano, colesterol) productos libres de alérgenos de alimentos, y así por la economía.

Quesos imitados han sido producidos a partir de proteínas de soja aisladas, con o sin componentes del suero de leche. Los tipos de quesos que se pueden producir incluyen suave, semi-suave, cultivadas en la superficie (imitación de Camembert) y quesos duro madurado.

4.5 Formulas para infantes

Los productos para infantes, donde los sólidos de leche han sido sustituidos por productos de soja son productos comerciales bien establecidos. SPI es el ingrediente preferido de soja, debido a su suavidad, ausencia de azúcares flatulentos productor y contenido bajo de fibras. El mercado principal para estos productos son bebés intolerantes a la lactosa. Sin embargo, las fórmulas dietéticas a base de proteínas de soja están encontrando cada vez mayor uso en la alimentación geriátrica y postoperatorio, así como en los programas de reducción de peso.

4.6 Otros usos

Parcialmente hidrolizado las proteínas de soja poseen buenas propiedades de estabilización de la espuma y se pueden utilizar como agentes de batido en combinación con albúmina de huevo o los huevos enteros en productos de confitería y postres.

SPI se ha demostrado ser una ayuda eficaz de secado por pulverización en purés de frutas. En esta aplicación, se puede reemplazar maltodextrinas, con la ventaja de contribuir proteína para el producto final. Una nutritiva fue producida de puré de plátano maduro secado por pulverización que contiene hasta un 20% dLa SPI en base de materia seca. (Mizrahi *et al.*, 1967).