

Empleo de lactosuero y sus componentes en la elaboración de postres y productos de confitería

Katherine Posada¹, Diana Milena Terán², Juan Sebastián Ramírez-Navas³

Grupo de Investigación Ingeniería de Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos
Escuela de Ingeniería de Alimentos - Universidad del Valle. Ciudad Universitaria Meléndez. Cali, Colombia.

¹katherine.posada@correounivalle.edu.co, ²diana.teran@correounivalle.edu.co,

³juan.sebastian.ramirez@correounivalle.edu.co



Resumen

El lactosuero es el principal subproducto del proceso de fabricación del queso pero, durante muchos años, su utilización no fue considerada con atención. En el presente, el fraccionamiento del suero lácteo en sus componentes -lactosa y proteínas principalmente- ofrece una interesante posibilidad de empleo de estos constituyentes de gran importancia comercial en la elaboración de productos alimenticios de alta calidad. En esta revisión se describen las aplicaciones potenciales del lactosuero y sus derivados en la industria de postres y productos de confitería, a través de alimentos que aprovechan las características nutritivas, funcionales y tecnológicas de estos ingredientes.

Palabras claves: lactosuero, lactosa, proteínas, ingredientes derivados de lactosuero, postres, productos de confitería.

Introducción

El Codex Alimentario (1995) define al suero como el fluido que se separa de la cuajada tras la coagulación de la leche, nata, leche desnatada o suero de mantequilla, en la fabricación del queso, la caseína o productos similares. Según el tipo de coagulación de la caseína empleada en la fabricación quesera, se genera lactosuero dulce o lactosuero ácido⁽¹⁾. De la coagulación enzimática se obtiene el lactosuero dulce, con un pH próximo al de la leche fresca, que por la estabilidad en su composición es el más empleado en la industria, a diferencia del lactosuero ácido, que resulta de una coagulación ácida o láctica.

Los productos a base de lactosuero representan un segmento en crecimiento dentro de la industria láctea, así como en los sectores farmacéutico y biomédico. A escala mundial, el mercado de los productos de lactosuero aumentó a un ritmo del 12% anual desde 1995 hasta 2000. A pesar de esto, todavía hay producción de lactosuero que no es utilizada⁽²⁻⁴⁾.

En este documento se presenta una breve revisión bibliográfica sobre el empleo del lactosuero y sus componentes en postres y productos para confitería.

Composición del lactosuero y sus derivados

El lactosuero cuenta con una interesante acogida debido a su contenido proteico y su alto nivel de edulcorantes (lactosa) en relación a otros productos lácteos⁽⁵⁾. Su composición ofrece interesantes posibilidades en la industria de postres y confitería. Los sueros ácidos presentan un contenido menor de lactosa y mayor de sales minerales en comparación con sueros dulces⁽⁶⁾, sin embargo, la principal diferencia entre ambos es la concentración de calcio⁽⁷⁾. El lactosuero dulce prácticamente no contiene calcio (0,6 a 0,7%), ya que éste queda retenido en su mayor parte en forma de paracaseinato cálcico en la cuajada, mientras que en el lactosuero ácido (1,8 a 1,9% de Ca) el ácido láctico secuestra el calcio del complejo de paracaseinato cálcico, produciendo lactato cálcico⁽⁸⁾.

Las proteínas del suero constituyen aproximadamente un 20% de las proteínas totales de la leche. Se caracterizan por sus propiedades biológicas y funciona-

Tabla 1 - Composición media de proteínas de un lactosuero

Proteína	Concentración (g/L)	Proporción relativa en las proteínas del suero (%)	Estabilidad térmica (temperatura de desnaturalización)
α lactoglobulina	3,30	55,00 – 65,00	Termolábil (74°C)
β -lactoalbúmina	1,20	15,00 – 25,00	Ligeramente inestable al calor (63°C)
Inmunoglobulinas	0,50	10,00 – 15,00	Muy termolábil (79°C)
Seroalbúmina bovina	0,30	5,00 – 6,00	Termolábil (87°C)
Proteasas-peptonas	0,60	10,00 – 20,00	Estable al calor
Beta-caseína	<0,10	1,00 – 2,00	Estable al calor
Proteínas menores	<0,05	< 0,50	-
Caseino macropéptidos (suero dulce)	1,3	-	-

Modificado de (12, 13)

les, que les permiten ser el gestor de importantes características texturales y de retención de agua en algunos productos alimenticios en los cuales el suero es empleado⁽⁹⁻¹¹⁾. En la tabla 1 se presenta la composición proteica básica del lactosuero.

Con el fin de ampliar las posibilidades de aprovechamiento de los componentes del lactosuero, en los últimos años se ha desarrollado la tecnología del fraccionamiento (cracking) por membranas. Principalmente se busca aprovechar sus proteínas⁽¹⁴⁾, a partir de las cuales es posible obtener productos bioactivos con un contenido proteico superior al del suero en polvo, o con diferentes estados de desnaturalización/agregación. Entre los derivados de suero se pueden citar: lactosuero en polvo; aislados proteicos de suero (Whey Protein Isolates - WPI); proteínas concentradas de suero (Whey Protein Concentrates - WPC); suero deslactosado; suero reducido en lactosa (Reduced Lactose Whey - RLW); suero desmineralizado y deslactosado; lactalbumina; suero permeado (Whey Permeate - WP); lactosa en polvo, entre otros^(10, 12, 15). Un esquema de los procesos y operaciones unitarias empleadas para la obtención de estos ingredientes se muestran en la figura 1.

Los WPC son derivados de la ultrafiltración (UF) del suero y contienen entre 20% y 89% de proteína, siendo el WPC con 35% el producto más común⁽⁹⁾. Por el contrario, los WPI presentan un contenido proteico superior al 90%, el cual sólo puede ser alcanzado con la disminución de la grasa y del contenido de minerales, mediante etapas extras a la ultrafiltración, como la microfiltración (MF) y la diafiltración (DF)⁽¹⁹⁾, respectivamente.

En la tabla 2 se muestran las diferencias en la composición de varios productos a base de lactosuero y se incluye la leche en polvo descremada a modo de comparación.

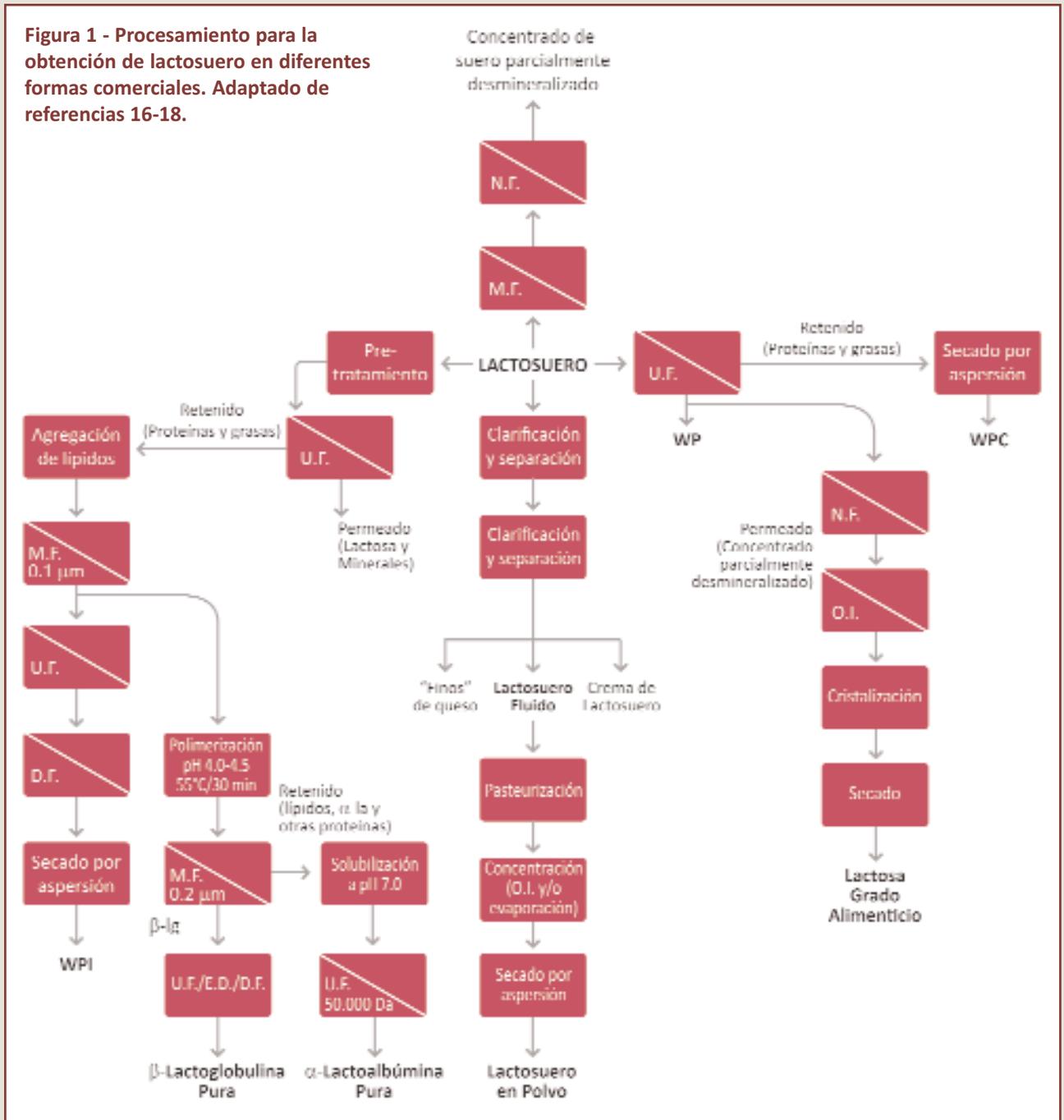
Por su composición, las propiedades funcionales del WPI son superiores a las del WPC. Éste puede ser

incluido en productos tales como: alimentos bajos en grasa, deslactosados, fórmulas médicas, infantiles y para deportistas. Sin embargo, las ventajas de emplear WPC son económicas y sensoriales^(27, 28).

En los últimos años, el creciente interés y demanda de diferentes proteínas de suero ha generado que varias empresas las fraccionen en lactoferrina, β -lactoglobulina (β -lg) y α -lactoalbúmina (α -la), y las empleen como ingredientes en la formulación de nuevos alimentos de alta calidad⁽²⁹⁾. También está ganando importancia en el mercado de las proteínas una nueva generación conocida como proteínas de suero texturizadas WPT (Whey Protein Texturizer), que presentan la capacidad de gelificar en frío y formar soluciones altamente viscosas, al tiempo que ofrecen mejores cualidades emulsificantes, permitiendo su uso en numerosos productos, por ejemplo: surimi (un ingrediente común de la gastronomía japonesa), mayonesa, salsas, queso de untar, productos cárnicos prensados, patatas fritas, croquetas, productos de panadería e incluso cosméticos^(7, 30-32).

Del mismo modo, se debe considerar la recuperación de la lactosa [4-O-(β -D-galactopiranosil)-D-glucopiranososa], componente mayoritario del suero⁽³³⁻³⁵⁾, la cual puede extraerse mediante un proceso de concentración, cristalización y separación de los cristales por centrifugación, o bien mediante combinación de UF y osmosis inversa (OI)⁽⁶⁾. Según las distintas técnicas de extracción, se obtienen diferentes calidades de lactosa (monohidrato de α -lactosa): grado farmacéutico (mínimo 99.85% lactosa), alimenticio (mínimo 99% lactosa) e industrial (mínimo 98% lactosa)^(8, 17, 35, 36). La hidrólisis de la lactosa permite obtener jarabes de glucosa y galactosa que son ampliamente utilizados en pastelería, confiterías, helados, jarabes, salsas dulces, entre otros, por su alto poder edulcorante y por la propiedad de retención de agua libre, además de la facilidad de caramelización por el favorecimiento de la reacción de Maillard⁽³⁷⁾.

Figura 1 - Procesamiento para la obtención de lactosuero en diferentes formas comerciales. Adaptado de referencias 16-18.



Lactosuero en la fabricación de postres y productos de confitería

El lactosuero es el producto lácteo menos costoso (25 a 40% menos del precio de los sólidos lácteos no grasos) en la industria confitera⁽³⁸⁾. En la mayoría de estos productos de confitería se utiliza hasta el 3% de lactosuero dulce en polvo y por lo menos el 10% de lactosa^(17, 39).

Lactosa. La lactosa es una buena fuente de energía, contiene galactosa que actúa como glúcido estructural del sistema nervioso, es de bajo poder cariogénico, es segura para personas diabéticas (35-50g/día) por su absor-

ción más lenta y gradual, mejora la solubilidad y disponibilidad del calcio al aumentar la concentración de ácido láctico y disminuir el pH en el tracto intestinal, también participa en su transporte formando complejos solubles con este mineral. Además, se considera que la mayoría de las personas intolerantes a la lactosa pueden consumirla en pequeñas cantidades (12 g)^(7, 40).

La lactosa presenta poder edulcorante (20 a 30% del poder edulcorante de la sacarosa), capacidad de fijación de aromas y de adsorción de pigmentos, temperatura de caramelización superior a la de otros azúcares, poder emulsificante y agregante, solubilidad en

Tabla 2 - Composición de diferentes productos comerciales de lactosuero y leche descremada

Producto	Componente				
	Proteína (%)	Lactosa (%)	Grasa (%)	Minerales (%)	Humedad (%)
Lactosuero dulce	0,6 – 0,7	5,1	0,02	0,4 – 0,5	93,7 – 93,9
Lactosuero dulce en polvo	11,0 – 14,5	63,0 – 75,0	1,0 – 1,5	8,2 – 8,8	3,5 – 5,0
WPC 34%	> 34,0	< 55,0	< 4,0	< 8,0	< 4,0
WPC 35%	34,0-35,4	51,0-54,5	3,5-5,0	3,1-8,0	-
WPC 80%	80,0 82,0	4,0 8,0	4,0 8,0	3,0 4,0	3,5 4,5
WPI	91,90	2,30	0,40	1,84	3,23
WP en polvo	3,0 – 8,0	65,0 – 85,0	< 1,5	8,0 – 20,0	< 5
RIW en polvo	18-25	40- 58	1-4	11- 15	-
Lactosuero parcialmente desmineralizado en polvo	12,9	74,5	1,1	8,4	-
Lactalbúmina	80 86	7	5	2,5	-
Leche descremada en polvo	34,0 – 37,0	49,5 – 52,0	0,6 – 1,25	8,2 – 8,6	3,0 – 4,0

Fuente: (13, 14, 17, 20-26)

agua, reducida higroscopicidad, aumento de la presión osmótica, alta estabilidad (química, física y microbiológica) ante la humedad^(7, 40-42). Estos aspectos le brindan a la lactosa amplios usos industriales.

En la industria farmacéutica, su propiedad agregante es aprovechada como excipiente en la elaboración de píldoras y grageas, como aditivo para medio de cultivos y en leches maternizadas. En la industria química y alimentaria se emplea para incrementar la viscosidad y mejorar la textura, como soporte de salsas y sopas, en productos de repostería, panadería, confitería, bebidas, cárnicos (salami, jamón), alimentos infantiles, alimentos bajos en calorías y como fuente de galactosa (azúcar que entra a formar parte en los cerebros, lípidos presentes en gran cantidad en el tejido nervioso) en alimentos infantiles. El empleo de lactosa y sus hidrolizados permite obtener beneficios económicos al reducir las cantidades de ingredientes más costosos, especialmente en postres congelados y chocolatería^(7, 35, 37, 39).

En el procesamiento de postres y confituras, la lactosa se ha abierto camino. Es aplicada en postres como cobertura, en helados y glaseados. En la industria de la confitería se reconoce su utilidad para conseguir características deseadas en dulces tales como toffes, turrone, chocolate para caramelos duros, gomas de mascar, malvaviscos, entre otros. Durante el calentamiento, la lactosa dirige la producción de diferentes aromas (ácidos, dulces y amargos), también destaca los sabores de menta y cocoa en gomas de mascar y chocolates. Puede cambiar el proceso de cristalización de otros azúcares presentes y mejorar el cuerpo, textura y "masticabilidad" e incluso la vida de anaquel^(39, 40). Además, puede producir nuevas características, por ejemplo, su incorporación en altas concentraciones en caramelos toffe aporta sabor y textura de caramelo blando de leche que puede atraer a los consumidores^(39, 43, 44).

La valorización de la lactosa extraída puede hacerse por varias vías, se citan dos de las principales:

Hidrólisis. La hidrólisis vía química (ácidos) o enzimática (enzima β -galactosidasa) de la lactosa en glucosa y galactosa tiene doble interés: nutricional y tecnológico. Nutricionalmente, se tiene en cuenta a las personas intolerantes a la lactosa que por deficiencias en la enzima β -galactosidasa presentan dificultades en su asimilación. Tecnológicamente, mejora su poder edulcorante (en 4,5 veces), aumenta su capacidad reductora y solubilidad (de 3 a 25°C) ya que sus componentes monosacáridos son mucho más dulces y solubles^(5, 8).

Utilización para la producción de derivados. La transformación de la lactosa en otros derivados ofrece importantes oportunidades para incrementar su valor añadido, especialmente en los derivados con función prebiótica, a los que en los últimos años se les ha prestado mayor atención⁽³⁶⁾, como galacto-oligosacáridos (GOS) obtenidos por transgalactosilación enzimática de la lactosa; lactulosa por epimerización alcalina; lactitol por reducción (alta temperatura, presión, hidrogenación catalítica, o hidrólisis seguida de reducción electrolítica); y ácido lactobiónico por oxidación con hipiodito⁽³⁹⁾.

Martínez *et al.* (2008) estudiaron el efecto de los GOS Gal- α (1-3)-Gal- β (1-4)-Gal (0,25 y 0,46%) en yogur normal, yogur con bifidobacterias y yogur con *L. casei*, encontraron una amplia variación del contenido de GOS entre los yogures (siendo mayor para los yogures con bifidobacterias), y éste se mantuvo sin cambios significativos después de 21 días de almacenamiento a 4°C⁽⁴⁵⁾.

En cuanto al lactitol, de Melo *et al.* (2009) obtuvieron chocolates aptos para diabéticos (reducidos en calorías) incorporando 17,2% de lactitol, pero con amargor, adherencia y arenosidad, que condujeron al



rechazo de las muestras diferentes de la control por parte de los consumidores⁽⁴⁶⁾.

Proteínas. Las proteínas séricas han tenido un creciente interés en las últimas décadas por su papel en la nutrición y salud humana. Poseen todos los aminoácidos esenciales, son especialmente ricas en aminoácidos azufrados, que mejoran la función inmune a través de su conversión a glutatión, y en aminoácidos de cadena ramificada BCAA (Branched-Chain Amino Acids) -isoleucina, leucina y valina- importantes en la esfera deportiva. Poseen actividad antimicrobiana, antioxidante y previenen la enfermedad cardiovascular, el cáncer y osteoporosis⁽⁴⁷⁻⁵⁰⁾.

Tecnológicamente, la capacidad de la β -lg y las subfracciones de α -la de desarrollarse y formar agregados entre ellas, como un coagregado junto con la fracción de caseína, les otorga importancia en la optimización de las propiedades estructurales⁽¹⁰⁾. Adicionalmente, por las características de solubilidad en amplios rangos de pH, capacidad de retención de agua, viscosidad, gelación, emulsificación, espumado y participación en la reacción de Maillard, las proteínas séricas presentan gran potencial como ingrediente en la elaboración de postres de yogurt, leche para untar, postres de crema, crema batida, flanes, natillas, mousses, pudines, formulaciones para helados y en productos de confitería como caramelos, chocolates, dulces y recubrimientos (para helados, galletas, nueces, confituras)^(15, 50-54).

Se han realizado diversos estudios de los componentes del lactosuero, que en su mayoría indican que los resultados dependen de otros componentes en el sistema y de los efectos de los procesamientos previos, lo que dificulta predecir los efectos de los distintos productos de lactosuero en una aplicación específica⁽¹⁷⁾. Martínez y Speckman (1988), emplearon suero dulce en polvo y suero desmineralizado en polvo (25%) en mezclas para helados, batidos y postres congelados bajos en

calorías. Encontraron que la sustitución de sólidos no grasos por sólidos de suero dulce en mezclas de productos lácteos congelados, seguida de hidrólisis de la lactosa con β -galactosidasa, permitió reducir la cantidad de edulcorantes añadidos en la mezcla (sirope de maíz y glucosa) y las propiedades fisicoquímicas y organolépticas fueron comparables con las fórmulas estándar; además, la enzima redujo los problemas de cristalización de la lactosa y mejoró el servicio. También realizaron el estudio con igual porcentaje de suero desmineralizado en polvo, pero al encontrar resultados similares a los del suero ordinario sugirieron el uso de este último por ser menos costoso⁽⁵⁾.

Alfaifi y Stahopoulos (2010) emplearon WPC80 (20, 50, 80 y 100%) en helado Gelato. Elaboraron muestras con dos niveles de yema de huevo (4,5 y 9%) y analizaron el efecto de WPC como sustituto de yema de huevo. Encontraron que, en ambos niveles, a mayor porcentaje de WPC se incrementó el volumen debido al aumento en la formación de células de aire y se mejoraron las características de textura, pero con la sustitución del 100% se aumentó el número de cristales de hielo. En los ensayos con 4,5% de yema la viscosidad disminuyó, lo que atribuyeron al menor contenido de grasa en comparación con los ensayos con 9% de yema⁽⁵⁵⁾.

Jaros *et al.* (2008) emplearon permeado de suero en polvo (como fuente de lactosa) al 25 y 30% en yogurt con sabor a arándano. Estudiaron la sustitución de sacarosa por dos permeados de UF de suero en polvo (fuente de lactosa) por separado. El primero fue suero, donde fue posible sustituir hasta el 25% antes de detectar diferencias sensoriales; y el segundo, suero nanofiltrado, cuya sustitución se incrementó al 30% por la menor cantidad de iones monovalentes de este permeado, factor que consideraron el limitante para la sustitución. En ambos casos, no se afectó el perfil de acidificación durante la fermentación⁽⁵⁶⁾.

Buriti *et al.* (2010) emplearon WPC e inulina en mousses de guayaba con probiótico (*L. acidophilus*) y prebiótico. Estudiaron varias proporciones de sustitución de grasa láctea por inulina y WPC, para todas encontraron que la aceptabilidad sensorial no era afectada, incluso en la sustitución del 100%. Sin embargo, los parámetros de textura se alejaban de los del producto tradicional, por lo que recomendaron la incorporación de WPC e inulina en un nivel máximo de 2,6%⁽⁵²⁾.

Hideko *et al.* (2004) emplearon WPC (1%; 2% y 3%) en postre lácteo cremoso de chocolate. Encontraron que es posible sustituir la leche en polvo por WPC, resultando un producto con menos grasa y sólidos totales y

mayor contenido de proteína. Sensorialmente el producto elaborado con 1% de WPC fue el preferido, con aceptación por encima del valor de 4 (bueno)⁽⁵⁷⁾.

Padiernos *et al.* (2009) emplearon WPC sin tratar y tratado con alta presión hidrostática (High Hydrostatic Pressure - HHP) en crema batida baja en grasa. Encontraron que al reemplazar parcialmente la leche descremada líquida por WPC (tratado o no tratado) se aumentó la formación de espuma y espuma de aireación en comparación con la muestra control. Los panelistas distinguieron la diferencia entre el producto con WPC tratado y el producto con WPC sin tratar, concluyendo que el tratamiento de WPC con HHP puede mejorar las propiedades de espumado en la crema batida baja en grasa⁽⁵⁸⁾.

Keogh y Twomey (2000) emplearon WPI (10%; 20%; 30% y 100%) en toffes. Encontraron que la firmeza, dureza y color del producto eran afectados por la relación caseína:proteína de suero de leche descremada artificial en polvo. Para producir toffes estables al calentamiento, precalentaron la leche reconstituida con bajas concentraciones de sólidos lácteos. Observaron que la leche artificial con relación caseína:proteína sérica 90:10 produjo caramelos blandos, de color pálido y de buen manejo en el llenado de moldes. Con la relación 80:20 obtuvieron la máxima firmeza, dureza y buen color, además, en la parte microestructural se asemejó a la muestra control debido a los pequeños glóbulos de grasa con proteína adsorbida. Con la relación 70:30 el color fue más oscuro y cuando la sustitución por las proteínas de suero fue del 100% se presentaron áreas oscuras, agregación de proteínas y falta de forma⁽⁵⁹⁾.

Flint (2003) empleó WPC34 o WPI (20%) en caramelos. Realizó una imitación de leche condensada descremada a partir de estos ingredientes por separado para sustituir parcialmente la leche condensada descremada en la formulación de caramelos. Utilizando WPI encontró pocas diferencias significativas con la muestra control. Reportó que en el caso de WPC34, existen diferencias en cuanto a su funcionalidad (color) y sabor. Los consumidores calificaron mejor en el atributo de sabor a uno de los caramelos elaborados con WPC34, pero la textura obtuvo menor calificada en comparación con la muestra control⁽⁶⁰⁾.

Recomendaciones en la formulación de nuevos productos

En la investigación y desarrollo de nuevos productos alimenticios en los que se emplea lactosuero hay que considerar algunas recomendaciones expuestas por diferentes autores para postres congelados y productos de confitería:

Postres congelados

En las mezclas para helados, Vanegas y López (2008) recomiendan tener en cuenta el contenido de proteínas y lactosa que los productos de suero puedan aportar y

sugieren el empleo de WPC y caseinatos⁽⁶¹⁾ porque presentan el mejor perfil de proteína y baja concentración de lactosa para esta aplicación. Un alto contenido de proteínas proporcionará mejor textura, facilitará el batido y aumentará el rendimiento, pero en exceso puede provocar defectos de consistencia y sabor. En el caso de la lactosa, un elevado contenido (superior a 70%), además de modificar el punto de congelación, aumentará el grado de sobresaturación y puede propiciar la aparición de textura arenosa por su solubilidad.

En cuanto al procesamiento, se recomienda aplicar condiciones típicas de pasteurización cuando en las mezclas de postres lácteos congelados se incorporen productos de lactosuero, ya que las altas temperaturas y tiempos de pasteurización pueden afectar las funciones de las proteínas de suero. Igualmente se debe considerar el tiempo de almacenamiento de este tipo de postres cuando contienen particularmente WPC (60-85%) y WPI, porque pueden hidratarse con el tiempo y producir cambios significativos en la viscosidad del producto final⁽¹⁵⁾.

Productos de confitería

El uso de un determinado ingrediente de lactosuero en productos de confitería está en función de la aplicación final y contribución deseada a un perfil de sabor específico o sobre la funcionalidad y reología, además de las restricciones de costos. Estos factores, a su vez, están determinados por la composición del ingrediente de lactosuero⁽⁵¹⁾. Por ejemplo, se usan los WPC desgrasados o WPI como sustituto de proteína de huevo en la elaboración de merengues. En contraste, los WPC con mayor contenido de grasa se utilizan en la fabricación de pasteles esponjados con resultados aceptables⁽⁵⁴⁾.

Para la aplicación de lactosa en los productos de confitería, Boutin (2005) y Bouzas (1999) indicaron los niveles máximos a ser empleados como sustituto de sacarosa (Tabla 3), ya que si se utiliza en exceso confiere un desagradable sabor metálico y puede presentar problemas de solubilidad y de intolerancia por ciertos consumidores⁽⁶²⁾.

Factores que pueden limitar la incorporación de lactosuero

El sabor de los sólidos de suero se ha considerado como el factor limitante para su incorporación en formulaciones alimenticias. Morr y Ha (1991)⁽⁶⁴⁾ comentaron que el sabor extraño es el más complicado en los productos de suero en polvo y que la oxidación lipídica y las reacciones de Maillard son los principales mecanismos de la formación de sabores desagradables. Pero también afirmaron que, si se controlan los sabores indeseables, pueden producirse características positivas en este atributo.

Por otro lado, la mayoría de las técnicas usadas para texturizar los productos con WPC son térmicas (por encima de los 65°C). Sin embargo, la β -lg y α -la son

Tabla 3 - Niveles límites de lactosa como sustituto de sacarosa en productos de confitería

Producto de Confitería	Concentración de lactosa (%)
Chocolate	3-7
Recubrimientos	3-7
Jaleas con pectina	10
Caramelos con sabor a fruta (caramelo orozú o regalo)	5-10
Gominolas	<10
Malvaniscos	10
Turrónes	15-20
Gomas de mascar	15
Pastillaje de azúcar	20
Mazapán	25
Caramelos blandos	25
Dulces comprimidos	35

Fuente: (51, 63)

particularmente sensibles al calor, con lo que se puede ver afectada su potencial aplicación en la creación u optimización de las estructuras en ciertos alimentos termosensibles^(10, 65).

A pesar de las aplicaciones de los concentrados de proteína de suero en confitería, algunos autores afirman que son menos útiles porque producen coágulos suaves y por la posible cristalización durante el almacenamiento debida a la alta concentración de lactosa⁽⁶⁴⁾. Probablemente por esta razón, estos productos se encuentran en las formulaciones en combinación con otra fuente de sólidos lácteos: en dulces de leche, se puede añadir junto con lactosuero bajo en minerales, obteniendo un control del sabor salado, de cristales de lactosa y de los problemas de textura pegajosa; en caramelos stand-up, además del WPC, se agrega una mínima cantidad de caseinatos hidrolizados para evitar la alteración de las propiedades de flujo a baja temperatura^(17, 66).

En cuanto a la lactosa, se ha encontrado que su baja solubilidad, los problemas de asimilación por algunas personas y la tendencia a cristalizar en agua a baja temperatura son factores que pueden limitar su uso industrial⁽⁶⁷⁾.

Las tecnologías en el procesamiento pueden emplearse para mejorar algunos factores limitantes de los ingredientes de lactosuero. Por ejemplo, la aplicación de HHP entre 200 y 1000 MPa induce cambios en las propiedades funcionales de los WPC y WPI para diferentes aplicaciones en alimentos como productos lácteos, entre otros^(10, 58, 65, 68, 69); el tratamiento de dispersiones precalentadas de β -lg, WPI o WPC con sales minerales o reducción de pH produce la capacidad de gelación en frío de las proteínas séricas⁽⁶⁵⁾.

En cuanto al factor limitante de baja solubilidad de la lactosa, se ha empleado la utilización de β -lactosa porque es más soluble y dulce, sin embargo su producción es costosa, por lo que puede esperarse en un futuro de-

sarrollos de procesos más económicos para su producción y aprovechamiento⁽³⁶⁾.

Finalmente, los avances en las tecnologías de membranas proveerán innovación en los procesos existentes para el fraccionamiento y obtención de nuevos ingredientes para la industria de alimentos, por lo que se espera un crecimiento en la producción de alimentos elaborados que empleen componentes del lactosuero, especialmente en países de desarrollo medio^(27, 69).

Conclusiones

Si bien las proteínas son el componente con mayor valor agregado en el lactosuero, la lactosa es el componente mayoritario y ambos son de igual importancia comercial, por sus propiedades nutricionales, funcionales y tecnológicas. Estas propiedades aportan a los ingredientes de suero un amplio y reconocido potencial en el mejoramiento de la calidad y rendimiento en los productos finales de la industria de postres y productos de confitería. No obstante, son necesarios más estudios que revelen su comportamiento bajo diferentes condiciones de procesamiento y niveles más óptimos para la incorporación en la formulación de determinados productos, con el fin de pasar de la comprensión a la manipulación de estos ingredientes para lograr los mejores beneficios.

Referencias bibliográficas

1. Codex-Alimentarius. General Standard for Food Additives. CODEX STAN1995.
2. Allen KE, Carpenter CE, Walsh MK. Influence of protein level and starch type on an extrusion-expanded whey product. *Int. Journal of Food Sc. & Tech.* 2007;42(8):953-60.
3. Goff HD. 65 Years of ice cream science. *International Dairy Journal.* 2008;18(7):754-8.
4. Marcelo PA, Rizvi SSH. Physicochemical properties of liquid virgin whey protein isolate. *International Dairy Journal.* 2008;18(3):236-46.
5. Martínez SB, Speckman RA. Galactosidase Treatment of Frozen Dairy Product Mixes Containing Whey. *Journal of dairy science.* 1988;71(4):893-900.
6. Veisseyre R. Lactología técnica: Composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche. Zaragoza, España: Editorial Acribia, S.A.; 1988.
7. Castillo M, Jordán MJ, Abellán A, Laencina J, López MB. Tecnología de aprovechamiento de lactosuero. *Revista española de lechería.* 1996;marzo:24-30.
8. Mahaut M, Jeantet R, Brulé G, Schuck P. Productos Lácteos Industriales. Zaragoza, España: Editorial Acribia, S.A.; 2004.
9. Meza BE, Verdini RA, Rubiolo AC. Effect of freezing on the viscoelastic behaviour of whey protein concentrate suspensions. *Food Hydrocolloids.* 2010;24(4):414-23.
10. Kulozik U. Structuring dairy products by means of processing and matrix design. In: Aguilera JM, Lillford PJ, editors. *Food Materials Science - Principles and Practice.* New York: Springer; 2008. p. 439-73.
11. Sahin S, Sumnu SG. Rheological Properties of Foods. In: Sahin S, Sumnu SG, editors. *Physical Properties of Foods* Springer; 2006. p. 39-105.
12. Marshall KR, Harper WJ. Whey protein concentrates. *IDF Bulletin.* 1988;233:21-32.
13. Modler HW. The use of whey as animal feed and fertilizer. *IDF Bulletin.* 1985;212:11-124.
14. Hwang D-C, Damodaran S. Selective Precipitation and Removal of

- Lipids from Cheese Whey Using Chitosan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1995;43(1):33-7.
15. Young S. Whey Products in Ice Cream and Frozen Dairy Desserts. *Applications Monograph* [serial on the Internet]. 2007: Available from: www.usdec.org/files/PDFs/2008Monographs/WheyIceCreamandDairyDesserts_English.pdf
 16. Fernandes de Carvalho A, Maubois J. Applications of Membrane Technologies in the Dairy Industry. In: Dos Reis JS, Teixeira JA, editors. *Engineering Aspects of Milk and Dairy Products*: CRC Press; 2009. p. 33-56.
 17. Hugunin AG. El Lactosuero: aplicaciones de productos de Lactosuero en Estados Unidos y posibles aplicaciones en México y otros países Latinoamericanos. *Industria Alimenticia*. 1999:44-50.
 18. Peinemann K-V, Pereira Nunes S, Giorno L. *Membranes for Food Applications*: Wiley VCH; 2010.
 19. Ward LS. Advances in Nutrition and Health: Whey Proteins. *Advances in Nutrition and Health* TM. 2008:28.
 20. Inda Cunningham AE. Queso. *Saltillo, México: Org. de Estados Americanos, OEA*; 2000.
 21. Mleko S, Janas P, Wang T, Lucey JA. Rheological properties of reduced lactose whey dispersions. *International Journal of Dairy Technology*. 2003;56(3):157-61.
 22. Modler HW. Functional Properties of Nonfat Dairy Ingredients. A Review. *Modification of Lactose and Products Containing Whey Proteins* 1,2. *J. of Dairy Science*. 1985; 68(9):2206-14.
 23. Parra RA. Lactosuero: Importancia en la Industria de Alimentos. *Revista de Facultad Nacional de Agronomía*. 2009;62(1):4967-82.
 24. Revilla R. A. *Tecnología de la Leche*. 3 ed. México: Ed. HH S.A.; 1971.
 25. Tsuge H, Tanaka Y, Hisamatsu N. Fouling of cheese whey during reverse osmosis and precipitation of calcium phosphate. In: I. Endo TNSK, Yonemoto T, editors. *Progress in Biotechnology*: Elsevier; 2000. p. 47-52.
 26. Zevchak SE. *The Impact of Agglomeration on Flavor and Flavor Stability of Whey Proteins*. Raleigh, North Carolina, USA: North Carolina State University; 2007.
 27. Lucena ME, Alvarez S, Menéndez C, Riera FA, Alvarez R. [alpha]-Lactalbumin precipitation from commercial whey protein concentrates. *Separation and Purification Technology*. 2007;52(3):446-53.
 28. Surh J, Ward LS, McClements DJ. Ability of conventional and nutritionally-modified whey protein concentrates to stabilize oil-in-water emulsions. *Food Research International*. 2006;39(7):761-71.
 29. Chatterton DEW, Smithers G, Roupas P, Brodkorb A. Bioactivity of [beta]-lactoglobulin and [alpha]-lactalbumin--Technological implications for processing. *International Dairy Journal*. 2006;16(11):1229-40.
 30. Marshall KR. Industrial isolation of milk proteins: whey protein. In: Fox PF, editor. *Developments in Dairy Chemistry L Proteins*. London: Applied Science Publishers Ltd.; 1982. p. 339-73.
 31. Burgarella JC, Lanier TC, Hamann DD. Effects of added egg white or whey protein concentrate on thermal transition in Rigidity of Croaker Surimi. *Journal of Food Science*. 1985;50:1588-94, 606.
 32. Mulvihill DM, M. D. Whey Proteins and Their Thermal Denaturation - A Review. *Irish Journal of Food Science and Technology*. 1987;11(1):43-75
 33. Souza RR, Gimenes ML, Costa SC, Muller CMO. Eliminación de grasas del suero de queso para obtener proteínas y lactosa. *Información Tecnológica*. 2008;19(2):41- 50.
 34. Valencia J. El Suero de Quesería y sus Posibles Aplicaciones (Parte 2/3). *Mundo Lácteo y Cárnico*. 2008;Julio/Agosto:16-8.
 35. Smit G. *Dairy Processing - Improving Quality*: Woodhead Publishing; 2003.
 36. Gänzle MG, Haase G, Jelen P. Lactose: Crystallization, hydrolysis and value-added derivatives. *International Dairy Journal*. 2008;18(7):685-94.
 37. Ramírez-Navas JS. Aprovechamiento Industrial de Lactosuero. In: ALEIQ, editor. *XV Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ingeniería Química - XV COLAEIQ*; San Salvador, El Salvador. 2009. p. 50.
 38. Webb BH. Whey--A Low-Cost Dairy Product for Use in Candy. *Journal of dairy science*. 1966;49(10):1310-3.
 39. Lifran EV, Hourigan JA, Sleight RW, Johnson RL. New wheys for lactose. *Food Australia* 2000;52(4):120-5.
 40. Reimerdes EH. El Ingrediente Multiusos. *Industria Alimenticia*. 2008;Junio:40-3.
 41. Davies C, Labuza T. The Maillard Reaction application to confectionery products. St. Paul, Minnesota, USA: Department of Food Science and Nutrition. University of Minnesota. ; 1997.
 42. Schaafsma G. Lactose and lactose derivatives as bioactive ingredients in human nutrition. *International Dairy Journal*. 2008;18(5):458-65.
 43. Villalta J, Monferrer A. Propiedades Funcionales del Lactosuero y sus Proteínas (Primera Parte). *BDN, SL Ingeniería de Alimentación* 2001;29(Enero).
 44. Villalta J, Monferrer A. Propiedades Funcionales del Lactosuero y sus Proteínas (Segunda Parte). *BDN, SL Ingeniería de Alimentación* 2001;30 (Febrero).
 45. Martínez-Villaluenga C, Cardelle-Cobas A, Corzo N, Olano A. Study of galactooligosaccharide composition in commercial fermented milks. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2008;21(7):540-4.
 46. de Melo LLMM, Bolini HMA, Efraim P. Sensory profile, acceptability, and their relationship for diabetic/reduced calorie chocolates. *Food Quality and Preference*. 2009;20(2):138-43.
 47. Madureira AR, Pereira CI, Gomes AMP, Pintado ME, Xavier Malcata F. Bovine whey proteins - Overview on their main biological properties. *Food Research International*. 2007;40(10):1197-211.
 48. Marshall KR. Therapeutic Applications of Whey Protein. *Alternative Medicine Review*. 2004;9(2):136- 56.
 49. Ostojić S, Pavlović M, Živić M, Filipović Z, Gorjanović S, Hranisavljević S, et al. Processing of whey from dairy industry waste. *Environ. Chemistry Letters*. 2005;3(1):29-32.
 50. Smithers GW. Whey and whey proteins--From "gutter-to-gold". *International Dairy Journal*. 2008;18(7):695-704.
 51. Bouzas J. Whey Products and Lactose in Confectionery Applications. *Applications Monograph* [serial on the Internet]. 1999: Available from: <http://www.usdec.org/files/Publications/2CONFECT.pdf>.
 52. Buriti FCA, Castro IA, Saad SMI. Effects of refrigeration, freezing and replacement of milk fat by inulin and whey protein concentrate on texture profile and sensory acceptance of synbiotic guava mousses. *Food Chemistry*. 2010;123(4):1190-7.
 53. Philippopoulos CD, Papadakis MT. Current trends in whey processing and utilization in Greece. *International Journal of Dairy Technology*. 2001;54(1):14-9.
 54. Ennis MP, Mulvihill DM. Milk proteins. In: Phillips GO, Williams PA, editors. *Handbook of Hydrocolloids*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited; 2000. p. 948.
 55. Alfaifi MS, Stahopoulos CE. Effect of Egg Yolk Substitution by Sweet Whey Protein Concentrate (WPC), on Physical Properties of Gelato Ice Cream. *International Food Research Journal*. 2010;17:787-93.
 56. Jaros D, Spieler C, Kleinschmidt T, Rohm H. Using Whey Permeate Powders for Partial Sucrose Substitution in Flavored Yogurt. *Milchwissenschaft*. 2008;63(2):174-8.
 57. Hideko P, Amaral FF, Barretto AL. Caracterizacáo Tecnológica de Sobremesas Lácteas Achocolatadas Cremosas Elaboradas com Concentrado Protéico de Soro e Misturas de Gomas Carragena e Guar. *Revista Brasileira de Ciências Farmacéuticas*. 2004;40(3):397-404.
 58. Padiernos CA, Lim SY, Swanson BG, Ross CF, Clark S. High hydrostatic pressure modification of whey protein concentrate for use in low-fat whipping cream improves foaming properties. *Journal of dairy science*. 2009;92(7):3049-56.
 59. Keogh M, Twomey M, O' Kennedy BT, Auty M, Kennedy R, O'Keeffe J, et al. Dairy Ingredients for Chocolate and Confectionery. The Dairy Products Research Centre, TEAGASC, Moorepark. Fermoy, Co. Cork, Ireland; 2000. p. 1-15.
 60. Flint MP. Comparison of Sweetened Condensed Skim Milk and Whey Protein Ingredients in Caramels. Raleigh, North Carolina, USA: North Carolina State University; 2003.
 61. Vanegas A, López FN. Optimizando las Formulaciones de Helados: Mejores Ingredientes, mejores rendimientos. *Revista I Alimentos*. 2008;7:26-9.
 62. Edwards WP. La ciencia de las golosinas. Zaragoza, España.: Editorial Acribia, S.A.; 2000.
 63. Boutin R. Lactose: The Forgotten Sugar. *Kennedy's Confection*. 2005;December:46- 7.
 64. Mortenson MA, Vickers ZM, Reineccius GA. Flavor of whey protein concentrates and isolates. *International Dairy Journal*. 2008;18(6):649-57.
 65. Manoi K, Rizvi SSH. Rheological characterizations of texturized whey protein concentrate-based powders produced by reactive supercritical fluid extrusion. *Food Research International*. 2008;41(8):786-96.
 66. Ahmed J, Ramaswamy HS, Pandey PK. Dynamic rheological and thermal characteristics of caramels. *LWT - Food Science and Technology*. 2006;39(3):216-24.
 67. Sanz JI. Production of Galacto-Oligosaccharides from Lactose by Immobilized •Galactosidase and Posterior Chromatographic Separation. Columbus, Ohio, USA: The Ohio State University; 2009.
 68. Damodaran S, Paraf A. *Food Proteins and their Applications*. New York, NY, USA: Marcel Dekker, Inc.; 1997.
 69. Kresic G, Lelas V, Jambak AR, Herceg Z, Brncic SR. Influence of novel food processing technologies on the rheological and thermophysical properties of whey proteins. *Journal of Food Engineering*. 2008;87(1):64-73.