

**Impacto del uso de leche
hidrolizada sobre el cultivo
en los procesos de
fermentación y
almacenamiento del yogurt batido**

María Gabriela Cabrera Collin
Viviana Teresa Villa Cox

**Impacto del uso de leche
hidrolizada sobre el cultivo
en los procesos de
fermentación y
almacenamiento del yogurt batido**

María Gabriela Cabrera Collin
Viviana Teresa Villa Cox

Título original:
Impacto del uso de leche
hidrolizada sobre el cultivo
en los procesos de
fermentación y
almacenamiento del yogurt batido

Primera edición: octubre 2020

© 2020, María Gabriela Cabrera Collin
Viviana Teresa Villa Cox

Publicado por acuerdo con los autores.
© 2020, Editorial Grupo Compás
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus textos han sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador

ISBN: 978-9942-33-301-8

Cita.

Cabrera. M, Villa. V. (2020) Impacto del uso de leche hidrolizada sobre el cultivo en los procesos de fermentación y almacenamiento del yogurt batido, Editorial Grupo Compás, Guayaquil Ecuador, 87 pag

Introducción

A nivel mundial la malnutrición de la población sigue siendo uno de los problemas más difíciles de sobrellevar y superar. Por este motivo, diversas organizaciones han estructurado campañas de información y concientización dirigidas a la población, con la finalidad de dar a conocer la importancia de llevar una dieta saludable y equilibrada.

Los productos lácteos en general, forman parte de ese régimen alimenticio que se debe seguir para lograr una nutrición adecuada. Sin embargo, un grupo de personas son susceptibles al consumo de estos alimentos debido a una patología conocida como intolerancia a la lactosa; por lo que muchos de ellos optan por eliminarlos completamente de su dieta.

Globalmente la industria láctea ha diseñado diversos mecanismos para lograr brindar a los consumidores productos reducidos o libres de lactosa y con esto los individuos intolerantes continuarían incorporando a la dieta los importantes nutrientes que aporta la leche.

En la actualidad, nuestro país cuenta con una mayor variedad de productos lácteos; sin embargo, la cantidad de productos reducidos o libres de lactosa prácticamente se reduce a leches fluidas y formulas infantiles, dejando a un lado una gran variedad de productos que podrían fácilmente ser incorporados y acogidos por los consumidores. Uno de los productos que encajaría perfectamente con las necesidades de este sector de la población, es el yogurt deslactosado. Sin embargo, debido a los escasos antecedentes publicados de su proceso de elaboración, es necesario evaluar la metodología apropiada para lograr

obtener un producto reducido en lactosa pero que conserve las propiedades sensoriales del yogurt tradicional.

El consumo de productos lácteos con modificaciones en la lactosa constituye una vía atractiva para obtener una leche rica en nutrientes, pero con un nivel más bajo de lactosa que otros productos lácteos (MLICHOVÁ y ROSENBERG 2006). En los últimos años, un creciente interés en el desarrollo de productos libres o reducidos en lactosa ha emergido en las industrias lácteas, debido al conocimiento adquirido en relación al problema de intolerancia a la lactosa (DEKKER y DAAMEN 2011).

En un estudio realizado por VÉNICA, et al. (2013), se determinó el efecto de la hidrólisis de la lactosa durante la elaboración y almacenamiento de yogurt bebible, y se pudo apreciar que el porcentaje de hidrólisis en el yogurt alcanzó un rango del 74 al 93% al finalizar la elaboración, porcentajes que se mantuvieron sin cambios durante el almacenamiento del producto. Así mismo, se demostró que la adición de azúcar no afectó sustancialmente al proceso de hidrólisis y que las características sensoriales del yogurt reducido en lactosa fueron similares al yogurt tradicional.

Mientras tanto, MARTINS, et al. (2012) analizaron el efecto de la adición simultánea de la β -galactosidasa y el cultivo lácteo sobre la conversión de lactosa, el tiempo de procesamiento, la viscosidad y la sinéresis en el yogurt. Para el estudio se establecieron las siguientes condiciones: Concentración inicial de lactosa de 91 g/L, concentración de la enzima de 0,5 g/L y la adición de la enzima al comienzo de la fermentación. De esa manera, los resultados obtenidos demostraron una disminución en el tiempo de procesamiento (de 4.55 a 3.68 horas), un incremento en la conversión de lactosa (de 15,2 al 97,9%) y no se percibieron

cambios desfavorables en las propiedades del yogurt (viscosidad y sinéresis).

Así mismo, se han realizado investigaciones para determinar la cantidad apropiada de β -galactosidasa para obtener un yogurt bajo en lactosa; como por ejemplo, en el estudio realizado por NAGARAJ, et al. (2012) se encontró que los diferentes niveles de enzima utilizados (0,16, 0,32, y 0,52%) fueron apropiados para la hidrolisis de la lactosa (en el 50, 70 y 90% respectivamente), sin verse afectados el color y la apariencia del yogurt por el nivel de hidrolisis.

De esta manera, es evidente que en la actualidad existe un gran interés de proporcionar un producto que sea apto para el consumo para la población intolerante a la lactosa y que al mismo tiempo cumpla con las expectativas sensoriales del consumidor. Por lo tanto, el evaluar el desarrollo que manifieste el cultivo iniciador durante el proceso de fermentación y almacenamiento del yogurt nos proporcionará la evidencia necesaria para poder analizar y esclarecer los cambios composicionales, reológicos y organolépticos que se evidencien en el yogurt reducido en lactosa, permitiéndonos satisfacer las necesidades del consumidor.

NUTRICIÓN Y SALUD

Una adecuada nutrición y el acceso a una dieta equilibrada son esenciales para el crecimiento y desarrollo de los niños, mantenimiento del cuerpo y protección de enfermedades infecciosas en la vida adulta (MUEHLHOFF, BENNETT y McMAHON 2013). En un informe emitido por Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) y Programa Mundial de alimentos (PMA) (2015), se detalla que

las estimaciones más recientes indican que alrededor de 795 millones de personas en todo el mundo, lo que equivale a algo más de una de cada nueve, estaban subalimentadas durante el periodo 2014-2016. Paradójicamente, según WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) (2015) la obesidad se ha duplicado desde 1980; más de 1,9 billones de adultos tuvieron sobrepeso en el 2014, de los cuales 600 millones eran obesos.

La malnutrición, en cualquiera de sus formas, presenta riesgos considerables para la salud humana; la desnutrición contribuye a cerca de un tercio de todas las muertes infantiles, mientras que las crecientes tasas de sobrepeso y obesidad en todo el mundo están asociadas a un aumento en las enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y diabetes (WHO, 2015).

Por este motivo, la nutrición adecuada y una población productivamente sana se reconocen cada vez más no sólo como resultado de, sino también como un importante requisito previo para la reducción de la pobreza y el desarrollo económico y social (MUEHLHOFF, BENNETT y McMAHON 2013).

Valor nutricional de la leche y productos lácteos

La leche ha sido reconocida como un alimento básico para los humanos por miles de años (CHANDAN 2008). En la actualidad, el consumo de productos lácteos es ampliamente recomendado en una dieta saludable, no únicamente por el crecimiento y mantenimiento de los huesos, sino también como una fuente concentrada de macro y micronutrientes (DA SILVA y RUDKOWSKA 2014); jugando un rol muy importante en la nutrición del hombre en los países en desarrollo en donde las dietas de las personas

de escasos recursos con frecuencia carecen de la diversidad y consumo de alimentos de origen animal (MUEHLHOFF, BENNETT y McMAHON 2013).

Organizaciones como el United States Department Of Agriculture (USDA) (2015), The National Dairy Council (NDC) (2015) y The Department Of Health And Human Services (DHHS) (2005), reconocen a la leche y a otros productos lácteos como uno de los cinco principales grupos de alimentos. Este reconocimiento se debe principalmente a que no obstante la leche es un alimento líquido (88% agua), esta contiene un promedio de 12% de sólidos totales y 8,6% de sólidos no grasos, una cantidad comparable al de muchos otros alimentos (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000). En este sentido, alrededor de 100 diferentes componentes han sido identificados en la leche, considerando entre sus principales contribuyentes proteína, calcio, fósforo, magnesio, selenio, vitamina A y varias vitaminas B, especialmente la riboflavina y la cobalamina (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, MUEHLHOFF, BENNETT y McMAHON 2013).

Proteínas

La leche contiene una mezcla heterogénea de compuestos proteicos. Por un lado la caseína, proteína dominante en la leche, puede ser fraccionada en cuatro principales componentes: alfa, beta, gama y kappa caseína. Mientras que en el suero se encuentran principalmente la β -lactoglobulina y α -lactoalbúmina junto a cantidades menores de seroalbúmina, inmunoglobulinas, proteasas peptonas, lactoferrina y transferrina (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, DUPONT, et al. 2011, WALSTRA, WOURTERS y GEURTS 2006).

Conteniendo alrededor del 3,5% de proteínas por peso, es decir alrededor del 38% del total de sólidos no grasos de la leche, contribuye por encima del 21% de la energía de la leche entera (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000). Nutricionalmente, se considera a la proteína de elevada calidad por su variado contenido de aminoácidos esenciales y en proporciones similares de aminoácidos no esenciales (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, MALET, BLAIS y TOMÉ 2011, WALSTRA, WOURTERS y GEURTS 2006). Además, han demostrado tener un amplio rango de funciones beneficiosas incluyendo el incremento de la absorción del calcio y funciones inmunes, reduciendo la presión sanguínea y el riesgo de cáncer, y brindar protección contra las caries dentales (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000).

Carbohidratos

El principal carbohidrato en la leche de mayoría de especies mamíferas es el oligosacárido lactosa; siendo esta su única fuente significativa (FOX 2009, KAILASAPATHY 2008, WALSTRA, WOURTERS y GEURTS 2006, MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, TUURE y KORPELA 2004), debido a que un origen no mamífero es muy raro (FOX y McSWEENEY 1998). Sin embargo, es importante considerar que en la leche también se pueden encontrar trazas de otros azúcares, como por ejemplo: glucosa, fructosa, glucosamina, galactosamina, ácido neuramínico y oligosacáridos (ALAIS 1985, FOX 2011, FOX y McSWEENEY 1998, MILLER, JARVIS y McBEAN 2000), pero no existe la presencia de polisacáridos (WALSTRA, WOURTERS y GEURTS 2006).

La lactosa es el componente más abundante, simple y constante en proporción de la leche (ALAIS 1985). Su concentración varía desde 0 hasta ~10% en las diferentes

especies (FOX 2009, FOX 2011, GOLF y HILL 1993); mientras que una variación en el contenido de lactosa en la leche de una misma especie se puede producir por la alimentación del animal, factores individuales, infecciones de la ubre y especialmente con la etapa de la lactación (FOX y McSWEENEY 1998).

A pesar de no tener una exclusiva importancia nutricional en adultos, esta es la principal fuente de energía durante el primer año de vida del ser humano, proporcionando casi la mitad del total de energía requerida por los infantes (TUURE y KORPELA 2004); autores como FOX y McSWEENEY (1998) establecen que la secreción de un disacárido en lugar de un monosacárido en la leche es ventajoso, ya que los dos pueden proveer mucha más energía por darle presión osmótica. Sin embargo, la lactosa no es simplemente un glúcido energético para los mamíferos (ALAIS 1985); el ser la única fuente de galactosa la convierte en un nutriente indispensable para la formación de constituyentes esenciales de las membranas celulares de los tejidos nerviosos, como lo son los cerebrósidos (FOX y McSWEENEY 1998, FOX, UNIACKELOWE, et al. 2015, WALSTRA, WOURTERS y GEURTS 2006).

Grasas

Los lípidos se encuentra presente en glóbulos microscópicos mediante una emulsión aceite en agua (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000), siendo principalmente triglicéridos o ésteres de ácidos grasos con glicerol (97-98%), pero también se encuentran presentes diacilgliceroles, monoacilgliceroles, ácidos grasos libres, fosfolípidos, esteroides, carotenoides, vitaminas liposolubles y ciertos compuestos aromáticos (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, TAYLOR y MACGIBBON 2011, HUPPERTZ, KELLY y FOX 2009).

La leche de vaca contiene alrededor del ~4,5% de grasa en promedio, pero se encuentra en un rango del 3,0 al 6,0%, dependiendo entre otros aspectos la raza, la dieta, la etapa de la lactancia y por último la salud del animal. Además, es importante considerar que existe una amplia variación en el contenido de lípidos entre las diferentes especies mamíferas, llegando alcanzar hasta el 50% (HUPPERTZ, KELLY y FOX 2009). Los lípidos contribuyen a las características de apariencia, textura, sabor, y estabilidad de los productos lácteos, y para el consumidor son una fuente de energía, ácidos grasos esenciales, vitaminas grasas solubles y otros componentes promovedores de la salud (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, O'BRIEN y O'CONNOR 2011, PARODI 2006). Ya que el ser elevadamente emulsificada, poseer cortas cadenas carbonatadas, la baja insaturación y tener un bajo punto de fusión, permiten a la grasa láctea ser eficientemente utilizada, particularmente por los jóvenes y adultos mayores (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000).

Vitaminas

Todas las vitaminas conocidas por ser esenciales para el hombre han sido detectadas en la leche (WALSTRA, WOURTERS y GEURTS 2006, MILLER, JARVIS y McBEAN 2000).

Las vitaminas A, D y E se encuentran asociadas al contenido de grasa de la leche (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000). La vitamina A juega un rol importante en la visión, diferenciación celular, crecimiento, reproducción e inmunocompetencia (SAUVANT, et al. 2011, MILLER, JARVIS y McBEAN 2000). La absorción del calcio y fósforo es realizada gracias a la vitamina D, siendo esencial para el mantenimiento de la salud de los huesos a lo largo de la vida; un inadecuado consumo de esta vitamina provoca una incorrecta

mineralización del hueso y permite el riesgo de fracturas en niños y osteomalacia en adultos (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, STAVAREN y GROOT 2011). La vitamina E actúa como antioxidante, protegiendo las membranas celulares y lipoproteínas del daño oxidativo por los radicales libres (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, MORRISSEY y HILL 2011). Además de las vitaminas liposolubles, la leche también contiene vitaminas solubles en agua en varias cantidades requeridas por el hombre (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000). En relación a la tiamina (B₁), esta se presenta en considerables cantidades, actuando como coenzima para varias reacciones en el metabolismo de los carbohidratos, son encontradas en la leche (NOHR, BIESALSKI y BACK 2011). De igual manera, la leche también es una buena fuente de riboflavina (B₂), la misma que funciona como un precursor de ciertas coenzimas importantes en la oxidación de glucosa, ácidos grasos, aminoácidos y purinas (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, NOHR, BIESALSKI y BACK 2011). Por último, la niacina (ácido nicotínico y nicotinamida) funciona como parte de una coenzima en procesos como la síntesis de la grasa, respiración tisular, y utilización de carbohidratos. Dichos procesos presentan características beneficiosas, promoviendo así la salud de la piel, nervios y trato digestivo (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, NOHR, BIESALSKI y BACK 2011).

Minerales

La leche y otros productos lácteos son importantes fuentes de la mayoría de minerales, particularmente calcio, fósforo, magnesio, potasio y trazas de elementos como el zinc. El contenido de estos minerales en la leche está influenciado por muchos factores incluyendo la etapa de lactación,

factores genéticos y ambientales; por esta razón, puede haber una amplia variación en el contenido de minerales específicos (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, CASHMAN 2011). Alrededor del 99% del calcio del cuerpo se encuentra presente en los huesos y dientes, el 1% restante se haya en los fluidos extracelulares, estructuras intracelulares y en las membranas celulares, siendo responsable de varias funciones reguladoras como el mantenimiento de los latidos del corazón, la coagulación sanguínea, secreción de hormonas, conducciones nerviosas, contracciones musculares y activación de enzimas (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000). Por otra parte, el fosforo juega un rol importante en el metabolismo y es un componente esencial de los lípidos, proteínas y carbohidratos, mientras que el magnesio activa varias de las enzimas del cuerpo que son participantes en la síntesis de proteínas, así como también participa en el metabolismo de los carbohidratos y grasas (CASHMAN 2011, MILLER, JARVIS y McBEAN 2000).

Tendencia de consumo de productos lácteos

De manera sostenida, una creciente variedad de productos lácteos está disponible para satisfacer el gusto, nutrición, salud y demandas de los consumidores (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000). El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos (HHS) (2010), recomiendan que se deben consumir 2-3 tazas de productos lácteos diariamente, dependiendo de sus edades, género y nivel de actividad física.

El consumo de productos lácteos a nivel mundial se ha incrementado rápidamente en las recientes décadas en varias partes de los países en desarrollo, conducido por un

crecimiento económico y atrayendo mejores niveles de vida (BROCKMAN y BEEREN 2011). La mayor parte de los productos se han consumido en forma de fresca, tomando cerca del 70% de leche producida. (OECD, 2014).

En Europa, países como Alemania, Francia, Italia y Holanda, ofrecen a sus consumidores una amplia gama de productos, los mismos que son vistos favorablemente por la mayoría de ellos como una llave esencial en sus dietas, caracterizándose por los altos niveles de consumo de quesos y mantequilla. Francia por ejemplo, produce alrededor de 1000 tipos diferentes de quesos, y la mayoría de ellos son quesos elaborados en casa. Con un rango per cápita de consumo de 23,7 Kg yr^{-1} , Francia es el segundo consumidor de lácteos más grande del mundo (BROCKMAN y BEEREN 2011).

En Estados Unidos las personas consumen menos productos lácteos en su dieta a comparación con los consumidores europeos, mientras que la industria láctea de Asia, Latinoamérica, y el sur este de África, quienes están atravesando por un rápido crecimiento industrial, aún poseen un reducido consumo de lácteos (BROCKMAN y BEEREN 2011).

Según HEANEY (2013) existen varios factores que contribuyen al bajo

consumo de productos lácteos, incluyendo la extensiva promoción de bebidas carbonatadas (de las cuales el consumo per cápita se ha triplicado), la falta de costumbre de las familias en tener comidas en común, el activismo por los derechos de los animales que ha satanizado el uso de los animales de origen animal, la ignorancia de los profesionales de la salud sobre la importancia de los productos lácteos para asegurar la adecuación de la dieta, y la percepción de

la intolerancia a los lácteos por varios miembros del público en general.

INTOLERANCIA A LA LACTOSA

Normalmente, una vez que la lactosa llega al intestino delgado, es hidrolizada por la enzima β -galactosidasa (también llamada lactasa) la cual es secretada por células en el borde del cepillo del intestino (DEKKER y DAAMEN 2011, FOX 2009, KAILASAPATHY 2008, WALSTRA, WOURTERS y GEURTS 2006); logrando dividir a la lactosa en sus dos constituyentes monosacáridos: glucosa y galactosa (BLANCO 2006)

Por lo general, todos los mamíferos nacen con elevados niveles de β -galactosidasa, permitiéndoles digerir la lactosa (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000). En ciertos casos, las personas durante su vida adulta conservan este elevado nivel de producción de lactasa, a estos se los conoce como lactasa persistentes y se encuentran en capacidad de consumir grandes cantidades de leche sin ninguna dificultad (INGRAM y SWALLOW 2009, KAILASAPATHY 2008, CHANDAN y KILARA 2008, SWALLOW 2011).

Sin embargo, en la mayoría de los casos los adultos presentan una reducción de la actividad enzimática después del destete y más aún cuando la leche no ha formado parte de la dieta por mucho tiempo (INGRAM y SWALLOW 2009, SWALLOW 2011). Esta limitada digestión de la lactosa puede ocasionar síntomas desagradables de variada severidad (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000), conocidos generalmente como intolerancia a la lactosa, deficiencia de lactasa, malabsorción de la lactosa o intolerancia a la leche (CHANDAN y SHAHANI 1993).

Tipos de intolerancia a la lactosa

Según MILLER, et al. (2000), la ausencia o disminución de lactasa puede describirse por ser congénita, primaria o secundaria.

- Deficiencia de lactasa congénita (Alactasia): Es una condición extremadamente rara en la cual niveles detectables de lactasa son ausentes desde el nacimiento; sin embargo, la histología del cepillo intestinal es normal, así como lo son los niveles de otros disacáridos (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000). Un infante con deficiencia congénita de lactasa puede tener diarreas severas después de unos pocos días de nacido lo cual puede ser fatal (CHANDAN y KILARA 2008, CHANDAN y SHAHANI 1993, INGRAM y SWALLOW 2009, MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, KAILASAPATHY 2008)
- Deficiencia primaria (Hipolactasia): Se refiere al normal crecimiento de las personas relacionado con descenso de la capacidad de digerir la lactosa (INGRAM y SWALLOW 2009, KAILASAPATHY 2008, CHANDAN y KILARA 2008, SWALLOW 2011, CHANDAN y SHAHANI 1993).

En una gran parte de la población adulta, la actividad intestinal de la lactasa es baja, lo cual es considerado como normal (KAILASAPATHY 2008). Por lo que autores como CHANDAN y SHAHANI (1993) determinan que sería recomendable que esta deficiencia sea llamada sea llamada "no persistencia de la lactasa" y que la persistencia sea usada para describir a los individuos quienes tienen abundante lactasa intestinal debido a un rasgo autosómico dominante.

YILDIZ (2010) menciona que el grado de intolerancia también depende del balance entre el nivel de actividad de lactasa, la cantidad de lactosa consumida, la adaptación de la flora intestinal y la irritabilidad del colon. Mientras que MILLER, JARVIS y McBEAN (2000) sugiere que las personas que tienen un vaciado del tracto intestinal más rápido de lo normal junto con una baja actividad de lactasa son más susceptibles a la aparición de síntomas después de la ingestión de lactosa,

debido a que de todos los azúcares dietéticos, la lactosa es hidrolizada más lentamente, y esa relativa lentitud con que la lactosa es hidrolizada, acompañada con una disminución en la reserva de la enzima, ayuda a explicar por qué muchas personas son vulnerables a la mala digestión de la lactosa.

- Deficiencia secundaria (Adquirida): Es una condición temporal a cualquier edad, causada por factores ambientales que perjudican a la mucosa intestinal donde la lactasa es producida; la misma que es remediable cuando se corrige el factor causante (INGRAM y SWALLOW 2009, MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, YILDIZ 2010). Las causas más importantes de la deficiencia de lactasa secundaria son las enfermedades infecciosas diarreicas, los parásitos como Giardia y Ascaris, inflamación del intestino como en la enfermedad de Crohn's, enfermedad celiaca, alergia a proteínas de la leche, cirugías gastrointestinales, tratamientos de radiación y ciertos medicamentos como aspirina, antiinflamatorios y antibióticos (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, YILDIZ 2010).

Síntomas

Los típicos síntomas de la intolerancia a la lactosa incluyen dolor abdominal, hinchazón, flatulencias, diarrea, incomodidad y en algunas ocasiones náuseas y vómito (CHANDAN y KILARA 2008, HOLSINGER 1988, FOX 2009, DEKKER y DAAMEN 2011, INGRAM y SWALLOW 2009, FOX y McSWEENEY 1998, SWALLOW 2011, MILLER, JARVIS y McBEAN 2000).

El dolor abdominal y la hinchazón son típicamente causados por la fermentación colónica de la lactosa de la microflora bacteriana ocasionando la producción de ácidos grasos de cadena corta, hidrógeno, metano y dióxido de carbono,

quienes incrementan el tiempo tránsito intestinal y la presión intracolónica. La acidificación del contenido colónico y un incremento de la presión osmótica permiten una mayor secreción de electrolitos y fluido y un rápido tiempo de tránsito intestinal provocando diarrea (LOMER, PARKES y SANDERSON 2008, MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, SWALLOW 2011).

Estrategias de gestión alimenticia para intolerantes a la lactosa

En la actualidad varias estrategias se encuentran disponibles para el tratamiento de la mala digestión de la lactosa primaria sin poner en riesgos el estado nutricional o la salud del consumidor (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000).

Autores como MILLER, JARVIS y McBEAN (2000) consideran que la eliminación total de los productos lácteos es innecesaria y no recomendada debido a que estos alimentos contribuyen con una cantidad y calidad de proteínas a la dieta, además de aportar con 73% de calcio, 33% de fósforo, 31% de riboflavina, 21% de vitamina B₁₂, 19% de potasio y zinc, y 16% de magnesio. LOMER, PARKES y SANDERSON (2008) mientras tanto, mencionan que una vez que ha sido diagnosticada la intolerancia, la lactosa puede ser excluida de la dieta hasta que los síntomas mejoren, usualmente al menos por 4 semanas; pero una vez que el cuadro clínico mejore es necesario reintroducirla nueva y lentamente para asegurar que la dieta restrictiva no sea innecesaria.

Cantidad de lactosa

Muchos de los datos de tolerancia de los productos lácteos que han sido presentados por diversos autores son muy contradictorios (MAŁDRY, et al. 2011). De acuerdo a SUCHY y

BRANNON (2010), 50 g de lactosa, que es equivalente al contenido de lactosa hallado en 250 mL de leche, usualmente inducen síntomas en adultos con malabsorción de lactosa cuando es administrada sin alguna comida acompañante, mientras que 12 g de lactosa, equivalente al contenido de lactosa en una taza de leche, si puede ser tolerada sin ningún síntoma. Así mismo, la conclusión de SHAUKAT, et al. (2010) es que incluso una dosis de 15g puede ser tolerada.

Estas informaciones son inconsistentes con los resultados de HERTZLER, HUYNH y SAVAIANO (1996) basado en la ingestión de varias dosis de lactosa disuelta en agua. Él indicaba que como mucho 6 g de lactosa pueden ser tolerados por los malos digestores de lactosa. Y por otra parte, el estudio realizado por HERTZLER y SAVAIANO (1996) ofrece el apreciamiento más optimista de la dosis diaria de lactosa que es resistida por los intolerantes, determinando que los sujetos analizados presentaron síntomas insignificantes a partir del consumo de 42 g/día de lactosa, pero que al finalizar el estudio (10 días) fueron capaces de tolerar 70 g/día.

Tipos de productos lácteos

Las personas con una limitada digestión de la lactosa toleran algunos tipos de alimentos lácteos mejor que otros (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000).

Algunos estudios han demostrado que la leche entera es mejor tolerada que las leches descremadas. Posiblemente, el contenido de grasa de la leche puede influir en su tolerancia, presumiblemente por su efecto en retardar el vaciado gástrico (DEHKORDI, et al. 1995, LEICHTER 1973). En un estudio realizado por DEHKORDI, et al. (1995), se examinó la digestión

de varias leches, hallando que la producción de hidrogeno en los intolerantes fue menor con 18 g de lactosa en leche entera que en leche descremada, pero las diferencias no fueron significativas ni tampoco se aliviaba por completo la malabsorción de la lactosa. Únicamente el consumo de leche entera (18 g de lactosa) con cornflakes mejoró significativamente la digestión de la lactosa cuando fue comparada con leche entera, descremada, chocolatada o incluso con leche que contenía *L. acidophilus* y *Bifidobacterium*.

Por otra parte, según CHONG y HARDY (1989) la leche chocolatada aparenta ser mejor tolerada que la leche desaborizada. La adición de cocoa a 250 mL de leche redujo significativamente la producción de hidrogeno responsable de los síntomas de hinchazón y cólicos en 37 personas intolerantes a la lactosa. Si bien el mecanismo del efecto de la coca en la tolerancia de la lactosa no es del todo claro, los autores propusieron tres posibles mecanismos. 1. La cocoa puede estimular la actividad de la lactasa; 2. La cocoa puede reducir el número de bacterias formadoras de gas en el colon; o 3. La cocoa puede provocar un lento vaciado gástrico.

Según varios autores, algunos otros productos lácteos como los quesos duros, quesos Cottage, helados y las bebidas fermentadas contienen una menor cantidad de lactosa por ración a comparación de la leche, y por lo tanto causan menos síntomas (MILLER, JARVIS y McBEAN 2000, SHAKEEL 2009). Sin embargo, en el caso de las leches fermentadas, en especial del yogurt, MILLER, JARVIS y McBEAN (2000) mencionan que otro factor significativo de su mejor tolerancia es la autodigestión dentro del intestino por la β -galactosidasa producida por los microorganismos; la misma

que se logra efectuar gracias a tres factores relacionados que aparentan ser importantes para su actividad enzimática:

- 1) La amortiguación de la acidez del estómago por el yogurt;
- 2) Protección por las células microbiana de la degradación del ácido del estómago o enzimas; y
- 3) Acción de enzimas digestivas y ácidos biliares en la célula microbiana que incentivan la actividad de la β -galactosidasa.

De esta manera, en el caso del yogurt según lo establecido por SHAH (2006), una vez ingerido el producto los organismos son destruidos en presencia de las sales biliares y la lactasa liberada ocasiona la hidrólisis de la lactosa ingerida, por lo tanto la cantidad de lactosa que llega el colon es muy pequeña para ocasionar su malabsorción. Además, gracias al efecto amortiguador del yogurt los organismos llegan al duodeno y la actividad de la β -galactosidasa no es inactivada, ya que la β -galactosidasa es destruida in vitro a un pH por debajo de 3,0, pero la capacidad amortiguadora del yogurt es capaz de mantener el pH por encima de 3,0.

Y finalmente, la presencia de un vaciado gástrico lento debido a los productos fermentados semisólidos como el yogurt. Como resultado, las leches fermentadas que contienen cultivos vivos y β -galactosidasa es mejor tolerado que las leches no fermentadas; incluso en el yogurt pasteurizado, en donde el cultivo iniciador y la actividad enzimática ha sido destruida por el tratamiento térmico, es también mejor tolerado debido al vaciado gástrico más lento. (SHAH 2006)

Sin embargo según SAXELIN, KORPELA y MÄYRÄ-MÄKINEN (2003) un medio mucho más sofisticado y eficiente para reducir los síntomas causados por la lactosa es hidrolizarla por vía enzimática.

Productos lácteos reducidos o libres de lactosa

La industria láctea se vio en la necesidad de desarrollar productos lácteos reducidos o libres de lactosa, para de esta manera poder conservar a consumidores quienes de lo contrario habrían abolido la leche (SHAKEEL 2009). Varios métodos pueden emplearse para reducir o incluso eliminar en su totalidad la lactosa presente en los productos lácteos: 1) Tratamiento enzimático, 2) Técnicas de membranas, y 3) Métodos cromatográficos (SHAKEEL 2009, VÉNICA, WOLF, et al. 2011).

El primero en surgir a partir de 1970 (SHAKEEL 2009) y uno de los procesos biotecnológicos más difundidos en la actualidad, es la hidrólisis enzimática de la lactosa con la enzima β -galactosidasa (VÉNICA, WOLF, et al. 2011), la cual puede ser obtenida de diversas fuentes microbianas incluyendo *E. coli*, *Aspergillus niger*, *A. oryzae* y *Kluyveromyces lactis* (KELLY y McSWEENEY 2006).

Las reacciones de hidrólisis de la lactosa rara vez logran completar la conversión total de lactosa en sus dos monosacáridos, debido a dos razones fundamentales. Primeramente, la galactosa producida en la reacción puede inhibir la enzima en un mecanismo de inhibición por retroalimentación. En segundo lugar, pueden ocurrir reacciones secundarias (como las reacciones transferasa) que provoquen la producción de isómeros de la lactosa y oligosacáridos (KELLY y McSWEENEY 2006). Sin embargo, el poseer un contenido final de lactosa por lo general menor que el 20% de los valores normales de la leche (es decir menor al 1%) (TUURE y KORPELA 2004), logró volverla nuevamente apetecible por un gran número de adultos y niños quienes eran intolerantes a la lactosa (SHAKEEL 2009).

Posteriormente, se fueron desarrollando otras tecnologías que incluyen la separación de la lactosa por técnicas de separación de membranas, tanto la microfiltración y ultrafiltración, para modificar la proporción de lactosa en la leche y productos lácteos (SHAKEEL 2009); basándose en el tamaño molecular y las interacciones químicas entre los componentes del fluido y el material de membrana (VÉNICA, WOLF, et al. 2011).

Finalmente, el último método desarrollado es el cromatográfico (SHAKEEL 2009), el cual fue perfeccionado y patentado por una empresa finlandesa, basándose en la absorción/desorción selectiva de los componentes presentes en la leche en una resina de gran capacidad absorbente, lo que permite la eliminación completa de la lactosa (menor al 0,01%) (VÉNICA, WOLF, et al. 2011).

Independiente al tipo método utilizado para provocar la reducción de la lactosa, entre los productos lácteos más difundidos se encuentran las leches pasteurizadas o UHT, aunque también se pueden conseguir leche en polvo y, en algunos países cremas, helados y leches fermentadas. Las líneas de productos más populares en los mercados de Europa y Estados Unidos incluyen Lactaid, Dairy Ease. Mootopia, HYLA de Valio Ltd (Finlandia), Emmi, Kaiku (España) y Lacto-free (Arla) (VÉNICA, WOLF, et al. 2011).

Los primeros productos se lanzaron al mercado hace aproximadamente 30 años, a partir de lo cual las ventas se han ido incrementando (VÉNICA, WOLF, et al. 2011). Actualmente en Estados Unidos, un gran número de productos lácteos tratados con lactasa se encuentran disponibles, por ejemplo: yogurt, helado, quesos frescos, milkshakes, leche condensada, leche en polvo, leche sustituta de gato y muchas otras aplicaciones. El rango de

crecimiento en supermercados de Estados Unidos de estos productos libres de lactosa en el periodo 2003-2008 fue del 11% comparado con el 6% de los productos lácteos tradicionales (DEKKER y DAAMEN 2011).

YOGURT

Según lo establece la norma INEN N° 2395 (2011), el yogurt es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias benéficas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida útil del producto.

Tanto histórica como comercialmente, el yogurt es el producto fermentado más popular (ROBINSON 2011, FOX, UNIACKE-LOWE, et al. 2015). Según varios autores (ROBINSON 2011, VÉNICA, WOLF, et al. 2011, SHAH y VASILJEVIC 2008, CHANDAN y SHAHANI 1993) su notoriedad y evolución ha sido dictada por las fuerzas del mercado y las demandas del consumidor, ocasionando que diferentes tipos, estilos o categorías de yogurt hayan entrado en el mercado en respuesta a la preferencia del consumidor, cambios en estilos de vida, y ajustes en las dietas.

Hoy en día existen varios tipos de yogurts producidos en el mundo, los mismos que pueden ser subdivididos en diferentes grupos basándose en los siguientes aspectos (BLAGIO 2014, FOX, UNIACKE-LOWE, et al. 2015, TAMIME y ROBINSON 2000, TAMIME y MARSHALL 1997):

- Contenido de grasa: entero, semi-descremado o descremado
- Naturaleza física del producto: Aflanado, batido, bebible
- Sabores: Natural, con frutas, saborizado

- Proceso post-fermentación: adición de vitaminas, tratamiento térmico, congelamiento, secado, concentración, etc.

Sin embargo, a pesar de la actual popularidad del yogurt, el proceso de elaboración del yogurt constituye un arte antiguo, el cual se remonta a miles de años atrás (POPHALY, et al. 2015, ROBINSON, LUCEY y TAMIME 2006, ROBINSON 2011, YILDIZ 2010), posiblemente antes de la domesticación de la vaca, oveja o cabra. No obstante, es seguro asumir que antes del siglo XIX los diferentes procesos involucrados en la producción del yogurt eran poco estudiados. La supervivencia del proceso a través de los años puede ser atribuido al hecho de que la escala de producción era relativamente corta, y por lo era transmitida de manera generacional. Sin embargo, en las últimas décadas el proceso se ha vuelto más racional, principalmente el desarrollo de varias disciplinas como la microbiología, enzimología, física, química y bioquímica. De esta manera, se ha logrado hasta el día de hoy que el proceso de elaboración de yogurt sea una combinación del arte y la ciencia (TAMIME y ROBINSON 2000).

Según varios autores, tales como ROBINSON, LUCEY y TAMIME (2006) y TAMIME y ROBINSON (2000), los métodos de producción del yogurt no han sufrido alteraciones considerables a través de los años y aunque ha habido algunas mejoras, especialmente en relación a las bacterias ácido lácticas que producen la fermentación, los pasos esenciales en el proceso siguen siendo los mismos: Primero, la estandarización del nivel de sólidos totales en la leche a alrededor de 14-16 g 100g⁻¹. Segundo, el calentamiento, proceso que puede ser llevado a cabo por algún método que permita mantener la temperatura de la misma por 5-30

minutos. Adicionalmente, el tiempo preciso está relacionado con la temperatura elegida. Tercero, inocular la leche con el cultivo bacteriano, el mismo que está compuesto por *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, siendo estos los organismos dominantes. Cuarto, incubar la leche inoculada bajo condiciones que promuevan la formación de un coágulo viscoso y los aromas y sabores deseados. Quinto, el enfriamiento; pero si se desea se puede continuar con el procesamiento a través de procesamientos como la adición de fruta y otro ingrediente, la pasteurización o la concentración. Por último, el proceso de envasado, el mismo que se ejecuta para la posterior distribución a los consumidores en condiciones refrigeradas.

Aspectos generales del proceso de fermentación

La fermentación es uno de los métodos más antiguos para la preservación y preparación de los alimentos; otorgándoles una variedad de sabores, olores, texturas, atributos sensoriales, valores nutricionales y terapéuticos (MEHTA, IWANSKI y KAMAL-ELDIN 2012). Los yogurts son productos lácteos fermentados obtenidos mediante la fermentación láctica, la misma que es producida por la acción de dos especies de bacterias ácido lácticas que son, *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus*. Dicha fermentación ocasiona la acidificación y coagulación de la leche, sin la necesidad de añadir cuajo. Adicionalmente permite incrementar el tiempo de vida del producto gracias al descenso del pH (CORRIEU y BÉAL 2015). El proceso inicia una vez finalizado el tratamiento térmico. La leche debe ser enfriada a 42-43°C para la adición del cultivo iniciado, el cual consisten en una mezcla 50:50 de *Lb.*

delbrueckii subsp bulgaricus y *S. thermophilus* (YILDIZ 2010, TAMIME y ROBINSON 2000).

A pesar que 42°C es la temperatura de fermentación típica del yogurt, usar temperaturas de fermentación ligeramente más bajas (40°C) provocará que el tiempo de fermentación sea un poco más largo. No obstante, se formará un gel más viscoso y firme, que será menos susceptible a la formación de sinéresis y defectos de grumos por la agitación. Por otro lado, un aspecto negativo del uso de las bajas temperaturas de incubación es la decreciente producción de componentes aromáticos por parte del cultivo (ROBINSON, LUCEY y TAMIME 2006, YILDIZ 2010).

Determinar la finalización de la incubación es de importancia crítica para las características de textura en el producto final; dado que la retención del agua y la capacidad de hidratación del yogurt son óptimas a pH 4,2-4,6, se estima que la etapa de fermentación usualmente debe terminar a pH 4,5 – 4,6 (ÖZER 2010).

Cultivo iniciador

Los cultivos iniciadores constituyen el pilar fundamental de la elaboración de los productos lácteos fermentados, debido que se trata de microorganismos seleccionados añadidos deliberadamente a la leche para lograr obtener los cambios deseados para la producción de un producto específico con atributos deseables (CHANDAN 2006).

En todos los tipos de yogurt se usan una mezcla definida de dos bacterias ácido lácticas: *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* (TAMIME y ROBINSON 2000, YILDIZ 2010) Sin embargo también pueden tener microorganismos opcionales incluyendo *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* y otros tipos de *Lactobacillus*

reconocidos por ser probióticos (ROBINSON 2011, ROBINSON, LUCEY y TAMIME 2006, TAMIME y ROBINSON 2000).

Al caracterizar a *Streptococcus thermophilus* este pertenece al grupo de las bacterias ácido lácticas termófilas. A pesar de presentar características fenotípicas y genotípicas similares a las de otras bacterias ácido lácticas, *S. thermophilus* no se ajusta a ninguna agrupación sistemática. En un inicio se caracterizó como *Streptococcus lactico* en 1990 y hace unos años atrás fue descrito como una subespecie del *Streptococcus salivarius*. Pero recientemente, en base a los estudios de homología del ADN-ADN, ha sido re-clasificado como una especie distinta (ÖZER 2014).

Es una bacteria Gram-positiva, de forma esférica de 0,7-0,9 μm de diámetro, y se encuentra en pares o cadenas. Tiene una temperatura óptima de crecimiento de 40-45°C, una mínima de 20-25°C y una máxima de 47-50°C (CHANDAN y O'RELL 2006, HARNETT, et al. 2011, GÜRAKAN y ALTAY 2010, ROBINSON, TAMIME y WSZOLEK 2002, TAMIME y ROBINSON 2000, ÖZER 2014). Es homofermentativa y fermenta un limitado tipo de azúcares incluyendo la lactosa, fructosa, manosa, sacarosa y glucosa, pero no fermenta la galactosa durante el metabolismo de la lactosa (HARNETT, et al. 2011, GÜRAKAN y ALTAY 2010). Además, es anaerobia facultativa, citocromo, oxidasa y catalasa negativa, no móvil y no formadora de esporas (ÖZER 2014)

Lactobacillus fue inicialmente llamado *Thermobacterium bulgaricum* en 1919; pero recientemente, esta bacteria es clasificada como una sub-especie de *Lactobacillus delbrueckii* (ÖZER 2014). Como la mayoría del género *Lactobacillus* son células Gram-positivas, de forma bacilar y de extremos redondeados, de 0,5-0,8 x 2-9 μm , no formador de esporas, no posee motilidad, catalasa negativo y

anaerobio/aéreo tolerante (GÜRAKAN y ALTAY 2010, RIZZELLO y ANGELIS 2011, CHANDAN y O'RELL 2006, ROBINSON, TAMIME y WSZOLEK 2002, ÖZER 2014).

El *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* es obligadamente homofermentativo (CHANDAN y O'RELL 2006, RIZZELLO y ANGELIS 2011) y capaz de fermentar carbohidratos incluyendo la lactosa, glucosa y fructosa y rara vez la galactosa y manosa (ÖZER 2014), posee una elevada temperatura de crecimiento entre los 40 y 45°C, y aún es capaz de desarrollarse a 50-55°C (RIZZELLO y ANGELIS 2011, CHANDAN y O'RELL 2006); sin embargo, disminuye su crecimiento a temperaturas menores a 10°C (ÖZER 2014)

S. thermophilus y *Lb. delbrueckii subsp bulgaricus* exhiben en la leche una interacción que es mutua pero no obligatoriamente favorable; debido al factor de que ambas bacterias producen una o más sustancias que estimulan el crecimiento de la otra; esta relación es llamada simbiosis (ÖZER 2014).

Microbiología de la fermentación

Para desarrollar un satisfactorio sabor y aroma, aproximadamente igual número de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* deben encontrarse presentes (ÖZER 2010); en general en un radio de 1:1 (GÜRAKAN y ALTAY 2010).

La fermentación inicia con la transportación de la lactosa a través de la membrana celular de las bacterias del cultivo, con la ayuda de la enzima galactopermeasa localizada en sus membranas (CHANDAN y O'RELL 2006). Una vez dentro de la célula, la lactosa es hidrolizada a glucosa y galactosa, ya que ambas bacterias del yogurt tienen un sistema β -galactosidasa (GÜRAKAN y ALTAY 2010).

Posteriormente, la glucosa es convertida en piruvato por medio de la vía Embden-Meyerhof, el mismo que es metabolizado a ácido láctico por la enzima deshidrogenasa láctica (CHANDAN y O'RELL 2006, GÜRAKAN y ALTAY 2010). Por otra parte, la galactosa es parcialmente metabolizada por *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus*, debido a que la mayoría de las cepas del *Streptococcus thermophilus* no poseen las enzimas necesarias para metabolizar la galactosa (GÜRAKAN y ALTAY 2010). De esta manera, por lo general la galactosa y el ácido láctico salen de la célula y son acumulados en el medio del yogurt (GÜRAKAN y ALTAY 2010, CHANDAN y O'RELL 2006, TAMIME y ROBINSON 2000).

El descenso inicial del pH será producido por el rápido desarrollo del *Streptococcus thermophilus*; sin embargo, después de las dos primeras horas, la influencia sinérgica del *Streptococcus* estimulará el rápido crecimiento y metabolismo del *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus*, por lo que, después de aproximadamente cuatro horas, las poblaciones de estos organismos excederán $2,0 \times 10^7$ ufc/mL (ROBINSON, LUCEY y TAMIME 2006).

Esta interacción depende del hecho que el *S. thermophilus* crece más rápidamente que el *Lb. delbrueckii subsp bulgaricus*, y por vía homofermentativa fermenta la lactosa produciendo ácido láctico como producto principal. Además, produce ácido fórmico, remueve el oxígeno y al degradar la urea produce CO₂ lo cual estimula el crecimiento del *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* (ROBINSON, LUCEY y TAMIME 2006, ÖZER 2010, CHANDAN y O'RELL 2006, GÜRAKAN y ALTAY 2010, SHAH y VASILJEVIC 2008, CHANDAN y SHAHANI 1993).

Adicionalmente, a pesar de que varios aminoácidos libres se encuentran naturalmente en la leche o son liberados durante

el tratamiento térmico, otros como el ácido glutámico, histidina, cisteína, metionina, valina o leucina no se encuentran en suficientes niveles para sobrellevar el extenso crecimiento del cultivo (ROBINSON, LUCEY y TAMIME 2006). Esta situación es superada por la actividad proteolítica del *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* (GÜRAKAN y ALTAY 2010, SHAH y VASILJEVIC 2008, TAMIME y ROBINSON 2000), dándole la capacidad de hidrolizar la caseína, especialmente la β -caseína, a través de proteinasas de la pared celular, liberando polipéptidos y aminoácidos (especialmente valina) (ROBINSON, LUCEY y TAMIME 2006, ÖZER 2010, GÜRAKAN y ALTAY 2010).

Los péptidos y aminoácidos formados por el *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* son utilizados por el *Streptococcus thermophilus* para su crecimiento (ÖZER 2010). Esto debido a que a pesar que su actividad proteolítica es mucho más débil que la del *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* (ÖZER 2010), este posee una relativa actividad aminopeptidasa y dipeptidasa. Permitiéndole hidrolizar péptidos y liberar aminoácidos que son esenciales para el desarrollo de ambas especies (ROBINSON, LUCEY y TAMIME 2006, CHANDAN y O'RELL 2006, GÜRAKAN y ALTAY 2010, TAMIME y ROBINSON 2000, CHANDAN y SHAHANI 1993).

De esta manera, a pesar que en la primera parte de incubación, el *Streptococcus thermophilus* crece más rápido que el *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* por 3-4 a 1, en las etapas posteriores, (a un pH de 5,0) el desarrollo del *Streptococcus* disminuye debido al efecto adverso del desarrollo de ácido. Posteriormente, el número de *Lactobacillus* gradualmente alcanza a la población de *Streptococcus* (CHANDAN y O'RELL 2006, TAMIME y ROBINSON 2000).

Por último, es importante considerar que la viabilidad del cultivo es un gran atributo para la aceptación de los consumidores; motivo por el cual, si se proporcionan las condiciones de fermentación apropiadas, el yogurt debe contener un nivel de por lo menos $1,0 \times 10^8$ ufc/g (CHANDAN y O'RELL 2006).

Bioquímica de la fermentación

Es importante recalcar que no importa el tipo de yogurt que se esté realizando, las reacciones bioquímicas responsables de la formación del gel o coágulo son exactamente las mismas (TAMIME y ROBINSON 2000, ROBINSON 2011).

El desarrollo de las bacterias ácido lácticas en la leche induce muchos cambios que son deseables en el yogurt; estos cambios incluyen la síntesis de diferentes metabolitos (ácido láctico, exopolisacáridos, y compuestos aromáticos) y la modificación de la textura y el valor nutricional del producto (CORRIEU y BÉAL 2015, CHANDAN y O'RELL 2006).

Síntesis de metabolitos

El fenómeno más significativo durante el proceso de fermentación consiste en la transformación de lactosa en ácido láctico y galactosa (BLAGIO 2014) ocasionando la reducción de la lactosa de la leche en aproximadamente un 30% y dando origen a una concentración entre el 0,8 y 1,3% de ácido láctico; sin embargo, es importante considerar que un nivel significativo de lactosa (4,2%) permanece inutilizado (CHANDAN y O'RELL 2006, BLAGIO 2014).

La generación de ácido láctico ocasiona el comienzo de la coagulación de la leche a un pH de 5,2-5,3, originándose una desestabilización de la caseína, la cual se completa a un pH de 4,6, y que producirá la textura, cuerpo y sabor ácido del yogurt (CHANDAN y O'RELL 2006, GÜRAKAN y ALTAY 2010).

Además, durante la fermentación de la leche, el sistema proteolítico de las bacterias ácido lácticas degradan únicamente 1 al 2% de las caseínas en péptidos y aminoácidos libres (CORRIEU y BÉAL 2015, GÜRAKAN y ALTAY 2010), lo que refleja una actividad proteolítica moderada (CHANDAN y O'RELL 2006) pero esencial para el crecimiento de las bacterias y en la generación de sabores (CORRIEU y BÉAL 2015, BLAGIO 2014, CHANDAN y O'RELL 2006). En cuanto a las seroproteínas, se ha observado su agregación, contribuyendo a la consistencia del yogurt durante el tiempo de almacenamiento (CHANDAN y O'RELL 2006).

Al analizar la actividad proteolítica de cada una de las bacterias que integran el cultivo iniciador ha determinado que *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* posee en la superficie celular la proteínasa PrtB que es sumamente activa y promueve el rápido crecimiento y acidificación de la leche; en contraste, solo algunas cepas del *Streptococcus thermophilus* posee proteínasa PrtS, ya que la mayoría de las cepas son proteasa negativas (CORRIEU y BÉAL 2015).

A pesar que el cultivo iniciador del yogurt posee una limitada actividad lipolítica, ocasionando la liberación de pequeñas cantidades de ácidos grasos, particularmente esteárico y oleico, los productos de la lipólisis contribuyen al desarrollo de aromas y sabores en el yogurt. Por ejemplo, la lipasa triacilglicerol del *S. thermophilus* hidroliza la tributirina y trioleína, pero esta enzima muestra una actividad muy débil en la grasa de la leche; mientras que *Lb. delbrueckii subsp bulgaricus* tiene una estera intracelular la cual actúa en orto y para-nitrofenol; ambas esterases del cultivo iniciador muestran una óptima actividad a 40-50°C y a un pH de 7 (ÖZER 2014).

En general, el aroma es caracterizado por alrededor de 100 compuestos volátiles que consisten en compuestos carbonilo (principalmente ácidos esteres), alcoholes, y compuestos heterocíclicos y sulfurosos (CHANDAN y O'RELL 2006, GÜRAKAN y ALTAY 2010, TAMIME y ROBINSON 2000, CORRIEU y BÉAL 2015). Entre estos, el acetaldehído es el principal compuesto aromático del yogurt (GÜRAKAN y ALTAY 2010), el cual le confiere un agradable aroma fresco y fructuoso.

Su contenido varía desde 4 a 60 ppm (CHANDAN y O'RELL 2006), con un nivel aceptable de 25 ppm y es directamente sintetizado desde el piruvato con la ayuda del piruvato descarboxilasa o indirectamente desde la acetil coenzima A, a través de la acción de piruvato deshidrogenasa y aldehído deshidrogenasa (CORRIEU y BÉAL 2015). Además, *Streptococcus thermophilus* produce acetolactato que es parcialmente metabolizado a diacetilo y acetoina a través de la acción de acetolactato deshidrogenada que permite la regulación de la biosíntesis de la leucina y valina. Mientras que *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* es también capaz de convertir la treonina en acetaldehído y glicina, a través de la acción de la serina hidroximetil transferasa (CORRIEU y BÉAL 2015)

Otros de los compuestos aromáticos más importantes son el ácido acético y el diacetilo. El ácido acético es conocido como un compuesto flavor producido desde piruvato por *Streptococcus thermophilus* (GÜRAKAN y ALTAY 2010) y su contenido varía de 50 - 200 ppm (CHANDAN y O'RELL 2006). Mientras que el diacetilo proviene de la fermentación del citrato por medio del metabolismo del piruvato y también es considerado un compuesto flavor con un contenido que varía de 0,1 a 0,3 ppm (GÜRAKAN y ALTAY 2010, CHANDAN y O'RELL 2006) Según GÜRAKAN y ALTAY (2010), las

investigaciones ha arrojado resultados controversiales al momento de determinar cuál de las dos bacterias del yogurt produce mayor cantidad de diacetilo.

Propiedades del yogurt

El atractivo general del yogurt para un consumidor potencial puede ser definido en términos simples por su color, olor y sabor; sin embargo, para el procesador, estos criterios son un reflejo de las características químicas, físicas y microbiológicas del producto (ROBINSON y ITSARANUWAT 2006).

Según TAMIME y ROBINSON (2000), los análisis de los productos fermentados son esenciales para el control de calidad, debido a que los problemas en el proceso de elaboración, es casi seguro, que se manifiesten como defectos en el producto terminado; consecuentemente, las exámenes en esta etapa protegen al consumidor de recibir un producto de mala calidad, o en un caso extremo, que constituya un riesgo para su salud, además previenen que el fabricante atraviese la incomodidad y gasto de un retorno masivo del producto, y al mismo tiempo ayudan al buen funcionamiento de una planta mediante la identificación de las variaciones en la calidad del producto en fase temprana y de esta manera poder adoptar las medidas correctivas necesarias que puedan ser tomadas antes de la aparición de graves problemas.

Así mismo, autores como VASILJEVIC y SHAH (2008) y ROBINSON y ITSARANUWAT (2006) determinan que el producto debe ser seguro para su consumo y encontrarse conforme a cualquier norma impuesta por los órganos reguladores, sin olvidar que deberá mantener una elevada calidad sensorial durante todo su tiempo de vida. Por este

motivo, la calidad del producto final debe cumplir con normas aplicables a sus propiedades físicas, químicas, microbiológicas y nutricionales; así como también con la aceptación de los consumidores.

Composición química

En general, se puede afirmar que el yogurt presenta una situación composicional más rica en nutrientes en comparación con la leche original, excluyendo a la lactosa. Esto se debe a que los perfiles cuantitativos y cualitativos de los nutrientes de la mezcla de la leche son parcialmente modificados por el proceso de fermentación, ya que durante el proceso de almacenamiento a 4°C son casi inapreciables estas modificaciones debido a que la actividad enzimática de la microflora es ralentizada o prácticamente inhibida (BLAGIO 2014).

Varios países tienen estándares legales, o al menos regulaciones provisionales que cubren la composición del yogurt (TAMIME y ROBINSON 2000, ROBINSON y ITSARANUWAT 2006), por ejemplo Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF) y Dairy Trade Federation (DTF) en Inglaterra (TAMIME y ROBINSON 2000), y en Ecuador la Norma INEN 2395 (INEN, 2011).

Según ÖZER y KIRMACI (2010), la mayoría de las regulaciones del yogurt incluyen una sección de composición química, donde un mínimo porcentaje de sólidos no grasos (SNG) y/o grasa es estipulado. Sin embargo, autores como ROBINSON e ITSARANUWAT (2006) y TAMIME y ROBINSON (2000), determinan que este requerimiento es más decorativo que esencial, ya que si se obtienen niveles por debajo del mínimo estipulado es permitido el uso de estabilizantes, sobre todo para enmascarar la debilidad de coágulo.

Adicionalmente, los productos por lo general son clasificados de acuerdo a su nivel de grasa, los mismos que son estipulados en estándares legales. Estas designaciones son previstas para el beneficio dietético de los consumidores, pero es importante recalcar que el nivel de grasa puede cambiar dramáticamente la percepción del sabor en el producto (ROBINSON y ITSARANUWAT 2006, TAMIME y ROBINSON 2000); según ÖZER y KIRMACI (2010) se han hecho intentos para compensar la pérdida de calidad sensorial en los productos reducidos en grasa y se ha podido establecer que es necesario un mínimo del 1% de grasa para producir una deseable respuesta en el consumidor.

En relación a la determinación de otros compuestos de la leche (como la proteína, lactosa y cenizas) desde el punto de vista de control de calidad de rutina, esta no es una práctica común. Sin embargo, los niveles de proteína ayudarán a los productores a un mejor control de la efectividad de sus métodos de fortificación de sólidos (ÖZER y KIRMACI 2010).

Por último, es primordial recordar que la acidez es uno de los parámetros de calidad más importantes en el yogurt con respecto a la palatabilidad, aceptación del consumidor y tiempo de vida del producto (ÖZER y KIRMACI 2010). En el producto terminado, un mínimo de 0,7% de ácido láctico ha sido sugerido por la International Dairy Federation (IDF) (1992) mientras que el CODEX ALIMENTARIUS (2003) sugiere un mínimo de 0,6%.

La importancia de este factor radica en que el desarrollo de ácido láctico bajo condiciones controladas durante la fermentación es esencial para la formación de la red de gel en el yogurt, pero su desarrollo después de la fermentación no es deseable ya que conduce a la sinéresis, defectos de

textura y una sobreacidificación, que enmascara la percepción de compuestos aromáticos en los consumidores (ÖZER y KIRMACI 2010).

En el caso del pH, es bien conocida su relación con la acidez del producto. Sin embargo, este parámetro es monitoreado principalmente en relación a la preferencia del consumidor y como un indicador de la seguridad alimenticia (TAMIME y ROBINSON 2000). Por ejemplo, ROBINSON y ITSARANUWAT, (2006) mencionan que en un yogurt natural estándar un pH final de 4,2 puede ser considerado aceptable para la mayoría de los gustos, pero en el momento que el contenido total de sólidos y grasas se incrementan incluso un pH de 3,7 – 3,8 no se percibirá como sobre acidificado, como es el caso del yogurt griego. Así mismo, mientras patógenos como *Listeria monocytogenes* mueren rápidamente en un yogurt ácido con pH <4,2, en yogurts suaves con un valor de pH >4,5 puede permitir la supervivencia de *Salmonella spp* hasta por 10 días, o *Escherichia coli* 0157 por más de 7 días.

Calidad Microbiológica

El control de la calidad microbiológica de las leches fermentadas es de primordial importancia para garantizar la seguridad alimentaria así como en conformidad con las normas existentes y/o regulaciones en el país que los comercializan (ÖZER y KIRMACI 2010). Para este propósito, monitorear el número de microorganismos específicos (cultivo iniciador y/o adjunto), indicadores y microorganismos patógenos, es una práctica de rutina (ROBINSON y ITSARANUWAT 2006, ÖZER y KIRMACI 2010).

Tanto las normas internacionales (CODEX ALIMENTARIUS 2003) como las nacionales (INEN, 2011), determinan que el número de microorganismos específicos (cultivo iniciador) en

el yogurt debe ser mayor a 10^7 ufc/g, al momento del consumo, con excepción de aquellos productos designados como pasteurizados o térmicamente tratados (ROBINSON y ITSARANUWAT 2006, TAMIME y ROBINSON 2000). Por este motivo, autores como ROBINSON y ITSARANUWAT (2006) y ÖZER y KIRMACI (2010) recomiendan que el nivel de inoculación inicial debe ser lo suficientemente fuerte para cumplir con el nivel objetivo en el producto final, ya que el número de microorganismos iniciadores ligeramente decrece durante el almacenamiento en frío como un resultado del desarrollo de la acidez.

Además, ROBINSON y ITSARANUWAT (2006) menciona que el interés en las pruebas de viabilidad se debe a que los recuentos excesivamente altos o bajos de las dos especies pueden provocar defectos de sabores en el yogurt natural, mientras que un elevado recuento de *Lb. delbrueckii subsp bulgaricus* puede provocar la continua producción de ácido durante el almacenamiento, otorgándole al producto un excesivo sabor ácido.

En cuanto a la presencia de patógenos, como ya se mencionó, un yogurt con un pH por debajo de 4,3 es considerado como un producto seguro desde el punto de vista de salud pública (ROBINSON y ITSARANUWAT 2006, ÖZER y KIRMACI 2010). Especialmente, algunos patógenos incluyendo *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.* Coliformes, y *Staphylococcus aureus* son raramente encontrados en el yogurt y otras leches fermentadas (ÖZER y KIRMACI 2010). Sin embargo, ROBINSON y ITSARANUWAT (2006) menciona que es prudente realizar análisis de seguridad para patógenos específicos como *Salmonella spp* y *Listeria monocytogenes*; tal como lo establecen las normas nacionales respectivas (INEN, 2011).

Características sensoriales

Rutinariamente la calidad química, física y microbiológica del yogurt es monitoreada a través de pruebas analíticas avanzadas; sin embargo, a pesar de que estas pruebas otorgan datos científicos acerca del producto analizado, ellas no pueden producir información satisfactoria acerca de la calidad comestible del producto. Incluso dos productos con similares propiedades físicas y químicas puede ser considerado diferente por los consumidores en términos de calidad sensorial (ÖZER y KIRMACI 2010).

Las características sensoriales juegan un importante rol en la aceptación de los productos por parte del consumidor (OLIVEIRA 2014). La percepción de flavors es un fenómeno complejo y tradicionalmente se compone del olor, sabor y sensaciones somáticas; que a pesar de no ser la única característica que controla la aceptación de los consumidores, se encuentra ampliamente relacionada con la sensación de bienestar de los mismos (ROUTRAY y MISHRA 2011).

El natural y agradable sabor del yogurt lo han vuelto un atractivo ingrediente alimenticio (CHENG 2010); siendo típicamente caracterizado como un suave, viscoso gel con un sabor ácido característico (CHENG 2010, OLIVEIRA 2014). Este distintivo sabor es contribuido por el ácido láctico y una mezcla compleja de compuestos aromáticos, los cuales incluyen los compuestos volátiles ya presentes en la leche y aquellos específicos producidos durante la fermentación (CHENG 2010); los mismos que son ampliamente dependientes de los microorganismos presentes en el cultivo, así como del tiempo de fermentación y temperatura en la cual se desarrolla el proceso (OLIVEIRA 2014).

El sabor más dominante del yogurt es la acidez, debido al ácido láctico producido por el cultivo iniciador; en ausencia de edulcorantes o sabores añadidos la mayoría de los consumidores pueden detectar la acidez cuando el pH está por debajo de 5,0 (HUTKINS 2006). HASSAN y FRANK, 2001 mencionan que una excesivamente rápida acidificación puede provocar un sabor áspero y extremadamente ácido; así como también, que a pesar que la acidificación del yogurt es controlada por la refrigeración, el cultivo continuará la acidificación lentamente a bajas temperaturas.

Sin embargo, existen otros productos metabólicos producidos por el cultivo que se acumulan en el yogurt y contribuyen significativamente en el desarrollo del sabor (HUTKINS 2006). Más de 90 diferentes compuestos volátiles han sido identificados en el yogurt, incluyendo carbohidratos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres, lactonas, compuestos que contienen azufre, triazinas, y derivados de furano (CHENG 2010, ROUSTRAY y MISHRA 2011); siendo los más importantes el acetaldehído, cetona, acetoina, y diacetilo junto con los ácidos acético, fórmico, butírico y propanoico (ROUSTRAY y MISHRA 2011)

El más importante de estos compuestos aromáticos es el acetaldehído. A pesar de que normalmente presenta una concentración menor a 25 ppm, la misma es suficiente para dar al yogurt su característico sabor a tarta o a manzana verde (HUTKINS 2006). No obstante, en concentraciones menores a 10 ppm son considerados un yogurt con un bajo flavor (OLIVEIRA 2014).

Por último, es importante recalcar que las expectativas relacionadas con las propiedades sensoriales anticipadas por el consumidor varían con el tipo de yogurt evaluado.

Por un lado, un ejemplo de esto sucede cuando el sabor de un yogurt natural estará dominado por la acidez, mientras que la intensidad del aroma y sabor reflejará la presencia de componentes como el acetaldehído. Por otro lado, en productos saborizados, el reconocimiento del dulzor y sabor de la fruta pueden ser las características deseadas para que un evaluador considere al producto agradable al gusto (ROBINSON y ITSARANUWAT 2006).

Propiedades físicas

Según VÉLEZ y RIVAS (2001), el yogurt puede ser clasificado como un fluido no newtoniano que presenta esfuerzo de cedencia y que además muestra dependencia del tiempo; en el cual las propiedades físicas más relevantes incluyen la firmeza, suavidad, viscosidad y estabilidad del gel (HASSAN y FRANK 2001).

Según HUTKINS (2006), la textura y propiedades reológicas del yogurt son, quizás, tan importantes para los consumidores como el sabor. Así mismo, autores como LEE y LUCEY (2010), HUTKINS (2006) y ROBINSON e ITSARANUWAT (2006) mencionan que los atributos físicos del yogurt, incluyendo la falta de separación visual del suero y la viscosidad percibida, son aspectos cruciales de la calidad y global aceptación sensorial de los consumidores.

Se han realizado varios estudios acerca las propiedades de viscosidad y fluidez del yogurt batido (LEE y LUCEY 2010); logrando determinar que dichas características se encuentran influenciadas por una serie de factores, incluyendo la mezcla base (OLIVEIRA 2014, HUTKINS 2006) temperatura de incubación, concentración de caseína, tratamiento térmico de la leche, acidez y el tipo de cultivo

iniciador (ROBINSON y ITSARANUWAT 2006, OLIVEIRA 2014, HUTKINS 2006).

Por ejemplo, ROBINSON e ITSARANUWAT (2006) establecen que un adecuado producto debe ser obtenido cuando la temperatura de incubación es baja, ya que la lenta gelación provee al yogurt de una estructura más fina y, además, el gel es más estable y menos propenso a la sinéresis. Mientras que McCARTHY (2011) menciona que la cepa del cultivo puede ser elegida para influir en sus propiedades reológicas ya que ciertas cepas producen exopolisacáridos que incrementan la viscosidad del yogurt y decrece la susceptibilidad a la sinéresis.

En Estados Unidos, para controlar la sinéresis y mantener la agradable estructura del gel, comúnmente se añaden estabilizantes a la mezcla; los más utilizados son gomas y almidones de origen natural, incluyendo el carragenina, algarroBILLA, y gomas de guar; almidón de maíz; tapioca y pectina. Sin embargo, en varios países europeos, como Francia, los estabilizantes no son permitidos en el yogurt; por lo que la habilidad de varias cepas del cultivo para producir y secretar material para producir y secretar el material polisacárido natural directamente en el yogurt durante la fermentación es un rasgo especialmente importante (HUTKINS 2006).

YOGURT DESLACTOSADO

A partir de la década de 1970, varias investigaciones han concluido que los productos fermentados pueden ayudar a mejorar y reducir los síntomas de la intolerancia a la lactosa (TUURE y KORPELA 2004, CHANDAN y SHAHANI 1993, MONTES, et al. 1995, HE, et al. 2008, ONWULATA, RAO y VANKINENI 1989, HERTZLER y CLANCY 2003, KILARA y SHAHANI 1976); no obstante, también se ha podido determinar que el efecto en todos los consumidores no es siempre el esperado, debido a la persistencia de malestares gastrointestinales luego de haber consumido yogurt (ALM 1982).

Algunos autores sugieren que una de las causas de la continuidad de los síntomas al momento de consumir el yogur se debe a que el producto aún contienen las dos terceras partes (4,2%) de la lactosa de la leche (WALSTRA, WOURTERS y GEURTS 2006, DEKKER y DAAMEN 2011, CHANDAN y SHAHANI 1993, BATISTA, et al. 2008, A. SHAUKAT, M. LEVITT, et al. 2010). Otros en cambio, atribuyen el hecho a la suplementación de leche en polvo descremada para la formulación del yogurt, ya que las cantidades extra de lactosa de la leche en polvo provocan elevados contenidos en el producto final (DEKKER y DAAMEN 2011).

Por este motivo, tal como lo indican MARTINS, et al. (2011) y RODRÍGUEZ, CRAVERO, y ALONSO (2008), esto conlleva a la necesidad de introducir mejoras en el producto, como lo es la reducción del contenido de lactosa.

Según TAMIME y ROBINSON (2000), el proceso de hidrólisis de la lactosa en la leche podría llevarse a cabo usando uno de los siguientes métodos:

- Bajas temperaturas de hidrólisis, menores a 10°C durante el almacenamiento por toda la noche.
- Altas temperaturas de hidrólisis, a 30-35°C por media hora.

- Altas temperaturas de hidrólisis, a 30°C donde la enzima es añadida a la mezcla base junto con el cultivo iniciador. Así mismo, TAMIME y ROBINSON (2000) mencionan que en los dos primeros procesos es esencial agitar la leche, ajustar su pH a 6,6 y la posterior inactivación de la enzima será efectuada a través del tratamiento térmico; mientras que en el último caso, el lento desarrollo de ácido por parte del cultivo iniciador reducirá gradualmente la actividad de la galactosidasa, hasta lograr su total inactivación por debajo de un pH de 5,0.

Por este motivo, se han realizado análisis acerca de la concentración de lactosa y las características físicas y organolépticas del producto final; llegando a la conclusión de que estos factores dependen del tipo y nivel de enzima empleada al momento de su adicción (VÉNICA, BERGAMINI, et al. 2013, VÉNICA, PEROTTI y BERGAMINI 2014); pero cualquiera de los tratamientos utilizados no producen diferencias significativas en el producto (ISMAIL, MOGENSEN y POULSEN 1983).

De manera adversa, tal como lo establece VÉNICA, WOLF, et al. (2011), los antecedentes publicados relacionados a la obtención de yogurt reducido en lactosa son escasos, probablemente debido a factores económicos. Por ejemplo, TAMIME y ROBINSON (2000) mencionan que es claro que el yogurt puede ser producido a partir de leche hidrolizada, pero el incentivo para la producción comercial es limitado debido a que el proceso todavía no es rentable a comparación con el producto tradicional.

A pesar de la escasa información, existen algunas publicaciones relacionadas con el desarrollo de yogurts deslactosados (PEROTTI, et al. 2012). No obstante al realizar una escala en el tiempo con algunas de las investigaciones

efectuadas se puede visualizar los contradictorios resultados obtenidos en las mismas.

En cuanto al desarrollo del cultivo ABD-EL HADY, et al. (1985) determinaron que la leche hidrolizada puede tener un efecto inhibitorio en el crecimiento de algunas cepas de *S. thermophilus* y *Lb. delbrueckii subsp bulgaricus*. Resultados similares a los obtenidos por HERNÁNDEZ y VÉLEZ (2010), en donde se logró determinar que el tiempo de fermentación fue mayor en los yogurts elaborados con leche deslactosada, obteniendo una diferencia superior de 1 a 1,5 horas con respecto al yogurt normal. Sin embargo, en la investigación realizada por VÉNICA, PEROTTI, y BERGAMINI (2014), a pesar de que los recuentos de los yogurts hidrolizados fueron ligeramente menores a comparación de los no hidrolizados, las diferencias no fueron significativas.

En lo concerniente a la composición química, obviamente el parámetro que más ha sido evaluado es contenido de lactosa, factor que no se encuentra determinado dentro de la Norma INEN 2395 (2011) ni en el CODEX ALIMENTARIUS 243 (2003). De esta manera, WOLF, VÉNICA, y PEROTTI (2015) determinaron que en yogurt control se obtuvo un rango del 10-13% de hidrolisis, mientras que en el yogurt deslactosado se alcanzó el 75-78%; a su vez, ÁVALOS (2012) determinó que partiendo con el 4,6% de lactosa en la leche y usando una dosis de 6,9 ml/L de lactasa se obtuvo el menor contenido de lactosa residual en el yogurt, específicamente el 0,9%, representando un porcentaje de hidrólisis del 80,11%. Y en un estudio más avanzado, realizado por VÉNICA, PEROTTI, y BERGAMINI (2014), las proporciones medias de lactosa/glucosa/galactosa, en relación con el total de azúcares, fue 18:36:46 en los yogurts hidrolizados, mientras que en los no hidrolizados fueron 81:4:15.

Por otra parte, el segundo factor más evaluado corresponde a los valores obtenidos en la acidez y el pH de los productos; en donde la mayoría de investigaciones concuerdan que no hubieron diferencias significativas en los resultados obtenidos del yogurt deslactosado versus el control (WOLF, VÉNICA y PEROTTI 2015, VÉNICA, BERGAMINI, et al. 2013).

En lo referente a al grado de aceptación del yogurt deslactosado, inicialmente DARIANI, FRANK, y LOEWENSTEIN (1982), determinaron que algunas preparaciones de β -galactosidasa pueden causar off-flavors en el producto cuando los niveles de hidrólisis exceden 60%, consecuentemente, el yogurt tratado con β -galactosidasa durante la fermentación recibió puntajes ligeramente más bajos en su degustación. Mientras tanto, ISMAIL, MOGENSEN, y POULSEN (1983) elaboraron yogurt deslactosado utilizando dos tipos de enzimas lactasa, para las cuales fueron aplicados dos diferentes tratamientos: la hidrólisis antes de la fermentación y durante la fermentación; y no pudieron detectar ninguna diferencia significativa en las propiedades organolépticas de los productos obtenidos. Resultados que concuerdan con las investigaciones realizadas por HERNÁNDEZ y VÉLEZ (2010) KIRDAR, SEZGIN, y ATAMER (2000) y VARGA, ROMAN, y TOTH (2004), en donde los yogurts deslactosados obtuvieron una gran aceptación por parte de los panelistas en los análisis sensoriales efectuados.

Finalmente, otros de los parámetros imprescindibles de evaluar son las propiedades físicas del producto final. En una investigación realizada por MARTINS, et al. (2012), al producir yogurt con una concentración de 0,5 g/L y una adición de la enzima al comienzo de la fermentación, no se produjeron cambios perjudiciales en la viscosidad ni la sinéresis del yogurt. Resultados similares a los obtenidos por NAGARAJ, et

al. (2012), en donde el yogurt preparado con una mezcla de leche hidrolizada al 70% y 50% tuvieron puntuaciones significativamente más altas en cuerpo y la textura, el sabor y la aceptabilidad general que el control.

Adicionalmente, es importante recalcar que a pesar de que la industria láctea es uno de los sectores más dinámicos del campo de los alimentos, porque se encuentra en un continuo desarrollo de productos innovadores, en América latina, donde la prevalencia de la intolerancia a la lactosa es tan elevada, únicamente se comercializan productos deslactosados como leche fluidas, leches en polvo y unos cuantos productos fermentados (PEROTTI, et al. 2012, VÉNICA, BERGAMINI, et al. 2013).

Por ejemplo, VÉNICA, BERGAMINI, et al. (2013) menciona que en Argentina únicamente se comercializan leches deslactosadas UHT y en polvo; mientras que a nivel nacional ÁVALOS, 2012 indica que actualmente en el país hay muy poco mercado para los productos deslactosados, la mayoría de estos son importados y muy pocos se producen internamente. Motivo por lo que, el desarrollo de nuevos productos basados en la modificación de la composición de la leche, lograrían abrir nuevos mercados para la industria láctea e incluso ayudarían a generar nuevas tecnologías.

Análisis microbiológico

El desarrollo del cultivo iniciador fue controlado a lo largo del proceso de fermentación (30, 60, 90, 120, 135 min) y en el producto final (24 horas). De acuerdo a la norma ISO 9232:2003 (IDF 146:2003) (ISO/IDF 2003), el método consiste en sembrar un volumen dado de una muestra representativa y homogénea del alimento a analizar y/o diluciones de la misma en placas Petri, utilizando medios de cultivo selectivo y en condiciones de tiempo, temperatura y exigencias de oxígeno apropiados para cada microorganismo.

1. Medio MRS acidificado, seguido de una incubación anaeróbica a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 72 horas para el conteo de *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus*

2. Medio M17 completo seguido por incubación a 37°C por 48 horas para el conteo de *Streptococcus thermophilus*.

El número de microorganismos característicos por gramo de muestra es calculado a partir del número de colonias obtenidas en placas cuyos niveles de dilución muestren un resultado significativo (30-300 colonias).

Análisis sensorial

La aceptación del producto fue evaluada a través de una escala hedónica de 7 puntos, en la cual el panel de catadores clasificó las muestras con relación a la preferencia que sintieron por ellas o a su nivel de satisfacción.

El análisis sensorial se llevó a cabo en los Laboratorios del Instituto de Investigaciones Tecnológicas de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil. En donde los yogurts elaborados fueron analizados sensorialmente por un panel no entrenado conformado por 60 estudiantes de Ingeniería Química.

En cuanto a la codificación de cada muestra, es importante recordar que esta no debe proporcionar al catador ninguna

información sobre la identidad de las muestras o del tratamiento que han sufrido (VALLS, et al., 2001). Por este motivo se deben utilizaron codificaciones de símbolos (■ YC y ▲ YH) o tres números al azar (214 YC y 356 YH).El horario de ejecución de la degustación se lo realizó en dos jornadas (10:00 y 15:00 horas), ya que el itinerario utilizado viene regido por el sistema de comidas de los catadores. Además se aseguró que los evaluadores no hubieran comido nada que pudiese influir en el la evaluación.

1.1.1 Cronograma de actividades

Tiempo	Meses	1°				2°				3°				4°			
	Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Actividades																	
Aprobación de anteproyecto			X	X	X												
Revisión bibliográfica			X	X	X												
Trabajo de campo					X	X	X	X	X								
Análisis estadístico										X	X						
Redacción tesis									X	X	X						
Revisión del Director												X	X				
Correcciones												X		X			
Elaboración final															X	X	
Trámites de graduación																X	
Defensa de la tesis																	X

Cada uno de los procesos de elaboración de yogur no hidrolizado (YC) y yogurt hidrolizado (YH), con sus respectivas repeticiones, fueron monitoreados detalladamente.

Reflejando que los tiempos registrados para alcanzar el pH de 4,7 no variaron (2:15 horas), a pesar que se presentaron diferencias en los parámetros de control (pH y acidez) del proceso de fermentación.

Desarrollo del cultivo iniciador

A través de los métodos de aislamiento aplicados, fue posible evaluar el desarrollo por separado de las dos bacterias que integran el cultivo iniciador del yogurt, desde la inoculación de las cepas (0 min) hasta el almacenamiento del producto terminado (24 h).

El promedio del recuento de microbiológico del *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* en el producto final del YC y YH fue de $7,10 \times 10^8$ y $8,00 \times 10^8$ ufc/g, respectivamente. Así mismo, Las medias obtenidas de los recuentos en cada una de las muestras analizadas durante el proceso de fermentación pueden ser apreciadas en la Tabla 1.

Tabla 1 Desarrollo del *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* durante el procesamiento de fermentación y almacenamiento del yogurt

TIEMPO	YOGURT HIDROLIZADO (log ufc/g)	YOGURT NO HIDROLIZADO (log ufc/g)
0 min	7,70	7,75
30 min	7,76	7,84
60 min	7,87	7,96
90 min	8,07	8,20
120 min	8,54	8,61
135 min	8,71	8,77
24 h	8,85	8,90

ELABORADO POR: MVZ MARÍA GABRIELA CABRERA COLLIN

A pesar de que en el YH se puede visualizar un desarrollo más lento del *Lb. delbrueckii subsp bulgaricus* durante los primeros 90 minutos de la fermentación, posteriormente al finalizar el proceso esta diferencia es prácticamente imperceptible y no fueron significativas ($P>0,05$).

En el caso del *Streptococcus thermophilus*, los resultados obtenidos tampoco fueron significativos ($P>0,05$). Los promedios total en el producto final fueron de $5,20 \times 10^8$ en el YH y $6,30 \times 10^8$ en el YC. Y tanto los las medias obtenidas como la curva de crecimiento pueden visualizarse en Tabla 2.

Al igual que sucedió con el *Lb. delbrueckii subsp bulgaricus* en los primeros 90 minutos del proceso de fermentación el desarrollo del *S. thermophilus* fue más lento en el YH. Sin embargo, su carga bacteriana se mantuvo prácticamente estable hasta la finalización de la fermentación y en el producto terminado.

Tabla 2 Desarrollo del *Streptococcus thermophilus* durante el procesamiento de fermentación y almacenamiento del yogurt

TIEMPO	YOGURT HIDROLIZADO (log ufc/g)	YOGURT NO HIDROLIZADO (log ufc/g)
0 min	7,66	7,88
30 min	8,48	8,75
60 min	8,70	8,82
90 min	8,84	8,89
120 min	8,86	8,90
135 min	8,84	8,89
24 h	8,83	8,88

ELABORADO POR: MVZ MARÍA GABRIELA CABRERA COLLIN

Características físico-químicas y reológicas

En la Tabla 3 se puede observar la evolución del pH y la acidez durante la elaboración y almacenamiento de los yogurts. Iniciando el proceso con el mismo grado de acidificación, se perciben mayores valores del YC en los primeros 30, 60 y 90 minutos de la fermentación. Sin embargo, a partir de los 120 minutos y hasta la obtención del producto terminado se puede visualizar que los valores presentan una diferencia mínima y no significativa ($P>0,05$).

Tabla 3 Evolución del pH y acidez durante el proceso de fermentación y almacenamiento del yogurt hidrolizado y no hidrolizado

TIEMPO	ACIDEZ (°Th)		pH	
	HIDROLIZADO	CONTROL	HIDROLIZADO	CONTROL
0 min	21,00	21,50	6,52	6,51
30 min	25,50	28,50	6,28	6,20
60 min	31,00	33,50	6,00	5,93
90 min	46,50	50,00	5,67	5,49
120 min	70,50	72,00	4,99	4,88
135 min	82,00	83,50	4,75	4,71
24 h	128,50	129,00	4,16	4,11

ELABORADO POR: MVZ MARÍA GABRIELA CABRERA COLLIN

Características físico-químicas

En la Tabla 4 se pueden observar los resultados obtenidos de las pruebas físico-químicas realizadas a los productos finales. A excepción de la lactosa, presentan un comportamiento definido ($P>0,05$) y se encuentran dentro de los valores establecidos NORMA INEN 2395 (INEN, 2011). Sin embargo, al determinar el porcentaje de hidrólisis de la lactosa, se halló una hidrólisis a penas del 15,06% en el YC y del 55,79% en el YH, resultados ampliamente significativos ($P<0,05$).

Tabla 4 Análisis físico químico de los yogurts obtenidos

VALORES	HIDROLIZADO	NO HIDROLIZADO
---------	-------------	----------------

Grasa (%)	1,39	1,67
Proteína (%)	3,71	3,76
Lactosa (%)	2,48	4,77
Viscosidad (cps)	14630	20000

ELABORADO POR: MVZ MARÍA GABRIELA CABRERA COLLIN

Análisis sensorial

Al tabular la información obtenida por parte del panel evaluador, se pudieron evaluar por porcentajes de aceptación que presentaron ambos productos.

Tabla 5 Porcentajes de aceptación de los yogurts

CATEGORÍA	YOGURT HIDROLIZADO		YOGURT CONTROL	
	Porcentaj e	Número	Porcentaj e	Númer o
Me gust a extremadamente	40,0%	24	36,7%	22
Me gusta mucho	36,7%	22	38,3%	23
Me gusta moderadamente	23,3%	14	25,0%	15
Total general	100,0%	60	100,0%	60

ELABORADO POR: MVZ MARÍA GABRIELA CABRERA COLLIN

Dejando claramente demostrado que ambos productos obtuvieron una excelente aceptación por parte de los panelistas, obteniendo un puntaje en su aceptación de 6,12 y 6,17 para el YC y el YH respectivamente, que corresponde a la categoría “Me gusta mucho” (Tabla 6).

Tabla 6 Promedios obtenidos en los análisis sensoriales

YOGURTS	PRIMER REPETICIÓN	SEGUNDA REPETICIÓN	PROMEDIO TOTAL
Yogurt control	6,07	6,17	6,12
Yogurt hidrolizado	6,13	6,20	6,17

De esta manera, como era de esperarse la diferencia no fue significativa ($P > 0,05$). Sin embargo, es importante considerar que el yogurt hidrolizado obtuvo el porcentaje más elevados

de aceptación en la categoría “Me gusta extremadamente” (40,0%).

En los análisis realizados se determinó que la carga bacteriana del *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* en el yogurt de control fue de $7,10 \times 10^8$ ufc/g y $8,00 \times 10^8$ ufc/g en el yogurt hidrolizado. Mientras que el *Streptococcus thermophilus* obtuvo un recuento de $5,20 \times 10^8$ ufc/g en el yogurt hidrolizado y $6,30 \times 10^8$ ufc/g en el yogurt de control. Demostrando que ambos microorganismos presentaron un desarrollo ligeramente menor en el yogurt elaborado con leche hidrolizada, pero la diferencia no fue estadísticamente significativa ($P > 0,05$). Así mismo, es importante recalcar que la carga bacteriana obtenida se encuentra dentro del rango exigido por las normas nacionales (INEN, 2011) e internacionales (CODEX ALIMENTARIUS 2003)

Estos resultados concuerdan con varias investigaciones realizadas. VÉNICA, et al. (2014), por ejemplo, determinaron que el número promedio del total de LAB del cultivo iniciador en todos los yogurts fueron entre 10^7 y 10^8 ufc/g; obteniendo recuentos ligeramente más bajos en los hidrolizados pero sin diferencias significativas ($P > 0,05$). Así mismo, WOLF, VÉNICA y PEROTTI (2015) establecieron que los recuentos microbiológicos del total de bacterias ácido lácticas en los deslactosados yogurts recién elaborados fue de 10^8 ufc/g, y se mantuvieron en la mismo rango durante el almacenamiento. Incluso en investigaciones como la de HERNÁNDEZ y VÉLEZ (2010), en donde se evaluó el efecto en la reducción de lactosa y la incorporación de otros ingredientes (goma, fibra, edulcorantes) en las propiedades del yogurt, no se observaron diferencias significativas en el desarrollo del cultivo iniciador ($P > 0,05$).

Además de evaluar la carga bacteriana del producto final, es importante apreciar el comportamiento de ambas bacterias durante el proceso de fermentación no varió ni sufrió alteraciones en su efecto sinérgico. Ya que tal como lo mencionan ROBINSON, TAMIME y WSZOLEK (2002), CHANDAN y O'RELL (2006) y TAMIME y ROBINSON (2000) durante la primera parte de incubación el *Streptococcus thermophilus* crece más rápido que el *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus*; si embargo, en las etapas posteriores, (a un pH de 5,0) el desarrollo del *Streptococcus* disminuye debido al efecto adverso del desarrollo de ácido.

En ambos procesos se obtuvo el mismo tiempo de fermentación para alcanzar el pH deseado (4,7) y al cumplirse las 24 horas de almacenamiento el yogurt hidrolizado obtuvo un pH de 4,16 (128,5 °Th) mientras que el del yogurt de control fue de 4,11 (129°Th), reflejando diferencias no significativas ($P > 0,05$). Estos valores fueron similares a los registrados por WOLF, VÉNICA y PEROTTI (2015), en donde los valores de pH del producto terminado fueron de 4,6, con una leve disminución durante el almacenamiento durante 14 días (0,27 a 0,43 unidades) para ambos tipos de yogurt ($P > 0,05$). RODRIGUEZ, CRAVERO y ALONSO (2008) mientras tanto, elaboraron yogurt deslactosado de leche de cabra, realizando en forma simultánea el proceso de hidrolisis y la fermentación, utilizando tres dosis de β -galactosidasa (1253, 2506 y 3759 unidades/L). De esta manera, determinaron que los valores de pH fueron menores para las muestras con enzima tan solo en las tres primeras horas de la fermentación, no existiendo diferencias entre las dosis agregadas y sin mejoras en la velocidad de fermentación. Los parámetros físico-químicos evaluados para cada uno de los productos fueron: grasa, proteína, lactosa y viscosidad, los

cuales no presentaron diferencias significativas entre los productos evaluados ($P>0,05$). Las proteínas se mantuvieron en un estrecho rango de 3,71 y 3,76g/100g lo cual da cumplimiento a la NORMA INEN 2395 (INEN, 2011) y demuestra que la acción proteolítica de las bacterias no se vio afectada por el uso de leche hidrolizada. Ya que como lo establece POPHALY, et al. (2015) *Lb. delbrueckii subsp bulgaricus* tiene una mayor actividad proteolítica que el *Streptococcus thermophilus*, pero su cultivo mixto tiene una mejor actividad proteolítica que el monocultivo.

En cuanto a la grasa, los valores promedios obtenidos oscilaron entre 1,39 g/100 g en el YH y 1,67 g/100 g en el YC. Resultados que a se encuentran dentro de las normas exigidas y no presentan una diferencia significativa ($P>0,05$); debido a que la hidrolisis de la grasa por el cultivo iniciador del yogurt solo ocurre en un grado limitado y por ende contribuye muy poco con los atributos del producto final (TAMIME y ROBINSON , 2000; CHANDAN y SHAHANI, 1993). Por lo tanto, la pequeña diferencia que se presentó entre los dos productos es atribuida a la estandarización de la materia grasa en las leches fluidas, por parte de la industria que las produce.

Como era de esperarse, el contenido de lactosa entre los dos productos estuvo marcada por una notoria diferencia, 2,48 g/100g en el YH y 4,77 g/100g en el YC. Reflejando una diferencia significativa ($P<0,05$) en el porcentaje de hidrolisis de la lactosa del YC y el YH, 15,06% y 55,79% respectivamente. Estos resultados encajan dentro de comportamiento visualizado en la mayoría de investigaciones efectuadas. Por ejemplo, VÉNICA, BERGAMINI, et al. (2013) establecieron un rango de hidrólisis del 74 al 93%, mientras que LI, et al. (2013) y WOLF, VÉNICA y

PEROTTI (2015) determinaron el 83% y 78% respectivamente. Ya en estudios más avanzados, NAGARAJ, et al. (2012) evaluaron tres diferentes niveles de enzima (0,16, 0,32 y 0,52%) que se encontraron adecuados para producir la hidrólisis de la lactosa en el 50, 70 y 90%, respectivamente. VÉNICA (2014) mientras tanto, elaboraron una mezcla base a través de la suplementación de leche en polvo descremada y proteínas de suero en polvo con y sin la adición de azúcar. Los valores de lactosa decrecieron aproximadamente 82% al final del proceso de fermentación, obteniendo un promedio de 0,96 y 1,12 para el yogurt natural y el azucarado, respectivamente. Por el contrario, los cambios en la concentración de lactosa durante la elaboración de los yogurts no hidrolizados fueron menores, decreciendo aproximadamente 15 al 30% al final de la elaboración y a los 28 días de almacenamiento, respectivamente.

Es importante así mismo considerar que la diferencia entre los niveles de lactosa reportada en cada una de las investigaciones se debe a una serie de factores como el tipo y nivel de enzima utilizada, la concentración de lactosa en la mezcla de partida, las condiciones de elaboración, etc. Por ejemplo, VÉNICA, PEROTTI y BERGAMINI (2014) establecieron que la concentración de lactosa en la mezcla base se incrementó significativamente ($P < 0,05$) debido a la suplementación con leche en polvo y proteínas de suero en polvo. De hecho, la leche en polvo descremada y las proteínas de suero en polvo que usaron como suplementación contenían 50,0 y 48,2 mg 100 g⁻¹ de lactosa, respectivamente. Ocasionando que los yogurts hidrolizados sin la adición de leche en polvo obtuvieron menores niveles de lactosa ($P < 0,05$)

El análisis estadístico encontró que el uso de leche hidrolizada no tiene un efecto significativo ($P > 0,05$) sobre la viscosidad de los productos terminados, los cuales obtuvieron un rango de 14.630 cp en el YH y 20.000 cp en el YC. Según CHANDAN (2007) en el yogur batido, la viscosidad se debería encontrar en un rango que varía desde 15.000 a 25.000 cp. Mientras que en el estudio realizado por MARTINS, et al. (2012), la viscosidad en la fermentación obtuvo un rango de 2451 cp en el yogurt control y el hidrolizado se mantuvo entre 1450 y 2343 cp.

En el ensayo de aceptabilidad ambos productos quedaron enmarcados en la categoría "Me gusta mucho", obteniendo un puntaje de 6,12 para el YC y 6,17 para el YH y reflejando una diferencia no significativa ($P > 0,05$). Estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos en varias investigaciones. Por ejemplo ISMAIL, MOGENSEN y POULSEN (1983) elaboró yogurt hidrolizado utilizando dos enzimas comerciales que fueron aplicadas antes y durante la fermentación; en todos los tratamientos no se detectaron diferencias significativas en las propiedades organolépticas de los yogurts. Mientras que en los análisis realizados por VÉNICA, BERGAMINI, et al. (2013) el yogurt reducido en lactosa fue preferido por el 50% de los panelistas en comparación con el yogurt tradicional, indicando que el yogurt deslactosado no difiera del tradicional. En un estudio más reciente, VÉNICA, COSTA, et al. (2015) determinaron que los consumidores manifestaron un gusto positivo para los tres yogurts, siendo del 78% para el control, del 91,9% para el yogurt deslactosado y del 95,5% para el yogurt deslactosado con probióticos. Para el control se obtuvo un valor medio de 6,5 que corresponde a "me gusta poco – Me gusta moderadamente", mientras que para los yogurts

deslactosados sin o con probióticos fue de 9,0 y 9,04, respectivamente, que corresponde a me gusta muchísimo.

A pesar de que en el análisis sensorial efectuado no se evaluaron atributos de olor, sabor, color o textura, muchos de los panelistas incluyeron en sus observaciones dos factores en común: el dulzor y el grado de pardeamiento que presentó el yogurt hidrolizado.

La mayor intensidad de dulzura que reflejó el yogurt hidrolizado ha sido percibido en otros estudios, como el efectuado por VÉNICA, BERGAMINI, et al. (2013), en donde el 53% de los panelistas determinaron que el yogurt reducido en lactosa era más dulce que el tradicional; incluso cuando el contenido de azúcar fue 2% menor. Así mismo, VÉNICA, COSTA, et al. (2015) estimaron que la diferencia en el grado de aceptación de las muestras de yogurt deslactosado respecto del control se atribuyen a que presentan menor intensidad del gusto ácido y mayor dulzor. Estos resultados se deben a los niveles más altos de glucosa y galactosa presentes en el yogurt deslactosado, ya que como lo mencionan TAMIME y ROBINSON (2000), si se compara el grado de dulzor de la sacarosa (igual a 1) con la dulzura relativa de la lactosa y estos monosacaridos, los resultados sería: lactosa 0,4, galactosa 0,6 y glucosa 0,7.

El pardeamiento que presentó el yogurt hidrolizado no ha sido mencionado ni evaluado en otras investigaciones. Probablemente esto se debe a que la mayoría de los estudios efectuados la pasteurización fue el tratamiento térmico al cual se sometió a la materia prima y/o la leche fue sometida al proceso de hidrólisis después de haber sido realizados todos los tratamientos térmicos necesarios para la producción del yogurt. Estos factores crean diferencias significativas en cuanto a la probabilidad de presentar signos

de la reacción de Maillard en el producto elaborado, debido a que en este procesamiento se utilizó leche sometida al tratamiento térmico UHT y que ya se encontraba previamente hidrolizada al momento de someterla al calentamiento durante la producción de yogurt.

A pesar del pardeamiento fácilmente distinguible en el yogurt hidrolizado, no se registraron observaciones en cuanto al desarrollo de off-flavors. Sin embargo, al momento de evaluar la calidad del producto para el agrado del consumidor este es un parámetro que se debe considerar ya que como lo mencionan HARJU, KALLIOINEN y TOSSAVAINEN (2012), la leche libre de lactosa contiene monosacáridos reducidos que son significativamente más reactivos en la reacción de Maillard que el disacárido lactosa. Debido a esos problemas, el tratamiento térmico de la leche libre de lactosa debe ser lo más gentil posible. Otra opción para reducir la intensidad de la reacción de Maillard es añadir asepticamente la enzima después del tratamiento térmico. Sin embargo, esto no decrece el riesgo de la reacción de Maillard durante el almacenamiento, pero si permite un menor rango de pardeamiento. Por este motivo, independientemente del tipo de tecnología UHT que se empleé, al temperatura de almacenamiento debe ser lo más baja posible.

Al comparar el desarrollo del cultivo iniciador durante el proceso de fermentación y a las 24 horas de almacenamiento del yogurt batido y el hidrolizado se pudo establecer que a pesar de evidenciarse un desarrollo más lento de las bacterias en los primeros 90 minutos de incubación, no se determinó una diferencia significativa por lo que se demostró que el uso de leche deslactosada no

afecta al desarrollo del *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus*.

No se percibieron diferencias significativas en los yogurts evaluados al determinar sus características físico-químicas y reológicas, a excepción del contenido de lactosa. Por lo que se puede establecer que debido al adecuado desarrollo del cultivo iniciador en ambos productos, se logró obtener un yogurt hidrolizado con características similares al tradicional y con la distinción de poseer un menor porcentaje de lactosa, convirtiéndolo en un producto de mayor aptitud para el consumo de personas intolerantes.

Ambos productos obtuvieron una excelente aceptación general por parte de los panelistas, calificando a los yogurts dentro de la categoría "Me gusta mucho". Demostrando que las características sensoriales del yogurt no se vieron afectadas por el uso de leche deslactosada.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABD-EL HADY, S., S. ABODU, A. DAWOOD, and M. YOUNIS. "Effect of lactase enzyme on the growth and activity of some dairy microorganisms." *Egyptian Journal of Dairy Science* 13 (1985): 19-24.
2. ALAIS, C. *Ciencia de la leche*. Barcelona: Reverté S.A., 1985.
3. ALM, L. "Effect of fermentation on lactose, glucose, and galactose content in milk and suitability of fermented milk products for lactose intolerant individuals." *Journal of Dairy Science* 65, no. 3 (1982): 346-352.
4. ÁVALOS, L. *Elaboración de yogurt deslactosado a base de leche de vaca, con adición de la enzima lactasa*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2012.
5. BATISTA, A., R. SILVA, A. CRUZ, J. FARIA, M. MOURA, and L. CARVALHO. "Lactose intolerance: possibility of ingesting fermented dairy products." *Milchwissenschaft* 4 (2008): 364-366.
6. BLAGIO, E. *Chemistry and technology of yoghurt fermentation*. Catania, Italia: Springer, 2014.
7. BLANCO, A. *Química biológica*. Buenos Aires: El Ateneo, 2006.
8. BRITO, C. *Guía de Práctico del Yogurt Batido y Yogurt Aflanado*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, 2008.
9. BROCKMAN, C., y C. BEEREN. *Consumer perceptions of additives in dairy products*. Vol. I, de *Encyclopedia of dairy sciences*, de J., FOX, P. y McSWEENEY, P. FUQUAY, 41 -48 p. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.

10. CASHMAN, K. *Macroelements, Nutritional significance*. Vol. III, in *Encyclopedia of dairy science*, by J. FUQUAY, P. FOX and P. McSWEENEY, 925-932. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
11. CHANDAN, R. "Dairy industry: Production and consumption trends." In *Dairy Processing & Quality Assurance*, by E. CHANDAN, 41-58. Iowa, Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc, 2008.
12. CHANDAN, R. "Dairy processing and quality assurance: An overview." In *Dairy processing & quality assurance*, by R. CHANDAN, A. KILARA and N. SHAH, 1-40. Iowa, Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc, 2008.
13. CHANDAN, R. "History and consumption trends." In *Manufacturing yogurt and fermented milks*, by R. CHANDAN, Y. HUI and A. KILARA, 3-15. Iowa, Estados Unidos: Blackwell Publishing Ltd, 2006.
14. CHANDAN, R. "Milk composition, physical and processing characteristics." In *Manufacturing yogurt and fermented milks*, by R., WHITE, C., KILARA, A. y HUI, Y. CHANDAN, 17-40. Oxford, Inglaterra: Blackwell Publishing Ltd, 2006.
15. CHANDAN, R. *Milk composition, physical and processing characteristics*. Vol. II, in *Handbook of food products manufacturing*, by Y. HUI, 347-378. New Jersey, Estados Unidos: John Wiley & Sons, 2007.
16. CHANDAN, R., y A. KILARA. «Role of milk and dairy foods in nutrition and health.» En *Dairy processing & quality assurance*, de R., KILARA, A. y SHAH, N. CHANDAN, 411-428. Iowa, Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc, 2008.
17. CHANDAN, R., y K. O'RELL. «Manufacture of various types of yogurts.» En *Manufacturing yogurt and fermented milks*, de R CHANDAN, C. WHITE, A. KILARA y Y. HUI, 211-236. Iowa, Estados Unidos: Blackwell Publishing Ltd, 2006.

18. CHANDAN, R., y K. O'RELL. «Principles of yogurt processing.» En *Manufacturing yogurt and fermented milks*, de R., WHITE, C., KILARA, A., HUI, Y. CHANDAN, 196-210. Oxford, Inglaterra: Blackwell Publishing Ltd, 2006.
19. CHANDAN, R., y K. SHAHANI. *Yogurt*. Vol. II, de *Dairy Science and Technology Handbook*, de Y. HUI, 1-56. California, Estados Unidos: Wiley-Interscience, 1993.
20. CHENG, H. "Volatile flavor compounds in yogurt: a review." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 50, no. 10 (2010): 938-950.
21. CHONG, M., y C. HARDY. «Cocoa feeding and human lactose intolerance.» *American Journal Clinical Nutrition* 49, nº 5 (1989): 840-844.
22. CODEX ALIMENTARIUS. *Codex Stran 243: Leches fermentadas*. Roma, Italia, 2003.
23. CORRIEU, G., y C. BÉAL. «Yogurt: The Product and its Manufacture.» En *Encyclopedia of food and health*, de B. CABALLERO, P. FINGLAS y F. TOLDRÁ, 617-624. Oxford, Inglaterra: Academic Press, 2015.
24. DA SILVA, M., y I. RUDKOWSKA. «Dairy products on metabolic health: Current research and clinical implications.» *Maturitas* 77, nº 3 (2014): 221–228.
25. DARIANI, D., J. FRANK, y M. LOEWENSTEIN. «Manufacture of low lactose yogurt by simultaneous lactose hydrolysis and bacterial fermentation.» *Cultured Dairy Products Journal* 17, nº 2 (1982): 18.
26. DEHKORDI, N., D. RAO, A. WARREN, and C. CHAWAN. "Lactose malabsorption as influenced by chocolate milk, skim milk, sucrose, whole milk, and lactic cultures." *Journal American Diet Association* 95, no. 4 (1995): 484-486.

27. DEKKER, P., y C. DAAMEN. *B-D-Galactosidase*. Vol. II, de *Encyclopedia of dairy sciences*, de J. FUQUAY, P. FOX y P. McSWEENEY, 276-283. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
28. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (DHHS). *Dietary guidelines for americans*. DHHS y HHS. Estados Unidos. 84 p, 2005.
29. DUPONT, D., R. GRAPPIN, S. POCHET, and D. LEFIER. *Milk Proteins: Analytical methods*. Vol. III, in *Encyclopedia of dairy sciences*, by J. FUQUAY, P. FOX and P. McSWEENEY, 741-750. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
30. FAO, FIDA y PMA. *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015. Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos*. Italia, Roma: FAO, 2015.
31. FOX, P. "Lactose: Chemistry and Properties." In *Advanced Dairy Chemistry: Lactose, Water, Salts and Minor Constituents*, by P. McSWEENEY and P. FOX, 1-16. New York, Estados Unidos.: Springer, 2009.
32. FOX, P. *Lactose: Chemistry, Properties*. Vol. III, in *Encyclopedia of dairy sciences*, by J. FUQUAY, P. FOX and P. McSWEENEY, 173-181. Londres, Inglaterra.: Academic Press, 2011.
33. FOX, P., T. UNIACKE-LOWE, P. McSWEENEY, and J. O'MAHONY. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Londres, Inglaterra: Springer, 2015.
34. FOX, P., y P. McSWEENEY. *Dairy chemistry and biochemistry*. Londres, Inglaterra: Blackie Academic & Professional, 1998.

35. GILLILAND, S., y H. KIM. «Effect of viable starter culture bacteria in yogurt on lactose utilization in humans.» *Journal of Dairy Science* 67, nº 1 (1984): 1-6.
36. GOLF, H., y A. HILL. «Chemistry and Physics.» En *Dairy science and technology handbook*, de Y. HUI, 1-62. California, Estados Unidos: Wiley-VCH, 1993.
37. GÜRAKAN, C., y N. ALTAY. «Yogurt microbiology and biochemistry.» En *Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products*, de F. YILDIZ, 97-122. Boca Ratón, Estados Unidos: Taylor and Francis Group, 2010.
38. HARJU, M., H. KALLIOINEN, y O. TOSSAVAINEN. «Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: Technological aspects.» *International Dairy Journal*, nº 22 (2012): 104-109.
39. HARNETT, J., G. DAVEY, A. PATRICK, C. CADDICK, and L. PEARCE. *Streptococcus thermophilus*. Vol. III, in *Encyclopedia of dairy sciences*, by J. FUQUAY, P. FOX and P. McSWEENEY, 143-148. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
40. HASSAN, A., y J. FRANK. «Starter cultures and their use.» En *Applied dairy microbiology*, de E. MARTH y J. STEELE, 165-206. New York, Estados Unidos: Marcel Dekker, 2001.
41. HE, T., et al. "Effects of yogurt and bifidobacteria supplementation on the colonic microbiota in lactose-intolerant subjects." *Journal of Applied Microbiology* 104, no. 2 (2008): 595–604.
42. HEANEY, R. "Dairy intake, dietary adequacy, and Lactose Intolerance." *Advances in Nutrition* 4, no. 2 (2013): 151-156.
43. HERNÁNDEZ, A., y J. VÉLEZ. *Efecto de la reducción y eliminación de lactosa en las propiedades de yogurt*.

- Guanajuato, México: Universidad de Guanajuato, 2010, 10.
44. HERTZLER, S., B. HUYNH, y D. SAVAIANO. «How much lactose is low lactose?» *Journal American Diet Association* 96, n° 3 (1996): 243-246.
 45. HERTZLER, S., y D. SAVAIANO. «Colonic adaptation to daily lactose feeding in lactose maldigesters reduces lactose intolerance.» *The American Journal of Clinical Nutrition* 64, n° 2 (1996): 232-236.
 46. HERTZLER, S., y S. CLANCY. «Kefir improves lactose digestion and tolerance in adults with lactose maldigestion.» *Journal of the American Dietetic Association* 103, n° 5 (2003): 582-587.
 47. HOLSINGER, V. "Lactose." In *Fundamentals of dairy chemistry*, by N. WONG, R. JENNESS, M. KEENEY and E. MARTH, 279-342. New York, Estados Unidos: AVI Publishing Co, 1988.
 48. HUPPERTZ, T., A. KELLY, y P. FOX. «Milk Lipids - Composition, Origin and Properties.» En *Dairy fats and related products*, de A. TAMIME, 1-27. Oxford, Inglaterra: Blackwell Publishing Ltd, 2009.
 49. HUTKINS, R. *Microbiology and technology of fermented foods*. Iowa, Estados Unidos: Blackwell Publishing, 2006.
 50. IDF, INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. *General Standard of Identity for Fermented Milks, Standard 163*. Bruselas, 1992.
 51. INEN, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. *NTE INEN 0973. Agua potable. Determinación del pH*. Quito, Ecuador, 1983.
 52. —. *NTE INEN 12. Leche. Determinación del contenido de grasa*. Quito, Ecuador, 1973.

53. —. NTE INEN 13. *Leche. Determinación de la acidez titulable.* Quito, Ecuador, 1984.
54. —. NTE INEN 16. *Leche y productos lácteos. Determinación del contenido de nitrógeno. Método Kjeldahl.* Quito, Ecuador, 2015.
55. —. NTE INEN 2395: *Leches fermentadas: Requisitos.* Quito, Ecuador, 2011.
56. INGRAM, C., y D. SWALLOW. «Lactose Malabsorption.» En *Advanced Dairy Chemistry: Lactose, Water, Salts and Minor Constituents*, de P. McSWEENEY y P. FOX, 203-229. New York, Estados Unidos: Springer, 2009.
57. ISMAIL, A., G. MOGENSEN, y R. POULSEN. «Organoleptic and physical properties of yogurt made from lactose hydrolysed milk.» *International Journal of Dairy Technology* 36, nº 2 (1983): 52-55.
58. ISO/IDF. *ISO 22662:2007 (IDF 198:2007) Milk and milk products -- Determination of lactose content by high-performance liquid chromatography (Reference method).* Geneva, Suiza: International Standardization Organization, 2007.
59. —. *ISO 9232:2003 (IDF 146:2003) Yogurt -- Identification of characteristic microorganisms (Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus and Streptococcus thermophilus).* Geneva, Suiza: International Standardization Organization, 2003.
60. KAILASAPATHY, K. "Chemical composition, physical and functional properties of milk and milk ingredients." In *Dairy processing & quality assurance*, by R. CHANDAN, A. KILARA and N. SHAH, 75-104. Iowa, Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc, 2008.
61. KELLY, A., y P. McSWEENEY. «Enzymes of significance to milk and dairy products.» En *Handbook of food science*,

- technology and engineering*, de Y. HUI, 485-504. Boca Raton, Estados Unidos: Advisory Board, 2006.
62. KILARA, A., y K. SHAHANI. «Lactase Activity of Cultured and Acidified Dairy Products.» *Journal of Dairy Science* 59, nº 12 (1976): 2031–2035.
 63. KIRDAR, S., E. SEZGIN, y M. ATAMER. «A study on the quality criteria of yoghurts manufactured by using β -galactosidase enzyme.» *The Journal of Food: GIDA* 25, nº 2 (2000): 141-148.
 64. LEE, W., y J. LUCEY. «Formation and physical properties of yogurt.» *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 23, nº 9 (2010): 1127-1136.
 65. LEICHTER, J. "Comparison of whole milk and skim milk with aqueous lactose solution in lactose tolerance testing." *American Journal Clinical Nutrition* 26, no. 4 (1973): 393-396.
 66. LEREBOURS, E., C. NDAM, A. LAVOINE, M. HELLOT, J. ANTOINE, and R. COLIN. "Yogurt and fermented-then-pasteurized milk: effects of short-term and long term ingestion on lactose absorption and mucosal lactase activity in lactase-deficient subjects." *American Journal of Clinical Nutrition* 49, no. 5 (1989): 823-827.
 67. LI, X., D. MOU, C. CHEN, H. ZHU, S. WANG, and X. YANG. "Study on the fermentation properties of low lactose yogurt and common yogurt." *Food Research and Development*, no. 10 (2013): 57-59.
 68. LOMER, M., G. PARKES, y J. SANDERSON. «Review article: lactose intolerance in clinical practice – myths and realities.» *Alimentary Pharmacology & Therapeutics* 27, nº 2 (2008): 93-103.
 69. MAĐRY, E., et al. "Tolerance of different dairy products in subjects with symptomatic lactose malabsorption due to

- adult type hypolactasia." *Przeegląd Gastroenterologiczny* 6, no. 5 (2011): 310-315.
70. MALET, A., A. BLAIS, y D. TOMÉ. *Nutritional quality of milk proteins*. Vol. III, de *Encyclopedia of dairy sciences*, de J. FUQUAY, P. FOX y P. McSWEENEY, 816-820. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
 71. MARTEAU, P., B. FLOURIE, P. POCHART, C. CHASTANG, J. DESJEUX, and J. RAMBAUD. "Effect of the microbial lactase (EC 3.2.1.23) activity in yogurt on the intestinal absorption of lactose: an in vivo study in lactase-deficient humans." *British Journal of Nutrition* 64, no. 1 (1990): 71–79.
 72. MARTINS, A., A. MANERA, R. MONTEIRO, J. BURKERT, and C. BURKERT. "Lactose conversion and the synthesis of galactooligosaccharides in a simultaneous lagged bioprocess using β -galactosidases and probiotic microorganisms." *Brazilian Journal of Food Technology* 14, no. 2 (2011): 130-136.
 73. MARTINS, R., R. LEMOS, J. FERNANDES, and C. VELGA. "Simultaneous enzymatic hydrolysis and lactic fermentation to obtain a yogurt with low lactose content." *Ciência e Agrotecnologia* 36, no. 5 (2012): 551-559.
 74. McCARTHY, O. *Rheology of liquid and semi-solid milk products*. Vol. Vol. 4, in *Encyclopedia of Dairy Sciences*, by J. FUQUAY, P. FOX and P. McSWEENEY, 520-531. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
 75. MEHTA, B., R. IWANSKI, y A. KAMAL-ELDIN. «Introduction.» En *Fermentation: Effects on food properties*, de B. MEHTA, R. IWANSKI y A. KAMAL-ELDIN, 1-6. Boca Raton, Estados Unidos: CRC Press, 2012.

76. MEYDANI, S., y W. HA. *American Journal of Clinical Nutrition* 71, nº 4 (2000): 861-72.
77. MILLER, G., J. JARVIS, y L. McBEAN. *Handbook of dairy foods and nutrition*. Boca Raton, Estados Unidos: CRC Press, 2000.
78. MLICHOVÁ, Z., y M. ROSENBERG. «Current trends of β -galactosidase application in food technology.» *Journal of Food and Nutrition Research* 45, nº 2 (2006): 47-54.
79. MONTES, R., T. BAYLESS, J. SAAVEDRA, and J. PERMAN. "Effect of milks inoculated with *Lactobacillus acidophilus* or a yogurt starter culture in lactose-maldigesting children." *Journal of Dairy Science* 78 (1995): 1657-1664.
80. MORRISSEY, P., y T. HILL. *Vitamin E*. Vol. IV, de *Encyclopedia of Dairy Sciences*, de J. FUQUAY, P. FOX y P. McSWEENEY, 652-660. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
81. MUEHLHOFF, E., A. BENNETT, y D. McMAHON. *Milk and dairy products in human nutrition*. Italia, Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.
82. NAGARAJ, M., B. SHARANAGOUDA, H. MANJUNATH, and M. MANAFI. "Standardization of different levels of lactose hydrolysis in the preparation of lactose hydrolyzed yoghurt." *Iranian Journal of Veterinary Research* 10, no. 2 (2012): 132-136.
83. NOHR, D., H. BIESALSKI, y E. BACK. *Niacin*. Vol. IV, de *Encyclopedia of Dairy Sciences*, de J. FUQUAY, P. FOX y P. McSWEENEY, 690-694. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
84. NOHR, D., H. BIESALSKI, y E. BACK. *Riboflavin*. Vol. IV, de *Encyclopedia of Dairy Sciences*, de J. FUQUAY, P. FOX y P. McSWEENEY, 704 -706. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.

85. NOHR, D., H. BIESALSKI, y E. BACK. *Thiamine*. Vol. IV, de *Encyclopedia of Dairy Sciences*, de J. FUQUAY, P. FOX y P. McSWEENEY, 701-703. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
86. O'BRIEN, N., y T. O'CONNOR. *Milk Lipids: Nutritional Significance*. Vol. III, de *Encyclopedia of dairy sciences*, de J. FUQUAY, P. FOX y P. McSWEENEY, 711-715. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
87. OECD-FAO, ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT-FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Agricultural Outlook*. Paris, Francia: OEDC Publishing, 2014.
88. OLIVEIRA, M. *Fermented milks and yogurt*. Vol. 1, in *Encyclopedia of food microbiology*, by C. BATT and M. TORTOLERO, 908-922. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2014.
89. ONWULATA, C., D. RAO, y P. VANKINENI. «Relative efficiency of yogurt, sweet acidophilus milk, hydrolyzed-lactose milk, and a commercial lactase tablet in alleviating lactose maldigestion.» *American Journal of Clinical Nutrition* 49, nº 6 (1989): 1233-1237.
90. ÖZER, B. "Microbiology and biochemistry of yogurt and other fermented milk products." In *Dairy Microbiology and Biochemistry: Recent Developments*, by B. ÖZER and G. AKDEMIR-EVRENDILEK, 167-213. Boca Raton, Estados Unidos: CRC Press, 2014.
91. ÖZER, B. "Strategies for yogurt manufacturing." In *Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products*, by F. YILDIZ, 47-96. Boca Raton, Estados Unidos: CRC Press, 2010.

92. ÖZER, B., y H. KIRMACI. «Quality attributes of yogurt and functional dairy products.» En *Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products*, de F. YILDIZ, 229-266. Boca Raton, Estados Unidos: CRC Press, 2010.
93. PARODI, P. *Nutritional significance of milk lipids*. Vol. 2, in *Advanced Dairy Chemistry: Lipids*, by P. FOX and P. McSWEENEY, 601-640. New York, Estados Unidos: Springer, 2006.
94. PEROTTI, M., V. WOLF, I. VÉNICA, and V. BERGAMINI. "Dairy Products Modified in their Lactose Content." *Current Nutrition & Food Science*, no. 8 (2012): 8-18.
95. POCHART, P., O. DEWIT, J. DESJEUX, and P. BOURLIOUX. "Viable starter culture, beta-galactosidase activity, and lactose in duodenum after yogurt ingestion in lactase-deficient humans." *American Journal of Clinical Nutrition* 49, no. 5 (1989): 828-831.
96. POPHALY, S., H. KUMAR, S. KUMAR, and R. SINGH. "Yogurt: Concepts and developments." In *Fermented milk and dairy products*, by A. PUNIYA, 311-327. Boca Raton, Estados Unidos: CRC Press, 2015.
97. RIZZELLO, C., y M. ANGELIS. *Lactobacillus spp.: Lactobacillus delbrueckii Group*. Vol. III, de *Encyclopedia of dairy sciences*, de J. FUQUAY, P. FOX y P. McSWEENEY, 119-124. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
98. ROBINSON, R. *Yogurt: Types and Manufacture*. Vol. II, in *Encyclopedia of dairy science*, by J. FUQUAY, P. FOX and P. McSWEENEY, 525-528. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
99. ROBINSON, R., A. TAMIME, y M. WSZOLEK. «Microbiology of fermented milks.» En *Dairy Microbiology Handbook*,

- de R. ROBINSON, 367-430. New York, Estados Unidos: John Wiley & Sons Inc., 2002.
100. ROBINSON, R., J. LUCEY, y A. TAMIME. «Manufacture of Yoghurt.» En *Fermented Milks*, de A. TAMIME, 53-75. Oxford, Inglaterra: Blackwell Science, 2006.
101. ROBINSON, R., y P. ITSARANUWAT. «Properties of yoghurt and their appraisal.» En *Fermented milks*, de A. TAMIME, 76-94. Oxford, Inglaterra: Blackwell Publishing, 2006.
102. RODRÍGUEZ, V., B. CRAVERO, y A. ALONSO. «Proceso de elaboración de yogur deslactosado de leche de cabra.» *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 28 (2008): 109-115.
103. ROUTRAY, W., y H. MISHRA. «Scientific and technical aspects of yogurt aroma and taste: A review.» *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 10, nº 4 (2011): 208-220.
104. SAUVANT, P., B. GRAULET, B. MARTIN, P. GROLIER, and V. AZAÏS-BRAESCO. *Vitamin A*. Vol. IV, in *Encyclopedia of Dairy Sciences*, by J. FUQUAY, P. FOX and P. McSWEENEY, 639-645. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
105. SAVAIANO, D., A. ABOUELANOUAR, D. SMITH, and M. LEVITT. "Lactose malabsorption from yogurt, pasteurized yogurt, sweet acidophilus milk, and cultured milk in lactase-deficient individuals." *American Journal of Clinical Nutrition* 40, no. 6 (1984): 1219-1223.
106. SAXELIN, M., R. KORPELA, y A. MÄYRÄ-MÄKINEN. «Functionall dairy products.» En *Dairy processing improving quality*, de G. SMIT, 229-245. Cambridge, Inglaterra: Woodhead Publishing Limited, 2003.
107. SHAH, N. *Bifidobacterium spp.: Applications in Fermented Milks*. Vol. I, in *Encyclopedia of dairy sciences*,

- by J. FUQUAY, P. FOX and P. McSWEENEY, 388-394. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
108. SHAH, N. "Health benefits of yogurt and fermented milks." In *Manufacturing yogurt and fermented milks*, by R. CHANDAN, 327-340. Oxford, Inglaterra: Blackwell Publishing, 2006.
109. SHAH, N., y T. VASILJEVIC. «Cultured milk and yogurt.» En *Dairy processing & quality assurance*, de R. CHANDAN, A. KILARA y N. SHAH, 219-252. Iowa, Estados Unidos: John Wiley & Sons Inc, 2008.
110. SHAKEEL, U. "Reduced lactose and lactose-free dairy products." In *Advanced Dairy Chemistry: Lactose, Water, Salts and Minor Constituents*, by P. McSWEENEY and P. FOX, 98-104. New York, Estados Unidos: Springer, 2009.
111. SHAUKAT, A., et al. "Systematic review: effective management strategies for lactose intolerance." *Annals of Internal Medicine* 152, no. 12 (2010): 797-803.
112. STAVEREN, W., y L. GROOT. *Vitamin D*. Vol. IV, de *Encyclopedia of Dairy Sciences*, de J. FUQUAY, P. FOX y P. McSWEENEY, 646-651. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
113. SUCHY, F., y P. BRANNON. «National Institutes of Health Consensus Development Conference: lactose intolerance and health.» *Annals of Internal Medicine* 152, nº 12 (2010): 792-796.
114. SWALLOW, D. *Lactose Intolerance*. Vol. III, in *Encyclopedia of dairy sciences*, by J. FUQUAY, P. FOX and P. McSWEENEY, 236-240. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
115. TAMIME, A., y R. ROBINSON. *Yoghurt, science and technology*. Boca Raton, Estados Unidos: CRC Press, 2000.

116. TAMIME, A., y V. MARSHALL. «Microbiology and technology of fermented milks.» En *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*, de B. LAW, 57-152. Londres, Inglaterra: Blackie Academic & Professional, 1997.
117. TAYLOR, M., y A. MACGIBBON. *Milk Lipids: General Characteristics*. Vol. III, de *Encyclopedia of dairy sciences*, de J. FUQUAY, P. FOX y P. McSWEENEY, 649-654. Londres, Inglaterra: Academic Press, 2011.
118. THE NATIONAL DAIRY COUNCIL (NDC). *The 'milk, yogurt & cheese' food group*. 2015. http://www.ndc.ie/why_dairy/milk_yogurt_cheese_servings.asp.
119. TUURE, T., y R. KORPELA. «Lactose intolerance and low-lactose dairy products.» En *Handbook of functional dairy products*, de C. SHORTT y J. O'BRIEN, 71-90. Boca Raton, Estado Unidos: CRC Press, 2004.
120. US DEPARTMENT OF AGRICULTURE, US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. *Dietary Guidelines for americans*. Washington, Estados Unidos: Government Printing Office, 2010.
121. USDA , UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Choose my plate*. 2015. <http://www.choosemyplate.gov/about>.
122. VALLS, J., E BOTA, J. CASTRO, J. SANCHO, and E. VAYREDA. *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Barcelona, España: Edicions Universitat Barcelona, 2001.
123. VARGA, Z., M. ROMAN, y A. TOTH. «Production of lactose-free probiotic yoghurts for lactose-sensitive people.» *Journal Citation Reports* 33, nº 4 (2004): 377-385.

124. VASILJEVIC, T., y P. SHAH. «Cultured milk and yogurt.» En *Dairy processing and quality assurance*, de R. CHANDAN, A. KILARA y N. SHAH, 235-265. Oxford, Inglaterra: John Wiley & Sons, 2008.
125. VÉLEZ, J., y A. RIVAS. «Propiedades y características del yogurt.» *Información Tecnológica* 12, n° 6 (2001): 35-42.
126. VÉNICA, C., C. BERGAMINI, C. ZALAZAR, and M. PEROTTI. "Effect of lactose hydrolysis during manufacture and storage of drinkable yogurt." *Journal of Food & Nutritional Disorders* 5, no. 2 (2013): 1-7.
127. VÉNICA, C., I. WOLF, M. PEROTTI, C. BERGAMINI, and C. ZALAZAR. "Intolerancia a la lactosa. Productos lácteos modificados." *Tecnología láctea latinoamericana* 12, no. 65 (2011): 50-55.
128. VÉNICA, C., M. PEROTTI, y C. BERGAMINI. «Organic acids profiles in lactose-hydrolyzed yogurt with different matrix composition.» *Dairy Science & Technology* 94, n° 6 (2014): 561-580.
129. VÉNICA, C., S. COSTA, N. SABBAG, and M. PEROTTI. "Yogurt funcional y reducido en lactosa: características fisicoquímicas y sensoriales." *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 2015: 38-42.
130. WALSTRA, P., J. WOURTERS, y T. GEURTS. *Dairy science and technology*. Boca Raton, Estados Unidos: CRC Press, 2006.
131. WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Nutrition*. 2015. http://www.who.int/nutrition/about_us/en/.
132. —. «Obesity and overweight.» 2015. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>.
133. WOLF, I., C. VÉNICA, y M. PEROTTI. «Effect of reduction of lactose in yogurts by addition of β -galactosidase enzyme on volatile compound profile and quality

Descubre tu próxima lectura

Si quieres formar parte de nuestra comunidad, regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse> y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

María Gabriela Cabrera Collin.

Nacida en Guayaquil-Ecuador en 1982. Es Médico Veterinario Zootecnista y Master en Procesamiento de Alimentos, graduada de la Universidad Agraria del Ecuador. En el 2009 obtuvo una Especialización en Ciencia y Tecnología de la Leche, en la Universidad Austral de Chile. Ha trabajado como docente universitaria por ya casi diez años, desarrollando una amplia actividad en áreas vinculadas con la microbiología y bioquímica de los alimentos, en particular a los temas relacionados a las industrias lácteas. Actualmente, sigue desempeñándose dentro del área académica en la Universidad de Guayaquil, en donde también ha participado en el desarrollo de trabajos de titulación de pregrado y en el área de investigación de la Facultad de Ingeniería Química.

gabriela.cabrerac@ug.edu.ec

Viviana Teresa Villa Cox.

Nacida en Guayaquil-Ecuador en 1991. Es Licenciada en Gastronomía y Master en Procesamiento y Conservación de Alimentos, graduada de la Universidad de Guayaquil. Ha trabajado como docente universitaria por ya casi cuatro años, desarrollando una amplia actividad en áreas vinculadas con la bromatología de los alimentos, en particular a los temas relacionados a la industria de los alimentos. Actualmente, sigue desempeñándose dentro del área académica en la Universidad de Guayaquil, en donde también ha participado en el desarrollo de trabajos administrativos, de titulación de pregrado y en el área de investigación de la Facultad de Ingeniería Química.

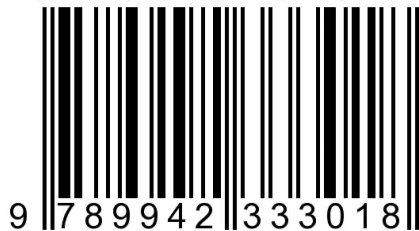
viviana.villac@ug.edu.ec

compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

ISBN: 978-9942-33-301-8



compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com