



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia de Alimentos



Danilo Corsi Vidotto

Leites e produtos lácteos com baixo teor de lactose:
Mercado, tecnologias de produção, análise e rotulagem

Campinas-SP
2017



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia de Alimentos



Danilo Corsi Vidotto

Leite e produtos lácteos com baixo teor de lactose:

Mercado, tecnologias de produção, análise e rotulagem

Trabalho de conclusão de curso de curso de graduação apresentado à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, sob orientação da Profa. Dra. Mirna Lúcia Gigante, como exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Campinas-SP
2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos
Claudia Aparecida Romano - CRB 8/5816

V669L Vidotto, Danilo Corsi, 1989-
Leites e produtos lácteos com baixo teor de lactose : mercado, tecnologias de produção, análise e rotulagem / Danilo Corsi Vidotto. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Mirna Lúcia Gigante.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Baixo teor de lactose. 2. Membranas (Tecnologia). 3. Hidrólise de lactose. I. Gigante, Mirna Lúcia. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Titulação: Engenheiro de alimentos

Data de entrega do trabalho definitivo: 28-11-2017

Danilo Corsi Vidotto

Leite e produtos lácteos com baixo teor de lactose:

Mercado, tecnologias de produção, análise e rotulagem

Campinas 28 de novembro de 2017

Prof^a. Dr^a. Mirna Lúcia Gigante
(Professora Orientadora)

Prof^a. Dr^a. Nathalia Cristina Cirone Silva
(Coordenadora da disciplina)

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela oportunidade pela oportunidade de estudar nesta Universidade.

Agradeço a meus amigos e colegas pela amizade, compreensão, apoio e momentos de diversão.

Agradeço a meus familiares pelo suporte, força e carinho.

Agradeço a professora Mirna pelos ensinamentos, dedicação e paciência.

Resumo

A demanda crescente por produtos lácteos sem lactose tem mobilizado órgãos regulatórios e a indústria de alimentos, em especial a de leite e derivados, no sentido de desenvolver, respectivamente, rotulagens e tecnologias adequadas para o atendimento dessa solicitação. O objetivo deste trabalho foi revisar as tecnologias utilizadas na redução ou remoção da lactose em leite e produtos lácteos, discutir os métodos analíticos envolvidos na sua avaliação e o atual sistema de rotulagem em relação à lactose. Inicialmente, foram apresentados dados que justificam a necessidade de redução e/ou remoção da lactose. Seguidos pelas tecnologias envolvidas para hidrólise ou remoção física da lactose, discutindo suas aplicações e limitações na produção de leite e produtos lácteos com baixo teor de lactose. Essa discussão envolveu a fabricação de leite pasteurizado, leite esterilizado UHT, iogurte, sorvete, leite condensado, doce de leite, queijos e leite em pó. Finalmente, foram abordados os aspectos de rotulagem e as metodologias analíticas necessárias para a avaliação de produtos com redução ou remoção de lactose. Em resumo, podemos concluir que as tecnologias disponíveis permitem a redução e remoção da lactose em produtos lácteos e que a legislação de rotulagem de produtos contendo lactose publicada em 2017 apresentou inovações no setor, exigindo mais das indústrias e esclarecendo melhor o consumidor. No entanto, metodologias rápidas e baratas de quantificação de lactose devem ser desenvolvidas em substituição aos métodos cromatográficos disponíveis atualmente.

Palavras-chave: Baixo teor de lactose; Membranas (tecnologia); Hidrólise da lactose.

Abstract

The increase of demand of lactose free milk products is changing the food industry scenario, specially the dairy industry and regulatory organizations. The goal of this mobilization is to develop technologies and appropriated labeling to attend this requirement. The goal of this assessment was to revise the technologies used to reduce/remove lactose content in milk and milk products, discuss methods of analysis involved and the current labelling system related to lactose. First, information that justify the reducing/removing lactose necessity were presented. Followed by the technologies used on hydrolysis or physical removal of lactose, discussing their applications and limitations on low lactose content dairy products manufacturing. This revision covered products like pasteurized milk, UHT milk, cheese, milk powder, yogurt, and condensed milk. Finally, labelling and analytical methodologies required of low lactose/lactose free products evaluation were approached. In conclusion, the technologies available are efficient to reduce or remove lactose from dairy products and the new regulations that has been published on 2017 presented innovations on dairy industry, demanding more from industries and offering more information to the costumers. However, faster and cheaper quantification methodologies need to be developed to substitute chromatographic methods available at the moment.

Key words: Low lactose content; Membranes (technology); Hydrolysis of lactose

Sumário

1. Introdução	8
2. Desenvolvimento	10
2.1. Mercado	10
2.3. Tecnologias	13
2.3.1. Tratamento enzimático	14
2.3.2. Tecnologias de membrana	15
2.3.3. Cromatografia	17
2.3.4. Combinação dos métodos	18
2.4. Produtos derivados	18
2.4.1. Iogurte	18
2.4.2. Sorvetes lácteos	20
2.4.3. Leite condensado e Doce de leite	20
2.4.4. Queijos	21
2.4.5. Leite em pó	22
2.5. Análises	24
2.6. Legislação	25
3. Conclusão	27
4. Referências	28

1. Introdução

Segundo o Guia Alimentar, do Ministério da Saúde, o leite é um alimento largamente utilizado na alimentação brasileira sendo considerado um alimento nutricionalmente rico e balanceado em proteínas, gorduras, carboidratos, vitaminas e minerais. Ele pode ser utilizado como bebida, no preparo de variadas receitas em todas as refeições, bem como é a matéria prima básica para fabricação de derivados como queijos, iogurtes, bebidas lácteas e cremes (BRASIL, 2014).

Apesar do reconhecido valor nutricional do leite, estudos de 1960-70 indicaram que a maioria da população mundial possui algum problema relacionado à digestão e da lactose (MONTGOMERY, 1991), o carboidrato presente no leite da maioria dos mamíferos. Estima-se que 65% da população manifeste sintomas relativos à sua má digestão (PEREIRA ET AL., 2012).

A lactose é o carboidrato majoritário do leite e a principal fonte de energia de lactentes, fornecendo 4 kcal/g. Quimicamente é um dissacarídeo constituído de D-glicose e D-galactose (WALSTRA, WOUTERS, GEURTS, 2006). Sua digestão está relacionada à presença da enzima lactase no trato gastrointestinal, que promove a hidrólise da lactose em glicose e galactose, para a correta absorção pelo organismo (PEREIRA FILHO, FURLAN; 2004; TEO, 2002).

A deficiência da lactase, associada com o aumento do número de pessoas preocupadas com a alimentação e em busca de melhor qualidade de vida, gerou a demanda de adaptações tecnológicas para redução de teor ou remoção de lactose em leite e produtos lácteos, evitando assim a substituição desses produtos por produtos não lácteos. Para atender este requerimento, pesquisas foram realizadas para diminuir o teor ou remover a lactose presente no leite e produtos lácteos, nicho de mercado que está em crescimento no Brasil nos últimos anos (PEREIRA ET AL., 2012).

Dentre as tecnologias utilizadas para a redução e/ou remoção da lactose, estão a hidrólise enzimática e sua remoção física, via membranas ou via cromatografia. A hidrólise é a tecnologia mais usada pela facilidade da adição da enzima lactase que cliva a molécula de lactose resultando em seus monossacarídeos constituintes que podem ser consumidos sem problemas de absorção. Porém, essa técnica isolada torna o leite mais doce e pode deixá-lo escuro como consequência do escurecimento não enzimático, que envolve a

interação de proteínas ou aminas com carboidratos (reação de Maillard) quando o processamento envolve calor após a hidrólise. Já a tecnologia de membranas pode remover a lactose parcialmente, e, quando combinada com hidrólise, traz a doçura semelhante à do leite original. A tecnologia de cromatografia permite a separação da lactose por afinidade, porém é de alto custo e difícil adaptação para ser utilizada em larga escala produtiva (SHAKEEL-UR-REHMAN, 2009).

O crescimento do nicho de mercado sem lactose trouxe a necessidade de modificações na legislação vigente, que foram inseridas em 2017 trazendo maior padronização aos produtos que tiveram alguma modificação no teor original do carboidrato, trazendo mais informação e confiabilidade ao consumidor. Sendo assim, alguns desafios na produção de leites e lácteos sem lactose, atendimento aos padrões estabelecidos pela legislação, escurecimento de produtos, alteração de doçura e mudança no ponto de congelamento do leite que serão discutidos neste trabalho.

2. Desenvolvimento

2.1. Mercado

A demanda de produtos alimentícios reduzidos em lactose aumentou no Brasil e no Mundo. O banco global de dados de novos produtos da Mintel mostra que, das inovações em alimentos e bebidas dos últimos anos, houve aumento da quantidade de embalagens que trouxeram informações indicando teor reduzido ou ausência de lactose. O crescimento registrado foi de 3,1% em 2013, 3,4% em 2014 e 5,9% em 2015, indicando a ascensão do nicho de mercado. Os lançamentos não são restritos a lácteos, como também para outros produtos como chocolates e produtos de panificação (MINTEL GROUP LTD, 2016).

Em pesquisa global online realizada com mais de 30 mil participantes, 68% dos entrevistados estão dispostos a pagar mais por alimentos e bebidas que não possuam ingredientes indesejáveis, e 34% do público da América Latina relata ter alguma alergia ou intolerância alimentar (THE NIELSEN COMPANY, 2016). A Tabela 1 traz o percentual estimado da população que limita ou restringe a ingestão de lactose em sua dieta, a América Latina possui a maior incidência com 14%.

Tabela 1. Percentual da população que possui dieta com restrição de lactose

Região	% que diz que segue dieta com limitação ou restrição lactose
Ásia-Pacífico	10
Europa	5
Oriente médio/África	8
América Latina	14
América do Norte	7

Dados extraídos de The Nielsen (2016).

No Brasil, a estimativa é que ao menos 40% da população sente algum desconforto ou problema digestivo ao consumir produtos lácteos (SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA, 2017). Com isso, agroindústrias da área procuram acompanhar as tendências dos consumidores, investindo na produção de alimentos sem lactose, e inovando com produtos sem ou baixo em lactose (SERVIÇO

BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS, 2014; SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA, 2017)

Segundo a Associação Paulista de Supermercados (2016), em pesquisa realizada em 2015 com parceria com as empresas Nielsen e Kantar, a segunda maior preocupação do brasileiro é com a saúde. Dentre as alterações relatadas, estão a redução no consumo de refrigerantes e margarinas e aumento do consumo de água de coco e manteiga. No entanto, a maior diferença no consumo foi registrada no leite, que teve queda de -6% para os leites comuns, e aumento dos de baixa lactose de +78%.

2.2. Leite e Lactose

A composição do leite varia em função da espécie, saúde, alimentação, estágio de lactação, idade, intervalo entre as ordenhas de leite, entre outros. A composição média do leite bovino é apresentada na Tabela 2. Do ponto de vista físico-químico, o leite é um fluido complexo e seus constituintes se encontram em três fases. A maior das fases é aquosa, que é uma solução de lactose, sais orgânicos e inorgânicos e outras moléculas menores. Suspenso nesta fase há proteínas do soro do leite dispersas a nível molecular e as caseínas, na forma de agregados coloidais (50 a 600nm). Já a gordura está presente na forma emulsionada, em glóbulos de 0,1-20µm (FOX, MCSWEENEY, 1998).

Tabela 2. Composição do leite bovino.

Fração	Percentual (%)
Água	85,3-88,7
Gordura	2,5-5,5
Proteínas	2,3-4,4
(caseínas)	1,7-3,5
Lactose	3,8-5,3
Minerais	0,57-0,83
Ácidos orgânicos	0,12-0,21

Fonte: Walstra; Wouters; Geurts (2006).

A lactose é o principal carboidrato do leite, que possui também glicose e outros oligossacarídeos em concentrações muito baixas. Ela é um dissacarídeo redutor composto de galactose e glicose ligadas por uma ligação glicosídica $\beta 1 \rightarrow 4$, e corresponde ao sólido em maior teor presente no leite, sendo 38% dos sólidos do leite ou 54% dos sólidos não gordurosos do leite (FOX, 2009).

A lactose é um açúcar redutor, i.e., possui um grupo carbonila potencialmente livre e, como outros açúcares redutores, pode participar da reação de Maillard (escurecimento não enzimático), resultando na produção de compostos de sabor e polímeros de coloração escura, não desejáveis no leite e na maioria dos lácteos. (WALSTRA, WOUTERS, GEURTS, 2006).

Assim como outros açúcares redutores, a lactose existe parcialmente na forma de cadeia aberta com um grupo aldeído com potencial formador de hemiacetal seguido de estrutura em anel. A formação do hemi-acetal cria um novo centro quiral (carbono assimétrico), que pode existir em duas formas isômeras (enantiomorfos) α e β . Através da abertura e formação da estrutura, a molécula pode mudar entre ambas as estruturas, processo conhecido como mutarrotação. α e β -lactose diferem em rotação específica e solubilidade (70 e 500g/L, respectivamente), além de cristalizarem diferentemente (α -lactose cristaliza em monohidratos e β -lactose forma cristais anidridos) (FOX, 2009).

A lactose sofre mudanças em suas propriedades de acordo com o meio, ou seja, pH, temperatura, concentração, sendo relevante a discussão do processo de produção de cada derivado lácteo em especial (WALSTRA, WOUTERS, GEURTS, 2006). A quantificação da lactose pode ser realizada através de titulação de oxirredução usando CuSO_4 (solução de Fehling) ou T-cloramina, como método mais prático e barato. Porém, como eles apresentam faixa de detecção limitada para teores reduzidos e não diferenciam lactose de glicose e galactose, outros métodos como espectrofotometria de infra-vermelho, polarimetria, espectrofotometria a luz visível ou cromatografia líquida de alta eficiência podem ser utilizados. Eles possuem limite de detecção menor e diferenciam mono de dissacarídeos (FOX, 2009).

O leite é um alimento considerado rico em nutrientes, e sua composição e características são intrínsecas ao metabolismo do lactente. A inserção precoce do leite de vaca na alimentação humana provocou aumento no índice de alergia a

proteína de leite de vaca e intolerância a lactose, a alergia é uma resposta do sistema imunológico e normalmente é desencadeada por uma proteína, não há alergia a lactose (GASPARIN, TELES, ARAÚJO, 2010).

A intolerância alimentar é classificada como qualquer resposta diferente a um alimento ou aditivo, sem haver intervenção imunológica (BRICKS, 1994). Especificamente, intolerantes à lactose sofrem de um conjunto de sintomas clínicos acompanhados de má digestão do carboidrato, causados pela falta da ação da enzima lactase no intestino (FOX, MCSWEENEY, 1998).

Há quatro classificações da deficiência causada pela ausência da atividade da lactase. A mais comum delas, e conhecida como deficiência primária da lactase, é a hipolactasia adulta, decorrente de fatores hereditários e pode ser por falta relativa ou definitiva da enzima. A segunda, e também muito comum, é causada por modificações na borda da escova do intestino, provenientes de doenças como gastroenterite, desnutrição, doença celíaca, dentre outras, podendo ocorrer também como consequência de cirurgias no aparelho digestivo. A terceira classificação é congênita e bastante rara, se manifesta na primeira ou segunda ingestão de leite do recém-nascido, ocorrendo ausência total ou parcial da atividade de lactase. A quarta é tida como intolerância ontogenética, ocorrendo de 2 a 5 anos até a fase adulta, é comum nesse caso ocorrer disfarce da intolerância, pois crianças relatam não gostar do leite, tornando-se pacientes assintomáticos (GASPARIN, TELES, ARAÚJO, 2010).

Porém, o aparecimento de sintomas que causam desconforto com a ingestão de produtos com lactose é particular do indivíduo. Dentre fatores que afetam o aparecimento deles estão a dose de lactose, a taxa de esvaziamento gástrico, característica física e composição do alimento. No geral, o consumo de leites fermentados e queijos maturados apresenta menor incidência de desconforto que leite líquido, por exemplo, uma vez que estes produtos possuem, naturalmente, menor teor de lactose (TEO, 2002),

2.3. Tecnologias

A redução do teor de lactose do leite pode ser feita de três maneiras: tratamento enzimático, tecnologia de membranas, cromatografia ou a combinação de dois deles. O tratamento enzimático consiste em aplicação de enzima que irá atuar na hidrólise da lactose, de forma que restem seus açúcares formadores no

produto final. Já a remoção por membranas ou cromatografia tratam de uma remoção física, na qual o açúcar deixa de estar presente, produzindo leite delactosado.

2.3.1. Tratamento enzimático

A redução da lactose no leite é obtida através do uso da enzima lactase (β -D-galactosidase), obtida comercialmente através de produção microbiana. A lactase atua na hidrólise do dissacarídeo em seus constituintes primários, os monossacarídeos glicose e galactose, que são mais solúveis, melhorando a textura de leite fluído. Há também, como resultado do processo, aumento da doçura devido a combinação dos monossacarídeos ser mais doce que o dissacarídeo (SHAKEEL-UR-REHMAN, 2009).

Essa enzima atua na faixa 4-40°C, porém sua atividade ótima ocorre a 30-40°C revelando grande vantagem de economia de energia, pois ocorre a temperatura ambiente de forma eficiente. Para a produção de leite pasteurizado com teor de lactose reduzido a enzima deve ser adicionada antes do tratamento térmico. No entanto, para o processamento de leite esterilizado UHT a enzima pode ser adicionada antes ou após o tratamento térmico do leite. Para a hidrólise prévia ao UHT, o procedimento relatado por Longo (2006) consiste em pasteurização do leite cru (72°C/15s), inoculação da enzima com armazenamento em tanque asséptico (6-10°C/15h ou 37-40°C/4h) para a reação, seguido de esterilização e envase. Neste caso processo, a hidrólise ocorre em tanques (batelada), antes do tratamento térmico, sendo a enzima inativada durante o tratamento térmico do leite. Durante o processo em batelada o grau de hidrólise pode ser controlado através de índice crioscópico (SHAKEEL-UR-REHMAN, 2009).

Quando realizado após o tratamento térmico (UHT (141°C/5s)), o processo ocorre de forma contínua e a enzima deve ser adicionada de forma asséptica, para evitar contaminação, e o leite deve ser envasado assepticamente (LONGO, 2006). Este processo possui a vantagem de não requerer as etapas de pasteurização e hidrólise em tanques, porém não é possível o controle do grau de hidrólise, que ocorre no produto embalado, uma vez que a enzima não é inativada. Neste caso, a enzima é considerada um ingrediente do produto final, devendo constar na lista de ingredientes. Em qualquer uma das situações a hidrólise da lactose torna o leite

mais doce devido à combinação da doçura da glicose e galactose ser maior que a da lactose. Porém, quando a enzima é adicionada assepticamente após o tratamento térmico, minimiza-se o escurecimento do produto (SHAKEEL-UR-REHMAN, 2009).

O método descrito até aqui refere-se ao uso da enzima livre, não podendo ser reaproveitada, no entanto, novas tecnologias estão sendo estudadas para permitir o reuso da enzima e reduzir custos. Assim, estudos na década de 90 imobilizaram a lactase e falharam em encontrar alternativas eficientes e economicamente viáveis. Outras alternativas, combinando hidrólise com cromatografia (GANGLE; HAASE; JELEN, 2008) ou filtração por membranas (FAEDO et al., 2013) mostraram bons resultados.

Klein (2010) avaliou o desempenho da β -galactosidase (lactase) imobilizada através de duas metodologias: a primeira usando um material híbrido à base de sílica com um grupo catiônico covalentemente ligado, material que adsorve a enzima, e a segunda foi imobilização covalente da enzima em um filme de celulose/líquido iônico modificado com poliamida e ativado com glutaraldeído. O estudo concluiu que a primeira metodologia reduziu a instabilidade térmica e permitiu somente 4 usos da enzima, já o segundo permitiu 16 usos da enzima, mostrando potencial de aplicação em processos produtivos, porém mais estudos de aumento de escala, e de viabilização de custo ainda são necessários.

Outro estudo interessante foi realizado por Cunha et al. 2007, no qual embalagens cartonadas ativas contendo filme com a lactase imobilizada foram analisadas quanto a eficiência de lise da lactose quando utilizadas no armazenamento de leite. Os resultados obtidos indicaram sucesso no uso da embalagem ativa e mostraram a viabilidade da alternativa para a produção de leite com baixo teor de lactose sem modificação da planta/processo de produção.

2.3.2. Tecnologias de membrana

Membranas são materiais porosos que permitem a separação de duas frações por diferença de tamanho de partícula ou molécula, em determinada amostra. A fração retida é a que não conseguiu passar pela membrana e possui tamanho maior que o poro. A fração permeada é a que possui tamanho menor que o poro da membrana e que permeia (MULDER, 1991).

Tecnologias de membrana como a microfiltração (MF) e ultrafiltração (UF), nanofiltração (NF) e osmose reversa (OR) podem ser utilizadas para o fracionamento do leite de acordo com tamanho de seus componentes, podendo isolar a lactose em determinada fração. A lactose é solúvel em água, e estará presente no produto na proporção em que a água estiver presente, com exceção de sua retenção por membrana de tamanho de poro inferior a seu tamanho (0,8nm). Nas Tabelas 4 e 5 pode-se observar os tamanhos dos poros para cada tipo de membrana e os tamanhos de partícula dos constituintes do leite, respectivamente.

Tabela 4. Tamanho dos poros de diferentes membranas

Operação	Tamanho do poro (nm)
Microfiltração	>1.000
Ultrafiltração	1-500
Nanofiltração	0,1-1,0
Osmose Reversa	<0,1

Dados extraídos de Pouliout (2008).

Tabela 5. Tamanhos de moléculas dos constituintes do leite

Componente	Diâmetro (nm)
Água	0,3
Íon cloreto	0,4
Íon cálcio	0,4
Lactose	0,8
α -lactoglobulina	3
β -lactoglobulina	4
Albumina do sangue	5
Micelas de caseína	25-130
Gordura	2.000-10.000

Dados extraídos de Cheryan & Alvarez (1995).

A ultrafiltração do leite resulta na concentração da gordura e da maioria das proteínas, pode reter até 10% da lactose e íons, que estiverem ligados às moléculas retidas ou presentes na água remanescente, resultando em um concentrado proteico gorduroso de baixa lactose. A remoção da lactose pode ser completa através do uso

da diafiltração, que se constitui da lavagem do conteúdo retido da UF com água para retirada da lactose remanescente, podendo resultar em produto, praticamente, livre de lactose (SHAKEEL-UR-REHMAN, 2009), que poderá sobrar um teor muito baixo na água remanescente. Este concentrado pode ser usado em preparações de derivados de leite.

O permeado da UF pode ser nanofiltrado, de forma que a lactose seja removida do permeado, ou permeado com água de lavagem em caso de diafiltração. O permeado obtido desse processo possibilita o retorno da fase proteico-gordurosa retida na UF ao volume original, com os sais anteriormente presentes (TOVASSAVAIN & SAHLSTEIN 2013). Esse produto, no entanto, não pode ser comercializado como leite fluido, pois deixa de conter o teor de sólidos, e índice crioscópico e doçura originais e pertinentes ao padrão de identidade e qualidade de leite no Brasil (BRASIL, 1996; BRASIL, 2002).

Percebe-se que a UF ou NF isoladas não são de grande interesse na obtenção do leite com baixo teor de lactose e precisa ser associada com outros recursos ou metodologias para que atenda os padrões de legislação vigente. No entanto, esta tecnologia é de grande valia, pois reduz o teor de lactose a ser hidrolisado posteriormente, permitindo hidrólise mais rápida do remanescente, representando ganho de tempo e energia, além de reduzir a possibilidade da ocorrência de deterioração microbiológica no leite visto que o processo de hidrólise ocorre a temperatura ambiente (HARJU ET AL., 2012).

2.3.3. Cromatografia

A cromatografia líquida também pode ser utilizada na extração da lactose do leite desnatado, através da separação das frações da bebida através de da diferença de afinidade de seus componentes com coluna de resina porosa carregada. No processo, as proteínas e outros compostos carregados ionicamente ficam retidos e são isolados da lactose que passa diretamente pela resina. Com isso é removida a fração retida com água, obtendo-se leite desnatado delactosado. No entanto, o alto tempo consumido atrelado ao alto custo com equipamento desfavorecem o uso da técnica para processos industriais (SHAKEEL-UR-REHMAN, 2009). Este método não será discutido nesse trabalho.

2.3.4. Combinação dos métodos

Tanto a produção de leite delactosado, quanto lactose hidrolisado, resultam em produtos com doçura bastante diferentes do leite, sendo o primeiro com ausência de doçura e o segundo excessivamente doce. Porém, a combinação da remoção física da lactose associada com hidrólise do remanescente pode resultar em doçura semelhante ao leite comum.

O uso da UF na separação de fases do leite retém proteínas e gorduras e parte da lactose, sendo que o teor remanescente de lactose pode ser hidrolisado, resultando em doçura semelhante a original. Leite com 4,8% de lactose após 3 vezes ultrafiltrado (fator de concentração 3), retentado diluído para os teores de proteínas e gorduras originais e resulta em 1,6% de lactose. O reconstituído após tratamento com lactase resulta em produto 100% livre de lactose e com doçura semelhante a original (SHAKEEL-UR-REHMAN, 2009).

A combinação de UF, NF e hidrólise também resulta em leite totalmente livre de lactose. A união do retentado da UF do leite com o permeado da UF da fase permeada da UF, seguida de correção do volume para os teores originais de proteína e gordura resulta em leite com baixo teor de lactose. Este produto, após hidrólise apresenta doçura semelhante ao leite original. Tovassavain & Sahlstein (2013) obtiveram leite com teor de lactose <0,01% utilizando esta combinação de processos.

2.4. Produtos derivados

As aplicações das tecnologias discutidas e suas combinações são de grande valia não só para o leite fluido, mas para seus derivados como iogurte, leite condensado e doce de leite, leite em pó e queijos. Particularidades de cada produto serão discutidas nesse item, levando em consideração a redução de defeitos tecnológicos e, quando possível, oferecendo possibilidades de redução de açúcar como estipulado em acordo do Ministério da Saúde em 2010 (BRASIL, 2017c).

2.4.1. Iogurte

Leites fermentados são produtos muito antigos, foram descobertos acidentalmente, quando armazenados por longo tempo a temperaturas moderadas favoráveis ao desenvolvimento microrganismos intrínsecos a ele, causando coagulação da caseína. Existem vários produtos fermentados de leite, iogurte é o

mais consumido, possui teor de gordura e matéria seca variável, e pode ser produzido com açúcar, frutas ou agentes gelificantes (WALSTRA, WOUTERS, GEURTS, 2006).

Iogurtes são produzidos da fermentação com as bactérias termófilas *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, que transformam a lactose em ácido láctico. Pode ser fabricado de duas maneiras, resultando em iogurte firme ou batido (FOX, MCSWEENEY, 1998). Ambos os microrganismos atuam em protocooperação, reduzindo o tempo de fermentação quando são utilizados em combinação. Inicialmente, o *L. bulgaricus*, por ser mais proteolítico, estimula o desenvolvimento do *S. thermophilus* através da produção de pequenos peptídeos e aminoácidos. O desenvolvimento do *S. thermophilus*, por sua vez, produz ácido fórmico e gás carbônico que favorecem a o bacilo. Ambos atuam na produção de ácido láctico, que reduz o pH até ao ponto isoelétrico da caseína, promovendo a sua precipitação. Além do ácido láctico, diversos produtos de sabor são produzidos, em especial o acetaldeído, que junto com o ácido láctico caracterizam o sabor final do produto. No iogurte firme a fermentação ocorre na própria embalagem de comercialização, já a versão batida, a fermentação ocorre em tanques, e depois é agitada com adição de outros ingredientes e envasada (WALSTRA, WOUTERS, GEURTS, 2006).

Ohlsson et al. (2017) analisaram os teores de lactose em amostras de leite e iogurte natural, que mostraram a redução de 40% da lactose após a fermentação, restando 2,87% de lactose no iogurte natural. No entanto, apesar de um produto naturalmente reduzido em lactose, pode ser utilizada a enzima lactase na fabricação do iogurte, com fins de obter-se um teor ainda menor do dissacarídeo (WALSTRA, WOUTERS, GEURTS, 2006).

Alguns estudos relataram maior aceitabilidade de iogurtes quando comparados com outros lácteos, em indivíduos mal absorvedores de lactose. Essa maior tolerância pode ser associada à redução da lactose, mas também à produção de lactase por algumas cepas das bactérias fermentadoras, auxiliando na digestão da lactose em pessoas com tolerância moderada (PEREIRA et al, 2012; TEO, 2002; GASPARIN, TELES, ARAÚJO, 2010).

Segundo Savaiano (2014), iogurte com quantidade suficiente de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus* são bastante tolerados por pessoas com problemas de digestão

da lactose, pois são análogos a ingestão de suplemento de enzima associadas ao consumo de lácteos.

2.4.2. Sorvetes lácteos

Sorvetes lácteos são produtos fabricados a partir de leite, creme leite, açúcar e agentes que sabor como polpas de fruta ou chocolate e aditivos. De forma geral, o processo de produção envolve pasteurização da mistura, homogeneização, resfriamento, maturação e congelamento (WALSTRA, WOUTERS, GEURTS, 2006).

O conteúdo de lactose no sorvete depende de sua formulação, normalmente equivale a 20% dos carboidratos presentes. A fabricação do sorvete sem lactose requer a hidrólise da lactose antes do processamento. Sorvete fabricado a partir de leite lactose hidrolisado proporciona aumento da doçura, permitindo redução do teor de açúcar adicionado (SHAKEEL-UR-REHMAN, 2009), o que pode ser utilizado como um apelo nutricional, uma vez que o Ministério da Saúde recomenda a redução de açúcar (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO, 2017). Por outro lado, a hidrólise da lactose influencia a temperatura de congelamento do sorvete. A presença dos monossacarídeos glicose e galactose aumentam o número de partículas na massa, reduzindo o ponto de congelamento e, conseqüentemente, acelerando o derretimento do sorvete pronto (SHAKEEL-UR-REHMAN, 2009). Lindamood, Grooms, Hansen (1989) relataram redução de 0,5°C na temperatura de congelamento, requerendo adaptação no processo e produção.

Segundo Shakeel-Ur-Rehman (2009), o sorvete lactose hidrolisado resulta em maior suavidade na boca, tornando o produto mais palatável, efeito provavelmente causado pela maior velocidade de derretimento. Em contrapartida, as adaptações tecnológicas e redução de açúcar na formulação podem trazer o encarecimento do produto, visto que o açúcar é um agente barato e sua redução proporciona o aumento dos outros ingredientes em percentual.

2.4.3. Leite condensado e Doce de leite

Leite condensado é um produto de leite homogeneizado, concentrado, adicionado de açúcar (WALSTRA, WOUTERS, GEURTS, 2006). Sua produção na versão sem lactose engloba o uso de leite hidrolisado, que possui vantagens e desvantagens. O leite hidrolisado permite o uso de menor teor de açúcar para atingir

o mesmo padrão de doçura esperado, porém reações de escurecimento não enzimático podem ocorrer em maior intensidade. Segundo Shakeel-Ur-Rehman, (2009), a incidência de arenosidade é menor quando comparado com a versão original.

Doce de leite, um produto também concentrado e adoçado é obtido da concentração e cozimento de leite e açúcar. Diferentemente do leite condensado, aqui a reação de Maillard é desejada e, portanto, favorecida pelo uso de leite hidrolisado. Moreira et al. (2009) produziram doce de leite lactose hidrolisado com teor de lactose menor que 0,5% (sensibilidade da metodologia utilizada) e relatou que provadores não sentiram diferença significativa quando comparados com doce de leite comum.

2.4.4. Queijos

Queijos são produtos resultantes da concentração das caseínas e gorduras do leite. A lactose encontra-se na fase aquosa, e o teor de umidade dos queijos varia de acordo com tipo de queijo desejado e com o processo de produção. A maior parte dos queijos é fabricada por coagulação enzimática.

No processo de fabricação do queijo por coagulação enzimática, são adicionados renina (enzima), cloreto de cálcio (CaCl_2) e cultura láctea (que fermenta a lactose) ao leite. A enzima renina promove a quebra da κ -caseína (presente na superfície da micela de caseína) provocando sua desestabilização e consequente coagulação, processo que é favorecido pela do íon Ca^{2+} fornecido pelo cloreto de cálcio. A massa coagulada forma um gel, que é seguida pela etapa de remoção de soro (sinérese), na qual a fração aquosa é parcialmente removida. Fatores como maior agitação e temperatura e menor pH da massa favorecem a expulsão da água e, consequentemente, reduzem o teor de lactose nos queijos. Em seguida ocorre adição de sal e etapa de cura (em temperatura/umidade específicas de acordo com o tipo de queijo), caso houver (WALSTRA, WOUTERS, GEURTS, 2006).

Dois fatores influenciam diretamente o teor de lactose no queijo: o teor de água e o consumo do carboidrato durante a fabricação e maturação do queijo. A umidade do queijo varia em função do tipo de queijo produzido. A Tabela 6 mostra os teores de carboidratos e de umidade em diferentes tipos de queijo. Queijos duros e/ou maturados como Parmesão, Brie e Roquefort possuem naturalmente baixo teor de lactose, não requerendo processos adicionais para a remoção da mesma. Já

aqueles com maior teor de água como o queijo fresco podem ser produzidos com leite hidrolisado, trazendo a desvantagem de requerer maior teor de sal para corrigir o adocicado provocado pela hidrólise ou hidrolisado/lactose parcialmente removida.

Tabela 6. Teores de lactose em diferentes tipos de queijo.

Tipo de queijo	Lactose (%)	Referência
Minas frescal	2,36-2,71	Caruso, Oliveira, 1999
Muçarela	0,19-0,48	Dickel et al, 2016
Parmesão	<0,1	Portnoi, MacDonald, 2009
Brie/Camembert	<0,1	Public Health England, 2015
Gruyere	<0,1	Public Health England, 2015
Gouda	<0,1	Public Health England, 2015
Roquefort	<0,1	Public Health England, 2015

A utilização da ultrafiltração é um artifício interessante na fabricação de queijos, ela permite a concentração da fração de proteína e gordura do leite em sua forma nativa. Associada ao uso da diafiltração, o teor de lactose pode ser ainda reduzido produzindo um queijo com baixo teor de lactose como, produzido por VanDender (1995), que concluiu que quanto mais diafiltrado e concentrado menor o teor de lactose remanescente.

2.4.5. Leite em pó

O leite em pó é um produto de baixa atividade de água, resultante da desidratação do leite, e que permite a extensão de sua vida de prateleira, além de facilitar transporte e manuseio. O processo de produção envolve etapas de evaporação, homogeneização, secagem por *spray dryer* e aglomeração. No *spray dryer*, a solução concentrada é atomizada, de forma provocar a evaporação rápida da água, resultando em solução remanescente de alta viscosidade (WALSTRA, WOUTERS, GEURTS, 2006).

No processo de secagem, a lactose, que possui baixa solubilidade, não consegue cristalizar devido a rapidez da secagem e muda para o estado amorfo/vítreo (ROSS, 2009). Ele é caracterizado por metaestabilidade, alta higroscopicidade e vulnerabilidade, podendo ser transformado para o estado gomoso, dependendo da temperatura de transição vítrea (TTg) dos componentes

(Ross, 2002). O estado gomoso é caracterizado por apresentar reduzida viscosidade, provocando alterações na estrutura, e consequentemente na aglomeração, aderindo as paredes dos equipamentos e podendo causar entupimento (LEITE, MURR, PARK, 2005; TORRES ET AL., 2016).

No entanto, no leite lactose hidrolisado, a mudança na composição provoca alteração na transição vítrea de seus componentes. A Tabela 7 mostra as TTg dos componentes majoritários do leite e de seus produtos da hidrólise. A glicose e galactose possuem menor TTg do que a lactose, aumentando o risco de alcance do estado gomoso, e, como consequência, causa de problemas tecnológicos se forem usadas as mesmas condições de processo de secagem de leite comum (TORRES ET AL., 2016).

Tabela 7. Temperatura de transição vítrea (TTg) para os componentes do leite desnatado.

Componente	TTg(°C)
Água	-139
Caseína	132
Proteínas do soro	127
Lactose	98
Glicose	31
Galactose	30

Dados extraídos de Torres et al., 2016.

Fernandez, Schebor, Chirife (2003), analisaram amostras de leite integral, desnatado e leite integral lactose hidrolisado quanto a qualidade e rendimento de fabricação e concluíram que o leite hidrolisado apresentou coloração mais escura, problemas de reidratação e baixo rendimento. Já Torres et al. avaliou amostras em diferentes graus de hidrólise e verificou redução do rendimento, aumento da adesão na parede do equipamento e maior escurecimento, na medida que o percentual hidrolisado aumentava.

A TTg do material é governada pela sua composição, a presença de gordura no leite e outros compostos como as maltodextrinas, que são capazes de aumentar a temperatura de transição vítrea, reduzindo o impacto dos problemas relatados, porém, descaracterizando o produto leite em pó. Se coadjuvantes de secagem

(como maltodextrinas) não forem adicionados, é necessário que se ajuste o processo para a obtenção de leite em pó sem lactose. Este não é um processo simples, e ferramentas como a desenvolvida por Zhu et al. (2011), um software capaz de determinar os parâmetros de secagem e comportamento no *spray-dryer* a partir do perfil de sólidos, viscosidade e taxa de evaporação média, podem ser utilizados para ajudar na definição dos parâmetros a serem utilizados para secagem de leite lactose hidrolisado. Porém, mais estudos são necessários para melhorar os parâmetros da secagem do leite com melhores características sensoriais e de rendimento de produção.

2.5. Análises

Os métodos clássicos de quantificação de carboidratos mais utilizados são gravimétricos, polarimétricos e colorimétricos, sendo o mais utilizado é o de Lane-Eynon. Porém, eles não permitem a diferenciação entre diferentes tipos de carboidratos que possam estar presentes, assumindo que todos os açúcares são lactose (CORZO, OLANO, MARTÍNEZ-CASTRO, 2010). O método oficial indicado pela AOAC é o enzimático (AOAC INTERNATIONAL, 2005), porém, para o produto resultante de hidrólise é necessária a diferenciação entre lactose, glicose e galactose.

Outro fator relevante é a capacidade de identificar a lactose em pequenas quantidades (<10mg/100g), como previsto em legislação discutida, então metodologias mais precisas são necessárias.

Dentre os métodos analíticos mais específicos, que permitem a identificação de pequenas quantidades, estão os cromatográficos, de espectroscopia de infravermelho, enzimáticos e sistemas de análise de injeção em fluxo (CORZO, OLANO, MARTÍNEZ-CASTRO, 2010). As metodologias indicadas pela ANVISA, agência reguladora do Ministério da Saúde que determina e fiscaliza os teores de lactose em produtos lácteos, são cromatografia líquida de alta eficiência, cromatografia em papel, cromatografia iônica e método colorimétrico enzimático (ANVISA, 2017). Cromatógrafos são equipamentos caros para serem adquiridos por indústrias, dependendo do porte, porém para atender as legislações pode-se utilizar laboratórios terceirizados.

2.6. Legislação

Atualmente, a maioria dos produtos que tem seu teor de lactose modificado se dá pelo uso da enzima lactase. As enzimas podem ser enquadradas como aditivo alimentar, se estiverem na forma ativa no produto final, fazendo assim parte da lista de ingredientes, ou como coadjuvante de tecnologia se forem inativadas ou eliminadas em alguma etapa do processo de produção (BRASIL, 1997).

Leites e produtos lácteos possuem regulamentos específicos e não aprovam o uso da lactase como aditivo em suas versões originais (BRASIL, 2002; BRASIL, 1996; BRASIL, 2005; BRASIL, 2007). Porém, os que sofreram algum processo de redução da lactose são regulamentados no Brasil através da Portaria nº29, de janeiro de 1998 (BRASIL, 1998), que trata de regulamento técnico de alimentos para fins especiais, que permite o uso da enzima sob comprovação técnico-científica de segurança e justificativa tecnológica do uso, enquadrando-os como alimento para dietas com restrição de mono ou dissacarídeos, podendo conter, no máximo, 0,5g do dissacarídeo (lactose) por 100 g ou 100 mL do produto final. Nestes casos, a portaria autoriza a utilização de aditivos e coadjuvantes de tecnologia não previstos nos alimentos convencionais similares, desde que apresentada a comprovação técnico-científica dos níveis de segurança toxicológica dos aditivos e coadjuvantes de tecnologia e justificativa tecnológica de uso.

Na tentativa de aumentar a especificidade, a Lei 13.305 (BRASIL, 2016) determina que rótulos de alimentos que contenham lactose devem indicar a presença da substância, além disso, rótulos de alimentos que tiveram seu conteúdo de lactose modificado devem indicar o teor remanescente.

No entanto a ausência do discernimento entre os termos baixo e zero lactose e a cobrança crescente no mercado por produtos com ausência do carboidrato trouxe a necessidade dos órgãos público regirem de forma mais precisa com respeito a lactose. Assim, em 2017, a presença da lactose nos alimentos recebeu novas legislações específicas, uma delas é a Resolução RDC 135/2017 (BRASIL, 2017a) que trata sobre definição de alimentos isentos de lactose e baixo teor de lactose, tais denominações deverão ser usadas de acordo com a Tabela 3. É importante destacar que a regulamentação é aplicada somente a produtos que foram processados ou elaborados de forma reduzir o conteúdo de lactose, ou seja, para derivados de leite que sejam naturalmente baixos em lactose essas denominações não se aplicam.

Tabela 3. Denominações de venda de lácteos com redução de lactose

Denominação	Teor de lactose (T) em mg em 100g ou ml	Frases que podem ser usadas próximo a denominação de venda
Isento de lactose	$T \leq 100$	“isento de lactose”, “zero lactose”, “0% lactose”, “sem lactose” ou “não contém lactose”
Baixo Teor de lactose	$100 < T < 1000$	“baixo teor de lactose ou “baixo em lactose”

Dados extraídos de Brasil (2017a).

Outra novidade é a RDC 136/2017, que obriga a indicação da presença da lactose em alimentos quando ocorrer (BRASIL, 2017b). Os produtos lácteos ainda devem conter a frase “contém lactose”, quando o teor for maior do que 100 mg/100 g ou mL de produto. Para fórmulas infantis o limite é 10 mg/100 kcal do produto pronto para consumo e nas fórmulas para nutrição enteral 25 mg/100 kcal.

Assim que forem implementadas, o que ocorrerá em 2018, a RDC 136/2017 trará vantagens para os consumidores, que serão mais bem esclarecidos sobre a composição dos alimentos que consomem.

3. Conclusão

O mercado de leites e produtos lácteos reduzidos e sem lactose está em ascensão, o que representa as portas abertas para a exploração da gama de tecnologias e alternativas existentes discutidas neste trabalho.

A exploração de tecnologias de remoção da lactose, ao invés da hidrólise, possui grandes vantagens. A redução parcial do carboidrato permite o alcance de doçura semelhante a original através da hidrólise da lactose remanescente, representando redução do açúcar adicionado aos produtos como recomendado pelo Ministério da saúde. Outra vantagem é aproveitamento da lactose na fabricação de pré-bióticos como os galactoligossacarídeos, outro mercado em potencial.

As barreiras a serem vencidas são o desenvolvimento das tecnologias e legislação. A tecnologia de membranas já é utilizada na indústria de alimentos, requerendo maior investimento e aplicação na área de lácteos. A remoção física altera o teor de sólidos e o ponto de congelamento do leite, fazendo necessárias adaptações no regulamento de padrão de identidade e qualidade imposto pela legislação.

A presença de um consumidor mais exigente e preocupado com a alimentação trouxe a necessidade de mais informações nos rótulos. Por isso, o ano de 2017 representou inovações na regulamentação dos teores remanescentes em produtos reduzidos em lactose e em sua nomenclatura, exigindo mais das indústrias, porém esse fator pode ser utilizado como de vantagem competitiva, agregando produtos de maior qualidade ao nicho de mercado. No entanto, para facilitar o atendimento das exigências das novas legislações, outras metodologias de quantificação de lactose rápidas e baratas são necessárias.

4. Referências

AOAC INTERNATIONAL. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18^a ed., revisão 1 (2006), Association of official analytical chemists, Maryland, 2005.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE SUPERMERCADOS. APAS revela pesquisa inédita sobre tendências do consumidor e dados do setor supermercadista durante feira e congresso. Pesquisa publicada na 32^a Feira e Congresso de Gestão Internacional em Supermercados em 02 de maio de 2016, 2016. Disponível em <<http://www.portalapas.org.br/wp-content/uploads/2016/06/COLETIVA-Pesquisa-APAS-Nielsen-Kantar.pdf>> Acesso em 1 de out de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO. Ministério da Saúde e setor produtivo promovem debate sobre redução de açúcar nos alimentos industrializados. Notícias, 2016. Disponível em: <http://www.abia.org.br/vsn/tmp_2.aspx?id=338#sthash.VaZKNWmk.dpbs> Acesso em 4 nov. 2017.

ANVISA. Rotulagem de lactose: perguntas e respostas. Agência nacional de vigilância sanitária, 2017. Disponível em <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/2810640/Rotulagem+de+Lactose/27ef4eeb-853c-4a9f-9b58-b2c4ea25058b>> Acesso em 07 out 2017.

BRASIL Portaria n° 146, de 7 de março de 1996. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, 11 mar 1996, Brasília, 1996.

BRASIL. Portaria n° 540, de 27 de outubro de 1997. ANVISA, Ministério da Saúde. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, 28 out 1997, Brasília, 1997.

BRASIL. Portaria n° 29, de 13 de janeiro de 1998. ANVISA, Ministério da Saúde. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, 30 mar 1998, Brasília, 1998.

BRASIL. Portaria nº 51, de 18 de setembro de 2002. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, 20 set 2002, Brasília, 2002.

BRASIL. Portaria nº 16, de 23 de agosto de 2005. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, 24 ago 2005, Brasília, 2005.

BRASIL. Portaria nº 46, de 23 de outubro de 2007. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, 24 out 2007, Brasília, 2007.

BRASIL. Guia alimentar para a população brasileira. Ministério da Saúde, Departamento de Atenção Básica – 2 ed. Brasília, 2014.

BRASIL. Lei nº13.305 de 4 de julho de 2016. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para assuntos jurídicos, Brasília, 2016.

BRASIL. Resolução RDC nº135 de 8 de fevereiro de 2017. ANVISA, Ministério da Saúde. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, 8 fev. 2017, Brasília, 2017a.

BRASIL. Resolução RDC nº136 de 8 de fevereiro de 2017. ANVISA, Ministério da Saúde. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, 8 fev. 2017, Brasília, 2017b.

BRASIL. Promoção da Saúde e da alimentação adequada e saudável: Redução de Sódio, Açúcar e Gordura trans. Portal da Saúde, Ministério da Saúde, Brasília, 2017c. Disponível em:<
http://dab.saude.gov.br/portaldab/ape_promocao_da_saude.php?conteudo=reducao
> Acesso em 14 out. 2017.

BRICKS, L. F. Reações Adversas aos Alimentos na Infância: Intolerância e Alergia Alimentar – Atualização. **Pediatria** (São Paulo), v. 16, n. 4, 176-185p., 1994.

CARUSO, E. C.; OLIVEIRA, A. J. Quantificação de lactose em queijos minas frescal. **Scientia Agricola**, vol. 56, n. 1, Piracicaba, 1999.

CHERYAN, M.; ALVAREZ, J. R. Food and beverage industry application. In: NOBLE, R. D.; STERN, S. A. (Edit.). *Membrane Separations Technology. Principles and Applications*, **Elsevier Science B.V.**, 1995.

CORZO, S.; OLANO, A.; MARTINEZ-CASTRO, I. Carbohydrates. In: NOLLET, L. M. L.; TOLDRA, F. (Edit.). *Handbook of Dairy Foods Analysis*. Taylor and Francis Group, Boca Raton, 2010.

CUNHA, L. R. et al. Desenvolvimento e avaliação de embalagem ativa com incorporação de lactase. **Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, 27 (supl.): 23-26, 2007.

DICKEL, C. et al. Determinação do teor de sódio e lactose em queijos mussarela e colonial consumidos na região sudoeste do Paraná. **Revista Inst. Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 71, n. 3, p. 144-152, 2016.

FAEDO, R. et al. Obtenção de leite com baixo teor de lactose por processos de separação por membranas associados à hidrólise enzimática. **Revista CIATEC – UPF**, vol. 3 (1), p.p. 44-54, 2013.

FERNANDEZ, E.; SCHEBOR, C.; CHIRIFE. Glass transition temperature of regular and lactose hydrolyzed milk powders. **Swiss Society of Food Science and Technology**, v. 36, p. 547-551, 2003.

FOX, P. F. Lactose: Chemistry and Properties. In: MCSWEENEY P. H & FOX, P. F. (Edit.) *Advanced Dairy Chemistry, Volume 3: Lactose, Water, Salts and Minor Constituents*. 3a. edição, Springer, Nova York, 2009.

FOX, P. F.; MCSWEENEY P. H. *Dairy Chemistry*. Black an academic & Professional, Londres, 1998.

GANZLE, M. G., HAASE, G., JELEN, P. Lactose: Crystallization, hydrolysis and value-added derivatives. **International Dairy Journal** 18, 685-694, 2008.

GASPARIN, F. S. R.; TELES, J. M.; ARAUJO, S. C. Intolerância à lactose: as diferenças e semelhanças. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 3, n. 1, p. 107-114, 2010.

KLEIN, M. P. Imobilização de β -Galactosidase para obtenção de produtos lácteos com baixo teor de lactose. Dissertação de mestrado apresentada a UFRS, 2010.

LEITE, J. T. C.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Transições de fases em alimentos: Influência no processamento e na armazenagem. **Revista Brasileira de produtos agroindustriais**, v. 7, n. 1, p. 83-96. Campina grande, 2005.

LONGO, G. Influência da adição de lactase na produção de iogurtes. Dissertação de mestrado em tecnologia de alimentos, Universidade Federal do Paraná, 2006.

LINDAMOOD, J. B. GROONS, D. J. HANSEN, P. M. T. Effect of hydrolysis of lactose and sucrose on firmness of icecream. **Food Hydrocoll**, vol. 3, n. 5, 379-388p, 1989.

MINTEL GROUP LTD. Cresce lançamento de produtos sem lactose no Brasil. Mintel: Notícias no mercado de alimentos e bebidas, 2016 Disponível em: <<http://brasil.mintel.com/blog/noticias-mercado-alimentos-bebidas/cresce-lancamento-de-produtos-sem-lactose-no-brasil>> Acesso em 15 set. 2017.

MONTGOMERY, R. K. et al. Lactose intolerance and the genetic regulation of intestinal lactase-phlorizin hydrolase. **The FASEB Journal**, v. 5, p. 2824-2831, 1991.

MOREIRA K. M. et al. Produção de doce de leite com teor reduzido de lactose por β -galactosidase. Ver. Acad., **Ciências Agrárias Ambient.**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 375-382, 2009.

MULDER, M. H. V. Basic Principles of Membrane Technology. Kluwer Academic, 1991.

OHOLSSON, J. A. et al. Lactose, glucose and galactose content in milk, fermented milk and lactose-free milk products. **International Dairy Journal**, 73, 151-154, 2017.

PEREIRA FILHO, D.; FURLAN, S. A. Prevalência de intolerância à lactose em função da faixa etária e do sexo: experiência do Laboratório Dona Francisca, Joinville (SC). **Revista Saúde e Ambiente**, v. 5, n. 1, 2004.

PEREIRA, M. C. S. et al. Lácteos com baixo teor de lactose: uma necessidade para portadores de má digestão da lactose e um nicho de mercado. **Revista Inst. Latic. “Cândido Tostes”**, Nov/Dez, nº389, 67:57-65, 2012.

PORTNOI, P. A.; MACDONALD, A. Determination of the lactose and galactose content of the cheese for use in the galactosemia diet. **Journal of Human Nutrition and dietetics**, v. 22 (5), 400-408p, 2009.

POULIOT, Y. Membrane processes in dairy technology – From a simple idea to worldwide panacea. **International Dairy Journal**, 18, 735-740, 2008.

PUBLIC HEALTH ENGLAND. McCance and Widdowson's 'composition of foods integrated dataset' on the nutrient content of the UK food supply, 2015. Disponível em: < <https://www.gov.uk/government/publications/composition-of-foods-integrated-dataset-cofid>> Acessado em 13 out. 2017.

ROSS, Y. H. Solid and Liquid States of Lactose. In: McSWEENEY P. H & FOX, P. F. (Edit.) *Advanced Dairy Chemistry, Volume 3: Lactose, Water, Salts and Minor Constituents*. 3a. edição, Springer, Nova York, 2009.

ROSS, Y. Importance of glass transition and water activity to spray drying and stability of dairy products. First International Symposium on Spray Drying of Milk Products, V. 82, n. 4, jul-ago, 2002.

SAVAIANO, D. A. Lactose digestion from yogurt: mechanism and relevance. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 99(suppl): 1251S-5S, 2014.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Boletim de tendências em leite: Leite com baixo teor de lactose. 2014. Disponível em: <www.sebrae-sc.com.br/sis> Acesso em 15 set. 2017.

SHAKEEL-UR-REHMAN. Reduced Lactose and Lactose-free Dairy Products. In: McSWEENEY P. H & FOX, P. F. (Edit.) Advanced Dairy Chemistry, Volume 3: Lactose, Water, Salts and Minor Constituents. 3a. edição, Springer, Nova York, 2009.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. Intolerância à lactose: cadeia leiteira precisa se adaptar a novos mercados. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://sna.agr.br/intolerancia-a-lactose-cadeia-leiteira-precisa-se-adaptar-a-novos-mercados/>> Acesso em 1 de out. de 2017.

TEO, C. R. P. A. Intolerância à lactose: uma breve revisão para o cuidado nutricional. **Arq. Ciência Saúde Unipar**, 6(3): set/dez, 2002.

THE NIELSEN COMPANY. O que há em nossa comida e em nossa mente? Tendências de ingredientes e comer fora ao redor do mundo. Pesquisa global online realizada pela Nielsen Holdings plc em Março de 2016, 2016.

TORRES, J. K. F. et al. Hidrólise da lactose e produção de leite em pó: aspectos tecnológicos. **Revista Instituto Laticínios “Cândido Tostes”**, v. 71, n. 2, p. 94-105, abri/jun, 2016.

TOSSAVAINEN, O; SAHLSTEIN, J. Process for producing a lactose-free milk product. World Intellectual Property Organization, Patente WO 03/094623, Switzerland, 2003.

TOSSAVAINEN, O; SAHLSTEIN, J. Lactose-free milk product and processes for producing the same. World Intellectual Property Organization, Patente US 8440938 B2, 2013.

UNIFESP – Universidade Federal de São Paulo. TABNUT: Tabela de composição química dos alimentos. Departamento de Informação em Saúde, Escola Paulista de Medicina, UNIFESP, 2016. Disponível em < <http://tabnut.dis.epm.br/>> Acesso em 12 out 2017.

VANDENDER, A. G. F. Contribuição ao estudo do uso da ultrafiltração de leite na fabricação de queijo minas frescal. Tese de doutorado apresentada a Faculdade de Engenharia de alimentos da UNICAMP, 1995.

WALSTRA, P; WOUTERS, J. T. M.; GEURTS, T. J. Dairy Science and technology. Taylor and Francis Group, Boca Raton, 2006.

ZHU, P. ET AL. Prediction of dry mass glass transition temperature and the spray drying behavior of a concentrate using a desorption method. **Journal of Food Engineering**, V. 105, p. 460-467, 2011.