

Produção de Doce de Leite

Teoria e Prática

Ana Flávia Coelho Pacheco

Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos - UFV

Bruno Ricardo de Castro Leite Júnior

Professor do Departamento de Tecnologia de Alimentos - UFV

Número

76



Viçosa - Minas Gerais - Brasil
2020

BOLETIM DE EXTENSÃO

ISSN - 1415 - 692X

Produção de Doce de Leite - Teoria e Prática

Ana Flávia Coelho Pacheco

Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos -

UFV

Bruno Ricardo de Castro Leite Júnior

Professor do Departamento de Tecnologia de

Alimentos - UFMG

Doutor em Tecnologia de Alimentos - UNICAMP

Viçosa – MG

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Reitor

Demetrius David da Silva

Vice-Reitora

Rejane Nascentes

Pró-Reitor de Extensão e Cultura

José Ambrósio Ferreira Neto

Assessora Especial da Divisão de Extensão

Polyana Pizzi Rotta

Chefe da Divisão de Extensão

Frederico Gonçalves de Castro Cabral

Área de Difusão e Tecnologia

Lujan Gomes Barros

Revisão Textual

Nelson Coeli

Foto de Capa

Bruno Ricardo de Castro Leite Junior

Diagramação e Capa

Adriana Freitas

Sumário

Introdução	9
Legislação	13
Principais tipos de Doce de Leite: pastoso e em barra	17
Tecnologia de fabricação	21
Balanço de massa	37
Defeitos/problemas em doce de leite e prevenção	41
6.1. Cor	41
6.2. Doce talhado	42
6.3. Textura arenosa	42
6.4. Gosto queimado	43
6.5. Outros defeitos	43
Perspectivas	45
Referências	47

Introdução

O leite in natura possui elevado valor nutricional, apresentando em média 3,3% de proteínas, 3,8% de gordura, 4,9% de lactose e 0,8% de sais minerais e vitaminas (WALSTRA; JENNESS, 1984). Aliado a essa alta disponibilidade de nutrientes, essa matéria-prima apresenta fatores intrínsecos favoráveis ao desenvolvimento de micro-organismos, o que o torna altamente perecível. Dessa forma, o processamento do leite por meio da concentração por evaporação, tecnologia amplamente usada na indústria de laticínios, visa a conservação do leite e derivados pela redução da atividade de água (A_w), prolongando o prazo de validade dos produtos elaborados (OLIVEIRA; PENNA; NEVAREZ, 2009).

Além de estender a vida-de-prateleira, a concentração do leite também é aplicada visando (i) melhorar as características sensoriais dos derivados lácteos, (ii) reduzir os custos de armazenamento, transporte e estocagem, (iii) diminuir os custos de secagem do leite e derivados, (iv) otimizar os processos industriais e (v) obter produtos diferenciados com maior valor agregado.

O processo de evaporação consiste na remoção parcial da água do leite à pressão atmosférica ou reduzida, através da aplicação de energia na forma de calor com vapor indireto (PERRONE et al., 2011). A parcial remoção da água do leite por evaporação leva

a um produto chamado *leite evaporado*. A adição de sacarose e a exclusão de oxigênio em uma concentração com aplicação de calor à pressão reduzida resultam em um produto chamado *leite condensado*. Por fim, outro produto que também pode ser obtido por meio da concentração do leite é o *doce de leite*, o qual pode ser produzido concentrando o leite à pressão atmosférica e/ou reduzida na presença de sacarose (OLIVEIRA; PENNA; NEVAREZ, 2009).

O doce de leite, também encontrado em referências internacionais como *dulce de leche*, é um importante alimento produzido e comercializado principalmente na Argentina e no Brasil, além de outros países da América, como Uruguai e México. Tradicionalmente, o doce de leite teve sua origem em fabricações caseiras, com posterior intervenção das indústrias, que asseguraram a produção e distribuição do produto para diversas regiões do mundo, sendo fundamental no avanço para as produções industriais em larga escala (MADRONA et al., 2008).

No Brasil, o consumo de doce de leite vem crescendo a cada ano. Esse produto é largamente consumido diretamente como sobremesa ou acompanhado de pães, biscoitos, queijo e frutas. Além disso, é amplamente empregado como ingrediente para a elaboração de alimentos como confeites, bolos, biscoitos e sorvetes (DEMIATE et al., 2001). Entretanto, grande parte da produção de doce de leite se concentra em pequena escala, de forma artesanal e descontínua.

Ao contrário, na Argentina, que é o principal produtor mundial, predomina a produção industrial e de forma contínua. Com isso, os produtos encontrados no mercado brasileiro apresentam grande variação nas características sensoriais, especialmente em relação a cor, aparência, textura e sabor e ao teor de umidade e gordura. Assim, o doce de leite adquire características próprias em determinadas regiões: por exemplo, no Sul do País o doce possui cor mais escura e, no Nordeste, ele apresenta uma coloração mais clara.

Em termos de produção de doce de leite, entre os laticínios inspecionados pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF) no período de 2010 a 2016, houve crescimento de 37,5%. As regiões Sudeste e Sul foram as que mais contribuíram, com 62,1% e 33,3%, respectivamente (ZACARCHENCO; VAN DENDER, 2020). Minas Gerais detém um terço da produção nacional de leite, possui o maior parque industrial de laticínios do País e é responsável por aproximadamente 50% da produção de doce de leite, destacando-se como o principal produtor brasileiro (PERRONE et al., 2012).

Apesar de o Brasil ter mercado em potencial para o consumo do doce de leite, alguns fatores limitam a evolução do negócio, como (i) a pequena capacidade de produção da maioria das indústrias, (ii) a concorrência acirrada de marcas argentinas, (iii) a variação do preço de atacado, (iv) a falta de uniformidade e padronização do produto e (v) a não conformidade com relação às normas do Regulamento Técnico de Identidade

e Qualidade do produto (Portaria nº 354, MAPA, de 4 de setembro de 1997). A falta de uniformidade e padronização é dificultada principalmente pela grande diversidade cultural e pelas variações tecnológicas da produção. Dessa forma, para uma produção do doce de leite padronizada, existe uma maior necessidade de conhecimento e controle dos diversos aspectos da tecnologia.

Legislação

De acordo com o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Doce de Leite, aprovado pela Portaria nº 354, MAPA, de 4 de setembro de 1997, entende-se por doce de leite: “o produto, com ou sem adição de outras substâncias alimentícias, obtido por concentração e ação do calor à pressão normal ou reduzida do leite ou leite reconstituído, com ou sem adição de sólidos de origem láctea e/ou creme e adicionado de sacarose (parcialmente substituída ou não por monossacarídeos e/ou outros dissacarídeos)” (BRASIL, 1997).

Esse Regulamento Técnico prevê a classificação do doce de leite de acordo com o conteúdo de matéria gorda (Doce de Leite e Doce de Leite com creme) e a adição ou não de outras substâncias alimentícias (Doce de Leite ou Doce de Leite sem adições e Doce de Leite com adições). Além disso, a legislação estabelece como **ingredientes obrigatórios** na formulação de doce de leite o **leite** e/ou leite reconstituído e a **sacarose (máximo de 30 kg/100 L de leite)**. Já como ingredientes opcionais tem-se: mono e dissacarídeos que substituam a sacarose em no máximo de 40% m/m, creme, sólidos de origem láctea, amidos ou amidos modificados em proporção não superior a 0,5 g/100 mL no leite, além de cacau, chocolate, coco, amêndoas, amendoim, frutas secas, café, cereais e/ou outros produtos alimentícios isolados ou misturados em uma proporção entre 5% e 30% m/m no produto final.

Ademais, o regulamento apresenta os requisitos das características sensoriais quanto a consistência, cor, sabor e odor, sendo definida a consistência em cremosa ou pastosa (doce de leite pastoso), sem cristais perceptíveis sensorialmente, ou, ainda, em semissólida ou sólida e parcialmente cristalizada, quando a umidade não supere 20%*m/m* (doce de leite em barra). A cor deve ser castanho-caramelada, proveniente da reação de Maillard, e o sabor e odor, característicos, sem sabores e odores estranhos. Quanto aos requisitos físico-químicos, o Regulamento Técnico estabelece valores mínimos e máximos para os atributos umidade, matéria gorda, teor de cinzas e proteínas (Tabela 1).

Tabela 1 - Requisitos físico-químicos para o doce de leite e doce de leite com creme (BRASIL, 1997)

Requisito	Doce de Leite	Doce de Leite com creme
Umidade g/100 g	máx. 30,0	máx. 30,0
Matéria gorda g/100 g	6,0 a 9,0	> 9,0
Cinzas g/100 g	máx. 2,0	máx. 2,0
Proteína g/100 g	mín. 5,0	mín. 5,0

Além dos ingredientes obrigatórios e opcionais, o Regulamento Técnico permite adição de aditivos e coadjuvantes de tecnologia/elaboração. Como coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em doce de leite, tem-se: enzima betagalactosidase

(lactase), bicarbonato de sódio, hidróxido de sódio, hidróxido de cálcio e carbonato de sódio. Já os aditivos autorizados para uso na produção de doce de leite possuem as seguintes funções: conservador, texturizante, aromatizante, estabilizante, umectante, corante e espessante. A lista de aditivos é bem extensa, havendo limites máximos para a maioria deles.

Por fim, o Regulamento Técnico define também os contaminantes, práticas de higiene, pesos e medidas, rotulagem, métodos de análise e amostragem, visando padronizar e mostrar as diretrizes para obtenção de um produto final de qualidade.

Principais tipos de Doce de Leite: pastoso e em barra

De acordo com o processamento, o doce de leite pode ser classificado como pastoso (em pasta) ou tablete (em barra). O doce pastoso é caracterizado pela ausência de cristais e por apresentar textura uniforme, coloração marrom e sabor característico. Já o doce em tablete apresenta-se na forma de blocos, cristalizado, com coloração e textura uniformes. Os doces se diferenciam em função do teor de sólidos totais e sacarose e na determinação do ponto final da fabricação (PERRONE et al., 2011). A Figura 1 mostra a diferença na composição entre o doce de leite pastoso e em barra considerando a adição de 20% e 30% de sacarose para fabricação do doce em pasta e em barra, respectivamente, partindo de um leite com 12,8% de sólidos lácteos totais.

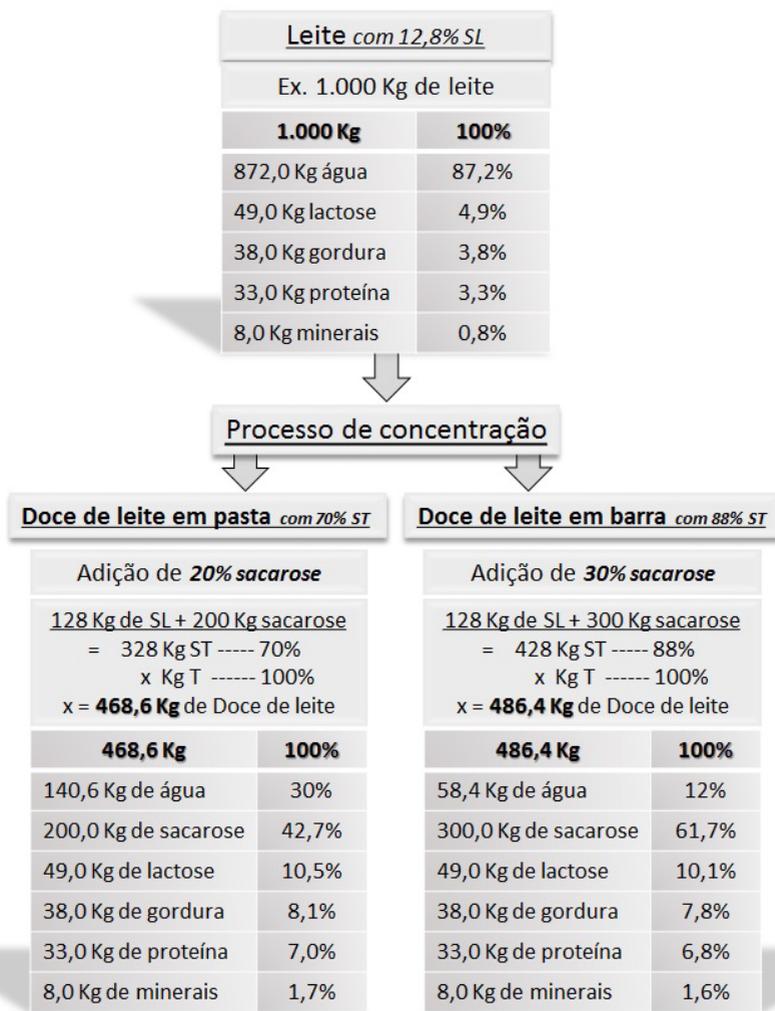


Figura 1 - Diferença na composição dos doces de leite pastoso e em barra.
 SL: sólidos lácteos; ST: sólidos totais; T: massa total. Fonte: Adaptado de
 PERRONE et al., 2011.

Devido ao maior conteúdo de sacarose e menor conteúdo de água, conforme verificado na Figura 1, o doce em barra é mais suscetível à cristalização. Nesse contexto, a cristalização controlada e induzida se torna necessária para obtenção de um produto com características de textura e corte desejados. Para isso, após atingir o teor de sólidos desejado, a mistura é submetida ao processo de cristalização (etapa de bateção), que pode ser realizada de forma manual ou mecânica, quando o doce vai sendo agitado e lentamente resfriado, com a finalidade de induzir a formação de inúmeros cristais de sacarose e lactose. Consequentemente, há uma significativa alteração na textura do produto, tornando-o sólido e firme o suficiente para ser cortado e servido em pedaços (STEPHANI et al., 2019).

Tecnologia de fabricação

A produção do doce de leite pode ocorrer em diversos sistemas, utilizando tachos por batelada, tachos de forma contínua e evaporador tubular ou em tacho a vácuo. Entretanto, todos os sistemas apresentam o mesmo princípio: evaporação da água por aplicação indireta de calor até a concentração ideal do doce. A Figura 2 apresenta a geometrização do processo de fabricação do doce de leite.

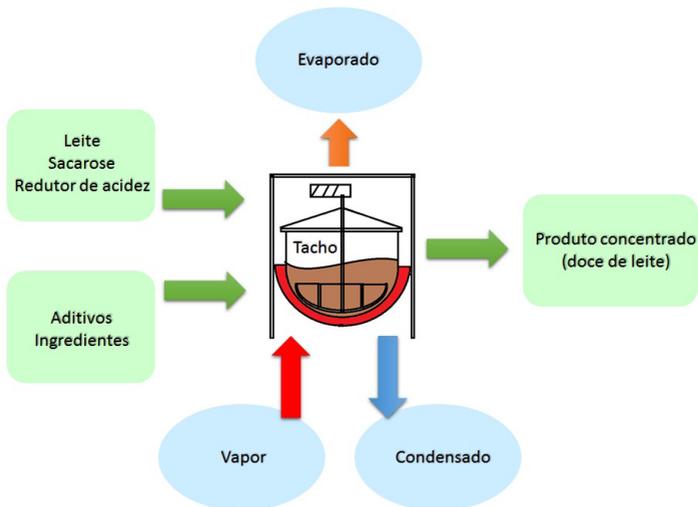


Figura 2 - Esquema do processo de fabricação do doce de leite.

O tacho é o trocador de calor mais comum usado para fabricação de doce de leite, composto por uma camada interna de aço inoxidável e outra externa, o que permite a circulação do vapor entre elas, com a finalidade de promover o aquecimento indireto do leite durante o processo de concentração. Já quanto aos evaporadores a vácuo, os mais utilizados são os tubulares, constituídos de aço inoxidável de película descendente. Os evaporadores têm como vantagens uma redução considerável no consumo de vapor e no tempo do processo, devido à redução da temperatura de ebulição da água em pressão reduzida durante a etapa de concentração. Conseqüentemente, esse sistema apresenta aumento da capacidade de produção, quando comparada com a capacidade normalmente obtida pelo tacho. No entanto, além de ter alto custo inicial e de manutenção, o evaporador a vácuo apresenta como desvantagem, na maioria das vezes, a incapacidade de ser o único equipamento para a produção do doce de leite, já que não possibilita as modificações físico-químicas necessárias no leite. Assim, o processo exige a concentração a vácuo até a mistura atingir um teor de sólidos de 62 a 66 °Brix; em seguida, a mistura deve ser concentrada no tacho por mais 20 a 40 minutos, para que as características de viscosidade e de cor sejam alcançadas de forma a atender aos padrões desejados (ZALAZAR; PEROTTI, 2011; PERRONE, 2007).

A matéria-prima e os ingredientes usados na produção de doce de leite são basicamente o leite, a

sacarose e o redutor de acidez. O leite a ser utilizado na fabricação do doce de leite deve ter qualidade microbiológica assegurada, apresentar estabilidade ao processamento térmico e exibir preferencialmente alto teor de sólidos (PERRONE et al., 2011). Além disso, o leite deve ser isento de sujidades físicas, as quais devem ser eliminadas por filtração e/ou clarificação. Também é indesejável o uso de leite com alta contagem de células somáticas e colostro, para que o produto final obtenha as características esperadas (ZALAZAR; PEROTTI, 2011). A Figura 3 mostra o fluxograma de produção do doce de leite pastoso tradicional.

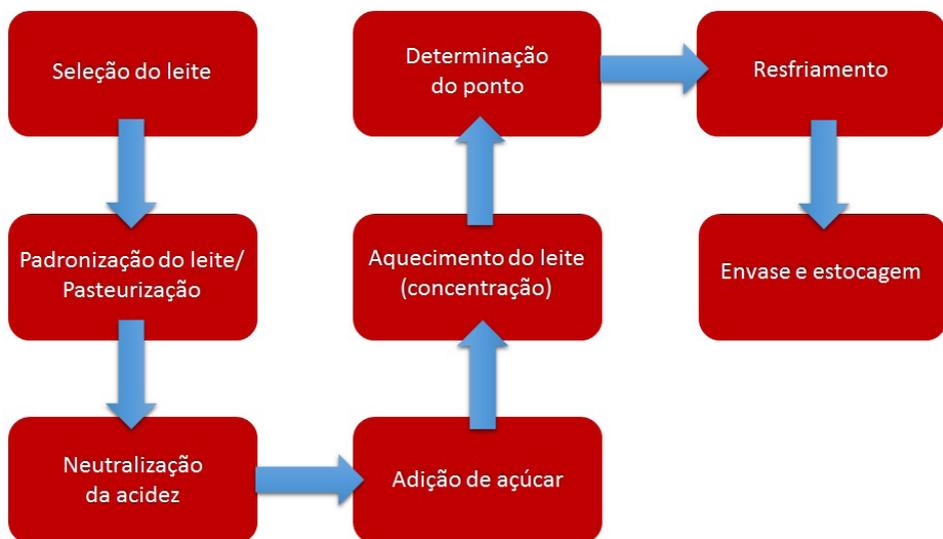


Figura 3 - Fluxograma de produção do doce de leite pastoso tradicional.

Após a recepção, classificação e clarificação/filtração

da matéria-prima, o leite deve ser submetido à etapa de padronização do teor de gordura (padronização do teor de gordura entre 3,3 e 3,8%) e/ou padronização do teor de gordura em relação ao teor de sólidos não gordurosos (definido como RF, variando de 0,38 a 0,45), com o objetivo de obter um produto com características sensoriais padronizadas, visto que a gordura atua diretamente na aparência, no aroma, no sabor e na textura do produto final. Conforme preconizado no regulamento técnico, o teor de gordura no doce de leite é de 6 a 9% m/m, considerando um fator de concentração variando de 1,7 a 2,2. Geralmente, para a padronização utiliza-se uma mistura de leite integral, leite desnatado e creme de leite.

Uma outra possibilidade seria adicionar creme de leite com a finalidade de produzir um doce de leite com creme; nesse caso, de acordo com o Regulamento Técnico, a expressão “com creme” deve ser incluída em todas as denominações de vendas, desde que o conteúdo de matéria gorda seja maior que 9% m/m (ZALAZAR; PEROTTI, 2011). Apesar de ser de grande apreciação sensorial pelos consumidores, esse tipo de produto não é convencionalmente fabricado em larga escala no Brasil, em razão do elevado valor calórico e maior custo de fabricação, quando comparado ao doce de leite tradicional. Assim, apenas uma pequena parcela dos consumidores está disposta a adquirir essa iguaria.

Após a padronização, o leite deve ser submetido a um tratamento térmico de equivalência ao binômio de

pasteurização, visando a inativação dos micro-organismos patogênicos que podem causar danos à saúde do consumidor. Embora o processo de concentração seja realizado sob aplicação do calor, de acordo com a legislação, ele pode ser efetuado em pressão reduzida. Assim, em virtude do abaixamento da temperatura de ebulição da água, binômios de equivalência aos da pasteurização podem não ser obtidos durante a concentração, o que pode favorecer a presença de micro-organismos patogênicos no estado viável não cultivável, resultando em risco à saúde dos consumidores.

Logo após o tratamento térmico, é realizada a etapa de neutralização da acidez, com a adição do redutor visando neutralizar a acidez inicial, bem como a acidez que será desenvolvida durante o processo de concentração, e evitar a desestabilização das proteínas do leite (caseína). Normalmente, na fabricação do doce, o redutor é adicionado até que a acidez do leite seja equivalente a 0,13%, expressa em ácido láctico (ou 13°D quando expressa em °Dornic, em que 1°D é equivalente a 0,01% de ácido láctico). Veja que é muito importante usar leite de boa qualidade inicial com acidez máxima de 0,18% de ácido láctico, uma vez que, se a acidez inicial do leite for muito elevada (acima do preconizado pela legislação, ou seja, >0,18% de ácido láctico), as proteínas provavelmente já estarão parcialmente desestabilizadas, com baixa resistência térmica e sem condições de resistir ao processo de concentração, resultando assim em um doce defeituoso, com textura “esfarinhada ou talhada”.

Um dos redutores de acidez mais utilizados é o bicarbonato de sódio, que é adicionado antes do processo de concentração. Além de diminuir a acidez inicial do leite, o coadjuvante de tecnologia também diminui a acidez total desenvolvida (ATD) durante o aquecimento (ZALAZAR; PEROTTI, 2011; PERRONE et al., 2011). Segundo esses autores, durante o processo de concentração a acidez pode aumentar devido a quatro fatores:

- Concentração da acidez devido à diminuição de volume.
- Degradação de moléculas de lactose em ácidos orgânicos (principalmente ácido fórmico) (50% ATD).
- Precipitação de sais de cálcio (20% da ATD).
- Desfosforilação da caseína (30% da ATD).

Dessa forma, o uso de redutor tem como principal função reduzir a acidez do leite e evitar precipitação de proteínas. Além disso, uma outra consequência da adição de bicarbonato de sódio é o desenvolvimento da cor do produto, devido ao favorecimento da reação de Maillard (PERRONE et al., 2011). A reação de Maillard apresenta sua maior taxa em pH próximo da neutralidade em razão do aumento do número de grupamento amina livre das proteínas/aminoácidos, que são responsáveis por iniciar essa reação. Portanto, o bicarbonato irá atuar como

catalisador, aumentando o pH do meio e favorecendo a reação de escurecimento não enzimático (DAMODARAN et al., 2010). Assim, deve-se ter cuidado com a quantidade de bicarbonato adicionada, a fim de evitar rejeição dos consumidores devido à coloração muito escura do doce (BELLARDE, 2001; PERRONE, 2007).

A quantidade de bicarbonato de sódio a ser adicionada no doce de leite irá depender de alguns fatores, como a estabilidade térmica do leite, a temperatura, o tempo de concentração e a coloração final desejada (PERRONE, 2007). Calcula-se a quantidade de bicarbonato de sódio por meio da equação 1 (Eq. 1):

$$R = \frac{0,1 \times D \times V \times 0,9333}{PB} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que R é a quantidade de bicarbonato de sódio a ser adicionada (gramas); D, a acidez a ser reduzida, expressa em graus Dornic; V, o volume de leite a sofrer redução de acidez; e PB, a pureza do bicarbonato de sódio.

A acidez do leite cru é a base para o cálculo da quantidade de bicarbonato de sódio ou outro redutor a ser adicionado para atingir a acidez desejada (ZALAZAR; PEROTTI, 2011). Vejamos um exemplo onde será demonstrado o uso da Eq. 1: suponha que haja uma quantidade de 100 L de leite com acidez inicial de 18°D e se deseja reduzi-la para 13°D. Considere que o redutor usado seja o bicarbonato de sódio com 90% de pureza.

Dados: V = 100 litros

D = 5°D

PB = 90%

$$R = \frac{0,1 \times 5 \times 100 \times 0,9333}{0,9} = 51,85 \text{ g}$$

Substituindo os valores na Eq. 1, verifica-se a necessidade de adição de 51,85 gramas de bicarbonato de sódio a 90% de pureza para reduzir a acidez de 100 L de leite de 18°D para 13°D.

Assim como o bicarbonato de sódio, a sacarose também é adicionada no início do processo de fabricação. A sacarose, conhecida popularmente como açúcar de mesa, é um glicídio composto por uma unidade de glicose ligada a uma de frutose, unida através de suas extremidades redutoras. Por não ter uma extremidade redutora, ela é classificada como açúcar não redutor e, por isso, não participa da reação de Maillard (DAMODARAN et al., 2010). É o açúcar mais utilizado para fabricação do doce de leite, podendo ser encontrado nas formas refinada e cristal. A sacarose é empregada para promover sabor, textura, pressão osmótica e brilho no produto final. Deve ser seca e isenta de qualquer impureza. Entre as principais vantagens do uso desse ingrediente estão o baixo custo, a grande disponibilidade, o fácil manuseio, a alta solubilidade e o fato de ser um dos componentes que proporcionam alta viscosidade ao produto final (PERRONE et al., 2011). Outra opção é o açúcar invertido (sacarose invertida), que pode ser

empregada com o objetivo de diminuir a cristalização (ENGENOTEC, 2013).

A concentração máxima de sacarose permitida pela legislação é de 30% sobre o volume de leite (BRASIL, 1997). Geralmente, no doce de leite pastoso adicionam-se concentrações que variam de 16% a 20% de sacarose em relação ao volume do leite; já no doce de leite em barra esse valor se aproxima de 30%. A fim de padronizar o teor de sacarose no produto final, aplica-se a equação 2 (Eq. 2) para determinar a quantidade de sacarose que deverá ser adicionada.

$$MS = \frac{[\%SD \times (MTLP \times \%SLTLP)]}{\%SLDDL} \quad (\text{Eq. 2})$$

em que MS é a quantidade de sacarose a ser adicionada (kg); %SD, a porcentagem (%) de sacarose desejada no produto final; MTLP, a massa total do leite padronizado (Kg); %SLTLP, a porcentagem (%) de sólidos lácteos totais do leite padronizado; e %SLDDL, a porcentagem (%) de sólidos lácteos desejados no doce de leite.

Para exemplificar, considere a seguinte situação: tem-se uma quantidade de 100 kg de leite padronizado com 12,8% de sólidos lácteos totais e se deseja produzir doce de leite pastoso com umidade de 30% e 43% de sacarose no produto final.

Dados: %SD = 0,43 / MTLP = 100 Kg / %SLTLP =
0,128 / %SLDDL = 0,27

$$MS = \frac{[\%SD \times (MTLP \times \%SLTLP)]}{\%SLDDL}$$

Substituindo os valores na Eq. 2, verifica-se a necessidade da adição de 20,39 kg de sacarose em 100 kg de leite para obter, no doce de leite pastoso com 70% de sólidos totais, uma concentração de 43% de sacarose.

De acordo com a legislação, a sacarose pode ser parcialmente substituída por outro açúcar (a legislação estabelece um máximo de 40% m/m de substituição). Na maioria das vezes essa substituição é feita pela adição de glicose, que tem como finalidade alterar as propriedades reológicas do doce, tornando-o mais macio e com maior viscosidade. Isso dificulta o aparecimento de grandes cristais, devido à dificuldade de movimentação das moléculas de lactose. É importante ressaltar que esse ingrediente deve ser de ótima qualidade e não fermentado (DEMIATE et al., 2001; PERRONE, 2007). Além da consistência mais macia e do aumento da viscosidade e do incremento do brilho, a glicose, por ser um açúcar redutor, favorece a reação de Maillard e, como consequência, contribui para um doce com uma coloração mais escura. Por isso, em alguns processos a glicose é adicionada sempre no final da etapa de concentração, quando a mistura

atinge um conteúdo de sólidos por volta de 55-60% (ZALAZAR; PEROTTI, 2011).

Além da glicose, o amido também pode ser utilizado. As principais finalidades são auxiliar no controle da cristalização e aumentar a consistência e o rendimento do produto em função do aumento da capacidade de retenção de água (SILVA et al., 2015). O amido pode ser usado na sua forma nativa ou modificado (BRASIL, 1997), mas dentro do limite de até 0,5 g/100 mL de leite.

A mistura de leite, açúcar e demais ingredientes e aditivos é denominada calda. Após a obtenção da calda, inicia-se a etapa de concentração no tacho e/ou evaporador. Essa operação deve ser feita com muito cuidado, porque a composição final e as características do produto dependem dessa etapa (ZALAZAR; PEROTTI, 2011). Durante a concentração a calda deverá permanecer sob constante agitação em movimentos circulatorios, com o auxílio de agitadores mecânicos. Esse movimento faz com que ocorra maior homogeneidade da mistura e impede que o produto se queime ou se deposite na parede do equipamento (PERRONE, 2007; VIEIRA; JÚNIOR, 2004).

Ao longo da etapa de concentração da calda ocorre a evaporação da água do leite, por meio da troca de calor indireta à pressão atmosférica (na maioria das vezes) com vapor d'água oriundo da caldeira (PERRONE, 2007). Com a evaporação da água da calda, ocorre aumento na concentração de sólidos e, conseqüentemente, redução

na atividade de água (A_w), normalmente abaixo de 0,85%. A baixa A_w é o principal fator responsável por estender a vida útil do produto, inibindo o desenvolvimento de bactérias. Apesar de sua alta estabilidade microbiológica, se ele for armazenado por longos períodos à temperatura ambiente, alguns fungos e leveduras podem se desenvolver, em razão da capacidade de esses microorganismos crescerem em valores de A_w baixa. Dessa forma, é fundamental a adoção das boas práticas de fabricação para evitar uma contaminação cruzada durante o processamento, com uma correta higienização das mãos dos manipuladores, dos utensílios, dos equipamentos e das embalagens que entrarão em contato com o produto. Além disso, o envase e o fechamento da embalagem devem ser feitos a quente, com a adição do produto até a borda do recipiente, para favorecer a eliminação de todo o oxigênio presente na embalagem e inibir o desenvolvimento de microorganismos aeróbios (como fungo e leveduras). Outra estratégia para preservação do doce de leite é o uso de ácido sórbico ou sorbato de potássio, sódio, ou sais de cálcio, o que é permitido pela legislação para prevenir o crescimento de fungos e leveduras no produto (FERRAMONDO et al., 1984; ZALAZAR; PEROTTI, 2011). Além da redução da A_w , uma série de outras modificações físico-químicas também ocorrem no produto final, conforme ilustrado na Figura 4.

Principais modificações
causadas no leite durante a
concentração

- **Redução da atividade de água (a_w):** *aumento da conservação;*
- **Formação de ácidos orgânicos:** *redução do pH;*
- **Desnaturação e associação proteica:** *aumento na estabilidade e viscosidade;*
- **Mudança no equilíbrio salino:** *alteração na força iônica e redução do pH;*
- **Reação de Maillard:** *escurecimento do produto e formação de antioxidantes;*
- **Eliminação de gases dissolvidos:** *redução do potencial de oxirredução;*
- **Saturação dos açúcares:** *cristalização.*

Figura 4 - Principais modificações causadas no leite devido ao aquecimento e concentração de sólidos.

Fonte: Adaptado de PE'RRONE, 2007.

À medida que o teor de sólidos da mistura aumenta e a calda atinge elevadas temperaturas, a reação de Maillard se intensifica devido à interação inicial entre proteínas e açúcares redutores, com o desencadeamento de uma série de reações que irão resultar na formação de compostos com efeito direto sobre as características sensoriais do produto. Além disso, a viscosidade aumenta, e as características típicas de cor e sabor de doce de leite são alcançadas gradualmente, tornando o produto mais interessante no aspecto visual, sensorial, logístico e comercial (ZALAZAR; PEROTTI, 2011). O tempo de concentração pode variar de 30 min a 4 horas, o que é dependente (i) do tipo de equipamento utilizado, (ii) do volume inicial de mistura, (iii) da relação entre a área de transferência de calor e o volume do leite e (iv) da quantidade de vapor injetado. O tempo de processamento determina as características do produto final, como a cor, o sabor e a viscosidade. Um doce de leite processado em um período muito curto terá uma

cor mais clara, com sabor menos pronunciado e baixa viscosidade (STEPHANI et al., 2019).

Ao longo da concentração, a consistência do produto é avaliada até a obtenção do ponto final de fabricação do doce de leite. Este pode ser verificado de forma qualitativa, quantitativa ou até mesmo de maneira subjetiva no que diz respeito a algum parâmetro do processo, como textura, viscosidade, temperatura, entre outros. Na produção de forma artesanal, segundo Fernandes et al. (1995), o ponto final de fabricação do doce de leite pastoso pode ser alcançado de diversos modos, que incluem:

- a) Colocar uma gota do doce sobre uma pedra de mármore e esperar seu resfriamento para verificar a consistência desejada.
- b) Gotejar algumas gotas do doce em um copo com água fria; se o doce estiver no ponto, as gotas irão até o fundo do copo sem se dissolver e sem turvar o meio.
- c) Colocar uma gota de doce entre o polegar e o indicador, vendo se o doce se distende bem ao separar os dedos.

No caso do doce de leite em barra, a determinação do “ponto prático” é feita retirando uma quantidade de doce quente e gotejando-o em um copo com água em temperatura ambiente; o doce depositado no fundo não deve grudar entre os dedos, ficando parecido com caramelo.

Na indústria, o ponto final de fabricação, isto é, a mensuração do teor de sólidos solúveis totais (SST), dado em °Brix, é determinado por meio de um refratômetro manual, em que deve apresentar valores de 68-70 °Brix para o doce de leite pastoso e de 84-86 °Brix para o doce de leite em barra. Essa medida pode variar em função da temperatura; assim, aconselha-se que essa análise seja realizada em temperatura ambiente (MORO; HOUGH, 1984).

Após atingir o ponto de concentração ideal (SST de 68-70 °Brix para o doce de leite pastoso), o doce de leite é então resfriado até a temperatura de ~70-75°C e, em seguida, envasado ainda quente em embalagens metálicas, plásticas ou em recipientes de vidro até que estejam completamente cheios, para promover a expulsão de todo o oxigênio presente e evitar possíveis contaminações por fungos e leveduras. Já na produção do doce de leite em barra, após atingir o teor de SST de 84-86 °Brix, o produto é resfriado lentamente sob agitação, de modo que permita a cristalização dos açúcares. Essa etapa, denominada bateção, é finalizada quando o doce começa a ressecar em sua superfície ou quando perde o brilho. Para uma avaliação prática desse ponto, ao retirar uma quantidade de doce quente e despejá-la sobre a superfície deste, a parte adicionada demora a afundar; neste caso, o teor de SST deve ser de 86-88 °Brix. Na produção de 1 kg de doce de leite pastoso ou em barra gasta-se geralmente de 2,0 a 2,5 L de leite. A conservação do produto final deve ser feita

em temperatura ambiente por um período que varia entre 160 e 180 dias, a depender das condições de processamento (GALLINA et al., 2009; PERRONE et al., 2011; VIEIRA; JÚNIOR, 2004).

Balanço de massa

O balanço de massa em doce de leite consiste no estudo de transferência de massa, que ocorre durante as operações unitárias industriais. Essa ferramenta pode ser aplicada para (i) determinar a quantidade de doce de leite ao final do processo, (ii) calcular o rendimento do produto final, (iii) determinar a massa de água evaporada e (iv) padronizar a composição do doce de leite (PERRONE et al., 2011). Na Figura 5 é esquematizada a tecnologia de fabricação do doce de leite dentro do conceito de balanço de massa.



Figura 5 - Geometrização do processo de produção de doce de leite.

Conforme apresentado na Figura 5, o somatório da massa de todos os componentes adicionados é igual ao somatório da massa de água evaporada e da massa de doce de leite obtida, podendo ser expresso pela equação 3 (Eq. 3):

$$MLP + MI + MA = MAE + MDL \quad (\text{Eq. 3})$$

em que:

MLP = massa de leite padronizado; MI = massa dos ingredientes; MA = massa dos aditivos; MAE = massa de água evaporada; e MDL = massa de doce de leite.

Assim, a massa de doce de leite pode ser obtida levando em consideração a massa de sólidos totais (que compreende a massa da matéria-prima, dos ingredientes e aditivos – sacarose, redutor de acidez, espessante e outros) e a massa de água. A partir da equação 4 (Eq. 4) pode-se determinar a quantidade da massa de doce de leite (MDL) esperada ao final de uma produção:

$$MDL = \frac{[(MLP \times \%SLLP) + (MSC + MR + ME)]}{\%STDL} \quad (\text{Eq. 4})$$

em que:

MLP = massa de leite padronizado; MSC = massa de sacarose; MR = massa do redutor; ME = massa do espessante; %SLLP = porcentagem de sólidos lácteos do leite padronizado; e %STDL = porcentagem de sólidos totais do doce de leite.

Para ilustrar, vamos levar em consideração a seguinte situação: deseja-se produzir um doce de leite pastoso com 70% de sólidos totais partindo de 100 kg de leite padronizado com 12,8% de sólidos lácteos totais que foi

adicionado de 20,39 kg de sacarose e 51,85 gramas de redutor (bicarbonato de sódio). Para determinar a massa de doce de leite esperada, aplica-se a Eq. 4 conforme apresentado a seguir (consideramos 100% o teor de sólidos da sacarose e o do redutor).

Dados: MLP: 100 kg/ %SLLP: 0,128/ MSC: 20,39 kg/ MR: 0,05185 kg/ ME: 0 kg/ %STD L: 0,70

$$MDL = \frac{[(100 \times 0,128) + (20,39 + 0,05185 + 0)]}{0,70} = 47,49 \text{ kg}$$

Substituindo os valores na Eq. 4, observa-se uma massa esperada de 47,49 kg de doce de leite pastoso com 70% de sólidos totais. Ou seja, verifica-se a necessidade de ~2,1 L de leite para produção de 1 kg de doce de leite pastoso.

Defeitos/problemas em doce de leite e prevenção

6.1 Cor

O problema de cor se dá a partir de um produto muito escuro ou um produto muito claro. Nesse caso, a cor escura pode ser obtida devido ao excesso de neutralizante ou por um tempo de processamento prolongado em temperaturas elevadas. A reação de Maillard ocorre intensamente em pHs próximos da neutralidade e em temperaturas elevadas. Assim, quanto mais próximo de 7,5 for o pH da mistura de leite, sacarose e demais ingredientes, bem como maior for a temperatura do processo de concentração, mais intensamente a reação de Maillard irá ocorrer. Já a cor clara pode ocorrer quando o leite é concentrado sob pressão reduzida (a vácuo). Nesta condição, o doce se torna mais claro devido a uma menor pressão e, conseqüentemente, menor temperatura de ebulição da água; assim, a reação de Maillard irá ocorrer com menor intensidade (como é verificado na fabricação de leite condensado).

6.2. Doce talhado

É o resultado da desestabilização proteica (caseínas), a qual está relacionada com acidez elevada, temperatura, tempo e estrutura proteica. Esse defeito ocorre sobretudo devido à má qualidade da matéria-prima. Utiliza-se bicarbonato de sódio para neutralizar a acidez inicial e a que será desenvolvida durante a etapa de concentração, com o objetivo de aumentar a estabilidade das proteínas durante o aquecimento. Além disso, o citrato de sódio também é usado, visando aumentar a estabilidade térmica das proteínas. Entretanto, um leite com elevada acidez inicial (acidez acima de 18 °D) terá provavelmente as proteínas parcialmente desestabilizadas, sem condições de resistir ao aquecimento, produzindo assim um doce talhado. Por isso, o ideal é a utilização de leite de boa qualidade com acidez de até 18 °D.

6.3. Textura arenosa

A textura arenosa é o defeito de maior ocorrência e de mais difícil controle no doce de leite pastoso. Isso se deve à formação de grandes cristais de lactose (>21 µm) perceptíveis ao tato e ao paladar, proveniente da supersaturação da lactose (uma vez que cerca de 50-60% da concentração de lactose no doce está saturada). Uma das maneiras de evitar a formação de grandes cristais de lactose é a partir da hidrólise enzimática da lactose em glicose e galactose antes da fabricação do doce de leite, por meio da adição da enzima lactase. Essa alternativa é comumente usada em razão da maior solubilidade da glicose e da galactose em comparação com a lactose.

Outra estratégia é a semeadura da lactose, em que se adiciona uma pequena quantidade de cristais de lactose como núcleos de cristalização, para acelerar o processo e produzir grande número de pequenos cristais, que não serão detectáveis pelo paladar (cristais menores que 14 μm). Uma outra opção tecnológica é o resfriamento lento do doce de leite até atingir uma temperatura de 93,5 °C, seguido por resfriamento rápido, com a finalidade de induzir a formação de inúmeros cristais pequenos.

6.4. Gosto queimado

A baixa ou falha agitação e a grande quantidade de energia fornecida na forma de calor podem causar problemas de gosto de queimado no doce de leite. É um problema que não ocorre com grande frequência em fabricações industriais, sendo mais comum em produções de pequena escala ou caseiras. Por isso, aconselha-se uma troca regular da borracha da pá de agitação sempre que houver desgaste desse material.

6.5. Outros defeitos

Além dos citados, outros defeitos também podem ser verificados, como o sabor de ranço ou azedo devido à ação de enzimas produzidas por micro-organismos contaminantes sobre os constituintes do leite, bem como o estufamento das embalagens em decorrência da produção de gás proveniente da ação de fungos e leveduras. Outro defeito comum é no tocante à consistência, seja ela muito baixa ou muito elevada, em razão de erros na determinação do ponto do doce, bem como a separação de fases, verificada, principalmente, em produtos com excesso de amido.

Perspectivas

Para um avanço na perspectiva de mercado futuro do doce de leite, a melhoria da qualidade deve ser o fator determinante, o que permitirá a obtenção de produto *premium* e potencialmente apto para exportação. Assim, o desenvolvimento de novos processos e novos sabores e a redução de gastos energéticos são fundamentais para aumentar a lucratividade do empreendimento. Além disso, algumas barreiras devem ser rompidas, uma vez que um dos principais desafios para a indústria de doce de leite brasileira é a falta de uniformidade e padronização do produto. Ademais, o conhecimento e controle dos processos tecnológicos visando a melhoria da qualidade são de extrema importância para fortalecer a competitividade das empresas nacionais e ampliar a capacidade de inovação para esse produto extremamente apreciado pelos brasileiros.

Referências

BELLARDE, F. B. **Produção de doce de leite formulado com leite em pó: influência das variáveis de processo no desenvolvimento da cor, textura e propriedades sensoriais**. 2001. 193 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 354, de 4 de setembro de 1997. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Doce de Leite. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 8 set. 1997.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DEMIATE, I. M.; KONKEL, F. E.; PEDROSO, R. A. Avaliação da qualidade de amostras comerciais de doce de leite pastoso - composição química. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 108-114, 2001.

FERRAMONDO, A.; CHIRIFE, J.; PARADA, J. L.; VIGO, S. Chemical and microbiological studies on “dulce de leche”, a typical Argentine confectionery product. **Journal of Food Science**, v. 49, p. 821-923, 1984.

GALLINA, D. A.; ROGALSKY, A. D.; ALVES, A. T. S. Comparação de métodos para determinação do extrato seco total em doce de leite pastoso. **Revista Instituto de Laticínio Cândido Tostes**, v. 64, n. 370, p. 10-13, 2009.

MADRONA, G. S.; ZOTARELLI, M. F.; BERGAMASCO, R. Estudo do efeito da adição de soro de queijo na qualidade microbiológica do doce de leite pastoso. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, 2008.

MORO, O.; HOUGH, G. Total solids and density measurements of dulce de leche, a typical argentine dairy product. **Journal of Dairy Science**, Buenos Aires, v. 68, p. 521-525, 1984.

OLIVEIRA, M. N.; PENNA, A. L. B.; GARCIA-NEVAREZ, H. Production of evaporated milk, sweet and condensed milk, and dulce de leche. In: TAMIME A. Y. (Ed.). **Dairy powders & concentrated products**. Oxford: Blackwell Publishing, 2009. p. 149-180.

PERRONE, I. T. Atributos tecnológicos de controle para produção do doce de leite. **Revista Instituto de Laticínio Cândido Tostes**, v. 67, n. 385, p. 42-51, 2012.

PERRONE, I. T.; STEPHANI, R.; NEVES, B. S. **Doce de leite: aspectos tecnológicos**. Juiz de Fora: [s.n.], 2011. 186 p.

PERRONE, I. T. Tecnologia para a fabricação de doce de leite. **Revista Instituto de Laticínio Cândido Tostes**, v. 62, n. 354, p. 43-49, 2007.

SILVA, F. L.; FERREIRA, H. A. L.; SOUZA, A. B.; ALMEIDA, D. F.; STEPHANI, R.; PIROZI, M. R.; PERRONE, I. T. Production of dulce de leche: the effect of starch addition. **Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 417-423, 2015.

STEPHANI, R.; FRANCISQUINI, J.; PERRONE, I. T.; CARVALHO, A. F.; OLIVEIRA, L. F. **Dulce de leche: chemistry and processing technology**. 2019. 10.5772/intechopen.82677.

VIEIRA, L. C.; JÚNIOR, J. B. L. **Tecnologias de fabricação dos doces de leite pastoso em tabletes**. [S.l.]: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 3 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico 111).

WALSTRA, P.; JENNESS, R. **Dairy chemistry and physics**. New York: Wiley, 1984.

ZACARCHENCO, P. B.; VAN DENDER, A. G. F.; REGO, R. A. (Ed.). **Brasil Dairy Trends**: tendências do mercado de produtos lácteos. 1. ed. Campinas: ITAL, 2020.



**Divisão de Gráfica
Universitária**
Universidade Federal de Viçosa

UFV

Universidade Federal de Viçosa
