Revisão DOI: 10.14295/2238-6416.v76i3.865

ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS EM SORVETES COM SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS: UMA REVISÃO

Physical-chemical changes in ice cream with agro-industrial by-products: a review

Graziela Brusch Brinques,[1] Oliver Dettenborn[1]*

RESUMO

O sorvete é uma sobremesa muito popular no Brasil. Entretanto, na última década, os consumidores do país têm se preocupado cada vez mais com a sua saúde, e buscado por alimentos mais saudáveis. Visando atender a essa demanda, diversos autores têm pesquisado sobre aplicação de subprodutos agrícolas para desenvolver alimentos com teor de gordura e açúcares reduzidos. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica, dos últimos 15 anos, sobre as alterações físico-químicas e sensoriais que podem ocorrer em formulações de sorvete com a adição de subprodutos agroindustriais como farelos, cascas e bagaços de diversos grupos de vegetais, como raízes, frutas e hortaliças, bem como de subprodutos de produtos manufaturados como de vinho e de queijo. A adição desses produtos como ingredientes para a substituição de gordura, saborizantes ou agente estabilizante, resultou em produtos com uma aceitação similar ou superior aos sorvetes tradicionais. Os resultados encontrados demostraram a potencialidade do uso desses subprodutos na produção de sorvetes funcionais, que produzem valor agregado, ao aplicar descartes como novos ingredientes, contudo, ainda é necessário a realização de mais pesquisas para o aprimoramento das formulações e a aplicação de outros subprodutos.

Palavras-chave: sorvete; subprodutos; substituição de ingredientes; propriedades funcionais.

ABSTRACT

Ice cream is a very popular dessert in Brazil. However, in the last decade,

1 Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Rua Sarmento Leite, 245, Centro Histórico, 90050-170, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail:grazibb@ufcspa.edu.br.

* Autor para correspondência

Recebido / Received: 25/01/2021
Aprovado / Approved: 31/03/2021

consumers in the country have been increasingly concerned about their health and are looking for healthier foods. To meet this demand, several authors have been researching the application of agricultural by-products to develop foods with reduced fat and sugar content. Thus, the objective of this work was to carry out a bibliographic review, over the last 15 years, on the physical-chemical and sensory changes that can occur in ice cream formulations with the addition of agro-industrial by-products such as bran, peels, and bagasse from different groups of vegetables, such as roots, fruits, and vegetables, as well as by-products of manufactured products such as wine and cheese. The addition of these products as ingredients for the replacement of fat, flavoring, or stabilizing agent, resulted in products with similar or superior acceptance to traditional ice creams. The results demonstrated the potential of using these by-products in the production of functional ice creams, which produce added value when applying discards as new ingredients, however, it is still necessary to carry out more research to improve the formulations and the application of other by-products.

Keywords: ice cream; by-products; replacement ingredients; functional properties.

INTRODUÇÃO

O sorvete é um produto congelado obtido a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, que pode ser feito à base de leite ou água, podendo ser adicionados outros ingredientes (BRASIL, 2005; MORZELLE *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2012; SEBRAE, 2014). Apesar de ter uma grande aceitação entre a população brasileira, o consumo de sorvete no Brasil (5,4 L per capita/ano) ainda é baixo se comparado a países como Nova Zelândia (28,3 L per capita/ano) e Estados Unidos (20,8 L per capita/ano) (SEBRAE, 2014; VARGAS *et al.*, 2019).

O baixo consumo de sorvete no Brasil, pode estar diretamente relacionado com a percepção do consumidor de que o sorvete é um alimento muito calórico (MORZELLE *et al.*, 2012; VARGAS *et al.*, 2019). Por isso, a indústria de alimentos busca a substituição de produtos tradicionais, ricos em calorias, gorduras e açúcares, por produtos que promovam saudabilidade e ao mesmo tempo mantêm as características sensoriais dos alimentos tradicionais **(**MORZELLE *et al.*, 2012; MORIANO; COSTA, 2014; MORIANO, 2017).

Além disso, outra grande preocupação, atualmente, é com o impacto ambiental das indústrias. As produções agroindustriais estão condicionadas à geração de resíduos, que causam danos ao meio ambiente, devido à disposição de poluentes aos solos e corpos hídricos, que indiretamente representa a perda de biomassa e de nutrientes que poderiam ser empregados em novos processos. Portanto, devem ser criados processos mais sustentáveis, nos quais os subprodutos ou resíduos sejam reaproveitados, desenvolvendo novos produtos de valor agregado (SUNG, 2015; COSTA FILHO *et al.*, 2017).

Contudo, as indústrias de alimentos enfrentam grandes desafios na utilização de subprodutos durante a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, principalmente porque a adição de novos ingredientes em formulações, já amplamente estabelecidas, pode causar alterações indesejáveis. Assim, o objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre as

alterações físico-químicas e sensoriais que podem ocorrer em formulações de sorvete com a adição de subprodutos agroindustriais.

INGREDIENTES DE SORVETES – ESTRUTURA BÁSICA

O sorvete apresenta uma variada composição de ingredientes, dependendo da formulação e do sabor. Contudo, alguns ingredientes estão geralmente presentes e formam a estrutura básica do produto, como o leite e o creme de leite (sólidos gordurosos).

Leite

O leite consiste em um líquido em estado homogêneo, formado por 3 fases diferentes: soro aquoso, com a maioria dos minerais e algumas proteínas que ficam dispersas; uma suspensão coloidal com a caseína; e uma emulsão formada pela gordura do leite (CRUZ *et al.*, 2016; VIDAL; NETTO, 2018).

A caseína é a principal proteína presente no leite, representando 80% do conteúdo proteico, a qual tem como função biológica atuar como um *nanoveículo* para o cálcio, fosfato, aminoácidos e energia. Ela apresenta uma estrutura reomórfica, isto é, sua estrutura é dependente do meio ambiente em que se encontra, e responde rapidamente às mudanças do meio. Logo que são sintetizadas, as moléculas de caseína atuam como pontos de nucleação para a formação de *nanoclusters* (aglomerados) de fosfato de cálcio que atuam como cimento na manutenção da estrutura da micela (KRUIF; HOLT, 2003; KRUIF *et al*, 2012; KRUIF, 2014). Essa característica explica a capacidade dos derivados de leite de formarem espumas, emulsões géis e estabilidade ao tratamento. Além das caseínas, existem outras proteínas no leite, presentes no soro, como a β-lactoglobulina (7% a 12%), α-lactalbumina (2% a 5%), albumina sérica (1%), imunoglobinas (1,3% a 2,8%), protease peptonas, lactoferrina e transferrina, que são proteínas que impactam diretamente na textura dos produtos ao sofrer desnaturação (CRUZ *et al*, 2016; VIDAL; NETTO, 2018; SILVA *et al.*, 2019).

A gordura do leite é uma mistura de compostos que são solúveis em solventes orgânicos e insolúveis em aquosos, em sua maioria triglicerídeos, que são compostos por ácidos graxos que diferem quanto ao tamanho da cadeia carbônica, número, posição e isomerismo, apresentando duas formas separáveis fisicamente: uma de forma de glóbulos esféricos; a outra, de fragmentos celulares, de células e de fragmentos da membrana. A maioria da gordura está na forma de glóbulo (96%), composto por proteínas, glicoproteínas, triglicerídeos, glicolipídios, ácidos graxos, hidrocarbonetos, vitaminas lipossolúveis, enzimas, fosfolipídios e outras moléculas polares (CRUZ *et al.*, 2016).

Outra macromolécula importante é a lactose, que pode apresentar-se nos alimentos em três formas: α-lactose, β-lactose e α-lactose mono-hidratada. Ela é um açúcar pouco solúvel, o que pode acarretar problemas durante a fabricação de derivados do leite produzindo uma textura na boca de grãos de areia. Esta é uma das propriedades de maior atenção da indústria de alimentos, pois produz uma variação na textura dos alimentos que, geralmente, é indesejável. Sua ocorrência durante o processamento é inevitável, pois ao ser concentrada, a lactose tende a tornar-se supersaturada, resultando na cristalização durante o resfriamento. As condições de processamento impactam diretamente na forma e tamanho dos cristais, que, em condições normais, a cristalização ocorre de forma lenta e produz grandes cristais em pequena quantidade, que são duros e pouco solúveis, e, quando seu tamanho ultrapassa 16 μm, ele pode ser percebido na boca (COSTA *et al.*, 2017; VIDAL; NETTO, 2018).

Creme de leite

Quanto ao creme de leite, ele é um lácteo rico em gordura, que se dispõe através de uma emulsão de gordura em água. O mercado brasileiro tem como opções de consumo o creme de leite UHT, o creme de leite pasteurizado, a nata, o creme para bater *chantilly*, o *chantilly* em aerossol e o creme azedo (*sour cream*) (BRASIL, 1996; CRUZ *et al.*,2016; PRUDENCIO *et al.*, 2017; VIDAL; NETTO, 2018).

A gordura presente no creme de leite é o principal ingrediente para a fabricação do sorvete. O comportamento de cristalização dessa gordura é de extrema importância, pois impacta na estrutura química dos produtos, na reologia e na textura que os alimentos irão apresentar ao final do processamento (RODRIGUES-RACT *et al.*, 2010; RØNHOLT *et al.,* 2013). Segundo Rodrigues-Ract *et al.* (2010), muitos fatores influenciam este processo, entre eles: (1) O formato do cristal: o polimorfismo, tamanho, quantidade, forma e comportamento de agregação; (2) Composição química do produto; (3) Proporção de sólido e líquido; (4) A solubilidade entre os lipídios, principalmente os triacilgliceróis; (5) A maneira como o processamento ocorre: taxa de resfriamento, tratamento mecânico e a armazenagem; (6) Presença de outros componentes: fosfolipídios e esteróis.

A proporção entre o líquido e a fração de gordura sólida é o mais importante para as propriedades reológicas dos cremes, pois, sem a gordura solidificada, os produtos baseados em gordura do leite seriam totalmente líquidos, enquanto a gordura sólida, sem os componentes líquidos, seria apresentada de forma dura e quebradiça. Dessa forma, a composição química da gordura afeta o comportamento reológico da rede de cristais do creme, e, além disso, esses produtos podem ter estrutura cristalina diferente (polimorfismo), que dependendo do tratamento térmico pode apresentar uma rede de cristais diferente (RØNHOLT *et al.,* 2013; CRUZ *et al.*, 2016; PRUDENCIO *et al.*, 2017; VIDAL; NETTO, 2018).

SORVETE

Um dos produtos derivados do leite e do creme é o sorvete, que é composto por uma calda heterogênea, mantida estável através da combinação de uma emulsão, uma suspensão e uma espuma. A matriz desse alimento apresenta três partes: (1) os cristais de gelo; (2) as bolhas de ar; e (3) a fase não congelada (com os sólidos não gordurosos do leite e o açúcar) que agrega micelas de caseína, soro das proteínas do leite, sais, açúcares e polissacarídeos de alto peso molecular (GRANGER *et al.*, 2005; LORENZ, 2009; SOUZA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2012; MILLIATTI, 2013; COSTA *et al.*, 2017; PRUDENCIO *et al.*, 2017).

A gordura no sorvete é muito importante, pois traz equilíbrio à mistura ao atuar diretamente na formação dos cristais de gelo, através do processo de recristalização da gordura e da formação de uma rede tridimensional contínua parcialmente coalescida, mas também por influenciar na manutenção da estrutura através da regulação da taxa de derretimento junto com os estabilizantes. Os glóbulos da gordura envolvem as células de ar durante a fase do congelamento, e seu percentual na formulação impacta diretamente no tamanho dos cristais formados ao ocupar os espaços que eles poderiam se depositar (GRANGER *et al*, 2005; MILLIATTI, 2013; COSTA *et al.*, 2017).

O tipo de gordura, sua composição, o polimorfismo, e o seu ponto de fusão têm impacto direto nas propriedades sensoriais e na estabilidade do sorvete. Seu emprego serve para produzir a textura, que é, ao mesmo tempo, sólida e líquida, dando ao

consumidor uma sensação, na boca, de um produto macio e cremoso. Além de influenciar no corpo do sorvete, as gorduras também estão relacionadas ao aroma, devido à liberação de moléculas aromáticas lipossolúveis e a sensação de frio na boca em razão da função de lubrificação do paladar (OLIVEIRA *et al.,* 2008; SOUZA *et al.*, 2010; PAZIANOTTI *et al.*, 2010; SILVA-JUNIOR; LANNES, 2011; SILVA *et al.*, 2012; MILLIATTI, 2013; COSTA *et al.*, 2017; PRUDENCIO *et al.*, 2017).

Os sólidos não gordurosos são responsáveis pela construção da estrutura – mastigabilidade, textura e sabor lácteo – além da emulsificação, hidratação e contribuição para o *overrun* (taxa de aeração do sorvete). Na composição da matriz do sorvete, as proteínas são essenciais, pois conseguem se ligar às moléculas de água promovendo uma viscosidade no líquido que servirá de base ao sorvete, e atuam unindo-se ao estabilizante, gerando propriedades funcionais que contribuem na formação e na manutenção da emulsão (OLIVEIRA *et al.,* 2008; LORENZ, 2009; SOUZA *et al.*, 2010; PAZIANOTTI *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2012; MILLIATTI, 2013; COSTA *et al.*, 2017; PRUDENCIO *et al.*, 2017).

Os açúcares do sorvete, provenientes de diferentes fontes, são responsáveis por: (1) reduzir o ponto de congelamento, impactando diretamente na relação temperatura/dureza do sorvete; (2) aumentar o sabor; (3) fixar os compostos aromáticos; (4) aumentar a viscosidade; (5) influenciar no tempo do processo de congelamento sob agitação; (6) influenciar no tamanho dos cristais de lactose do sorvete. Eles podem, ainda, ser substituídos por edulcorantes que podem atuar como realçadores de sabor, melhorar a textura e a palatabilidade (OLIVEIRA *et al.,* 2008; LORENZ, 2009; PAZIANOTTI *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2012; MILLIATTI, 2013; PRUDENCIO *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2017).

Os estabilizantes apresentam elevada capacidade de retenção da água o que contribui para o aumento da viscosidade, suavizando a textura e desenvolvendo o corpo do alimento. Além disso, juntamente às gorduras, impactam diretamente na redução do tamanho dos cristais de gelo. Normalmente nas receitas é utilizado entre 0,2% e 0,5% de estabilizantes, contudo, em receitas de teor de gordura reduzidas, deve-se aumentar sua porcentagem para garantir suas propriedades funcionais no produto, todavia, quantidades em excesso podem causar retração do sorvete e um sabor gorduroso desagradável (GRANGER *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.,* 2008; SOUZA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2012; COSTA *et al.*, 2017; PRUDENCIO *et al.*, 2017; TEIXEIRA *et al.*, 2019).

Na produção de sorvete, os emulsificantes atuam através da diminuição da tensão interfacial entre as duas fases do sorvete, contribuindo para uma textura macia, atuando diretamente na etapa de congelamento sob agitação, melhorando o batimento, e assim produzindo melhor uniformidade no produto e auxiliando a incorporação de ar no sorvete (LORENZ, 2009; SILVA *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2017).

A fabricação do sorvete apresenta seis fases: pré-aquecimento, homogeneização, pasteurização, maturação, congelamento e o endurecimento. A primeira etapa consiste na preparação da calda-base, através do pré-aquecimento do leite e creme de leite, seguido pela adição em ordem sistemática dos ingredientes lácteos (GRANGER *et al.*, 2005; LORENZ, 2009; MILLIATTI, 2013; COSTA *et al.*, 2017). Após isso, ocorre o processo de pasteurização que elimina os microrganismos patogênicos do leite, fusiona os emulsificantes, ativa os estabilizantes e desnatura as proteínas do soro do leite, provocando o aumento da solubilização delas (LORENZ, 2009; SOUZA *et al.*, 2010;

MILLIATTI, 2013).

Depois de pasteurizada, a calda deve ser resfriada para a maturação do mix, durante um período mínimo de 4 horas. Durante esse período, ocorrem mudanças na estrutura do produto: as proteínas e os estabilizantes são hidratados; a dessorção das proteínas na superfície dos glóbulos de gordura; e a cristalização das moléculas de gordura. Essas alterações impactam no aumento da viscosidade da calda, que corrobora com a melhor incorporação de ar na etapa seguinte e no aumento da resistência do sorvete ao derretimento. Ao final dessa etapa, ocorre a adição dos saborizantes, aromatizantes e/ou corantes ao mix. Assim, a calda é transferida para o congelamento, na qual a mistura é submetida a uma exposição igual às paredes congeladas e realiza a incorporação de ar ao mix. Esse processo provoca a transição de 20 a 40 % da água para o estado sólido, iniciando o processo de formação de cristais de gelo (nucleação) e de cristalização da lactose. Ao final do processo, o sorvete deverá atingir uma temperatura de -5 a -6 ºC. Então, o sorvete é envasado e enviado a etapa de endurecimento que ocorre em congeladores à temperatura de -20 a -30 ºC, e é nele onde 90% da água presente no sorvete atinge o estado sólido e o processo de formação dos cristais de gelo terminará (LORENZ, 2009; MILLIATTI, 2013; COSTA *et al.*, 2017).

APLICAÇÃO DE SUBPRODUTOS NO SORVETE

Nos últimos 15 anos, as aplicações de subproduto para o desenvolvimento de sorvete utilizaram como subprodutos: o farelo da mandioca, o bagaço do malte (oriundo do processo cervejeiro), o bagaço do vinho, casca do maracujá, casca e semente de romã, casca, albedo, flavedo e sementes da laranja, casca de abacaxi, polpa de coco verde, polpa de baru e soro do leite (oriundo do processo de produção de queijo), entre outros.

Fernandes (2016) desenvolveu um sorvete com a adição do farelo da mandioca (1,5% a 10%) e da maltodextrina (2,11% a 5,18%), avaliando a composição centesimal do subproduto e do sorvete, além de realizar uma análise sensorial. O farelo da mandioca tem sua maior composição formada por amido (67,68 g $100g^{-1}$) e fibras (21,16 g $100g^{-1}$). As formulações produzidas apresentaram aparência e cremosidade semelhantes aos sorvetes industrializados. Contudo, a adição do farelo fez com que algumas formulações obtivessem um teor de umidade maior, pois esses compostos têm uma capacidade de retenção de água elevada, diminuindo, assim, a água livre na matriz do sorvete. Assim sendo, a taxa de o*verrun* dos sorvetes variou entre 14,44% e 30,94%. Por outro lado, a adição do subproduto produziu amostras com uma taxa de derretimento menor em relação aos sorvetes comerciais. E, outra notável alteração foi a cor das amostras com subproduto, que tiveram a luminosidade (L*) reduzida conforme o aumento da quantidade do subproduto na formulação, enquanto os parâmetros de cor vermelha (a*) e cor amarela (b*) tiveram elevação. Por isso, as formulações que foram produzidas tiveram uma coloração variando entre o branco e o marrom claro dependendo do teor subproduto adicionado. Em relação a avaliação dos degustadores, os atributos aroma, aparência, cor, textura e sabor variaram entre 4,4 e 7,65 em uma escala de 9 pontos. A adição do farelo causou mudanças na cor, na textura e sabor do sorvete, devido ao sabor residual causado pela presença das fibras. Por isso, os degustadores ao receberem um produto com características diferentes dos outros sorvetes que estavam degustando, avaliaram com notas menores as amostras com elevado teor de farelo de mandioca do que as que continham apenas maltodextrina ou baixos teores de farelo. A formulação com melhor avaliação

sensorial foi a com níveis intermediários de maltodextrina e valores baixos para o farelo de mandioca.

O bagaço do malte é um subproduto do processo cervejeiro, que apresenta elevado teor de proteínas e fibras dietéticas (ASSIS *et al.*, 2020). Para o desenvolvimento de um produto com a aplicação do subproduto, Assis e colaboradores (2020), elaboraram uma farinha de bagaço de malte através de secagem em estufa, que foi aplicada em diferentes teores (0% a 4,5%) em sorvete sabor açaí. A adição não causou diferenças estatisticamente significantes quanto ao teor de proteínas, umidade, cinzas e gorduras. Em relação ao *overrun*, houve a diminuição da taxa de incorporação do ar conforme aumentava-se o teor de subproduto, causando a variação do *overrun* de 50% (fórmula com 1,5%) a 25% (fórmula com 4,5%) com a diminuição da taxa de derretimento. Em relação à cor, a escolha pela adição do açaí como saborizante evitou que houvesse alterações significativas na coloração do sorvete.

Outro setor que gera subprodutos é a produção do suco de laranja. Nela são gerados os resíduos flavedo (fina camada externa da casca, epicarpo), albedo (camada interna da casca, mesocarpo), sementes e bagaço. Oliveira *et al.* (2019) elaboraram uma farinha com diferentes subprodutos da laranja sanguínea-de-mombuca, como substituta da gordura em formulações de sorvete, avaliando a composição centesimal de cada subproduto, das farinhas produzidas e das formulações de sorvete, e uma análise sensorial. A adição dessa farinha não causou alterações sensoriais nos atributos cor e aroma, com exceção da amostra com 1,4% de farinha de flavedo e semente, que obteve pontuação inferior no aroma. Em relação à aparência, textura e aceitação global, a amostra padrão teve uma avaliação significativamente maior que os sorvetes com subprodutos – com exceção da amostra com 2% de farinha de albedo, que apresentou valores similares ao padrão no atributo aparência. As amostras de sorvete com melhor aceitação dos consumidores foram a com 1,9% de farinha de flavedo e semente e a com 2% de farinha de albedo, sendo, a última, aquela com melhor média de aceitação. Então, foi realizada a caracterização desta amostra de sorvete, que apresentou teor de umidade, carboidratos, proteínas e cinzas similares ao controle, enquanto o teor de lipídios foi significativamente menor (redução de ≈ 65%); e o de fibras, maior (aumento de ≈59%), evidenciando a aplicabilidade do albedo, dessa variedade de laranja, como um substituto à gordura para a produção de sorvetes com maior saudabilidade.

Nessa mesma linha de estudo, Crizel e colaboradores (2014) avaliaram a aplicação da farinha de casca, bagaço e sementes de laranja, com e sem pré-tratamento por hidrodestilação, como substituto da gordura em formulações de sorvete de limão. Assim como os resultados de Oliveira *et al.* (2019), as amostras com adição de subproduto tiveram o teor de lipídeos menor que o controle. Os sorvetes com baixa adição de subprodutos (1%) apresentaram taxa de resistência ao derretimento inferior ao controle, enquanto adições superiores a 1,5%, não houve diferenças significativas. Todavia, apesar da resistência ao derretimento nestes sorvetes não diferir do controle, o *overrun* em todas as amostras de sorvete foram significativamente inferiores ao controle. Além disso, outra alteração na textura do sorvete foi no parâmetro de dureza, no qual a adição das fibras de laranja, aumentou a dureza do produto. Em relação à cor, não houve diferença na luminosidade (L*), mas sim elevação nos teores de vermelho (a*) e amarelo (b*), tornando o sorvete com subproduto mais alaranjados que o controle. Na análise sensorial, observou-se que as amostras com adição do subproduto tiveram, na maioria dos parâmetros, avaliação inferior ao controle, porém, as que foram

produzidas com farinha de subproduto da laranja submetida a pré-tratamento não houve diferenças estatisticamente significantes, demonstrando a eficiência do tratamento dos resíduos para a melhora dos parâmetros sensoriais, como a redução do amargor e adstringência que os subprodutos podem causar na formulação de novos produtos.

Em outro estudo sobre a aplicação de subproduto de laranja como substituto da gordura, Boff e colaboradores (2013), desenvolveram uma formulação de sorvete de chocolate sem gordura com adição das fibras de laranja. Em relação ao teor de umidade, houve variação nas amostras de 63% a 70%, sendo a amostra controle com menor teor de umidade. Os sorvetes com adição do subproduto obtiveram menor teor de lipídeos que o controle, com uma redução significativa de aproximadamente 70% da gordura com a adição de 0,74% ou 1,10% de fibras, e do valor energético total variando entre 30,35% e 31,33%. Também, obteve-se uma variação significativa no teor de fibras do produto, na qual a formulação com maior adição de subprodutos obteve o maior teor de fibras (0,31g/100g). Essa alteração na composição centesimal, além de alterar o *overrun* dos produtos que no controle foi de 46% para um *overrun* de 25 % na amostra com 1,1%, resultou na diminuição da taxa de derretimento com o aumento do teor de subproduto. Apesar dessa redução do *overrun* no sorvete com fibras de laranja, as amostras obtiveram a densidade aparente exigida pela legislação. Na análise sensorial, não houve diferença significativa entre as amostras nos parâmetros cor, odor e textura, com todas as amostras obtendo notas acima de 7. No quesito sabor, sabor residual e aceitação global, a amostra controle obteve as melhores avaliações, enquanto as com subprodutos não diferenciaram entre si. Apesar de o controle obter melhor avaliação sensorial que os sorvetes com subprodutos, estes obtiveram um percentual de aceitação de 78%, o que evidencia a efetividade na substituição da gordura pelos subprodutos da laranja para a produção de um sorvete *light*.

Outro estudo sobre a substituição da gordura por subproduto foi desenvolvido por Barreiro *et al.* (2016), que desenvolveram uma formulação de sorvete com a adição de farinha de casca de abacaxi. A casca de abacaxi corresponde a 77,5% do fruto e é composta por 4,5% de proteína, 0,5% de lipídeos, 3,1% de fibras e 77% de outros compostos vegetais. A amostra de sorvete com o subproduto teve menor teor de umidade, de lipídeos, maior teor de proteínas e cinzas. Em relação à cor das amostras, a adição do subproduto causou alterações nos parâmetros L* e a*, resultando em um sorvete com coloração mais vermelho-amarelada. Em relação ao *overrun*, houve uma redução (45,45%) significativa com a adição de subproduto quando comparado ao controle (62,50%). Na análise sensorial, foram avaliados os atributos cor, aroma, textura, sabor e impressão global. Todos os atributos avaliados obtiveram notas entre 6 e 8, demonstrando uma considerável aceitação dos produtos formulados, ainda, não houve diferenças significativas nos atributos avaliados entre a formulação com casca de abacaxi e o controle. Dessa forma, mais da metade dos degustadores afirmaram que comprariam o sorvete *light* com adição de farinha de casca de abacaxi.

Outra fruta muito consumida no Brasil é o coco. A produção da água de coco no país, gera 1,5 kg de resíduos por fruta. Iguttia e colaboradores (2011) desenvolveram uma formulação de sorvete com a adição de polpa de coco verde como substituto para o leite, gomas e emulsificantes, na formulação de sorvetes. A polpa do coco é composta de 83% de água, 0,8% de proteínas, 2,4% de lipídeos, 0,7% de cinzas e 13,1% de carboidratos. O sorvete com adição de subproduto apresentou uma baixa capacidade de retenção de ar

(19,9%), apesar disso, o sorvete teve uma boa avaliação da cremosidade na análise sensorial, com aceitação de 60% dos degustadores.

As alterações na textura dos sorvetes, nos trabalhos apresentados, ocorreram porque os subprodutos adicionados tinham elevado teor de fibras dietéticas, que apresentam uma capacidade de retenção de água elevada, mas também, pela redução do teor de lipídeos nas formulações. As alterações na composição centesimal resultaram na mudança da característica do fluido que envolve as células de ar, devido à diminuição da água livre na matriz do produto e ao aumento da viscosidade da calda. Esse tipo de alteração pode acarretar sorvetes com densidade elevada e uma textura dura e quebradiça, tornando necessário o ajuste da formulação para porcentagens baixa ou intermediária desses ingredientes. Além da alteração do *overrun*, ocorreu a redução da taxa de derretimento dos sorvetes, que, devido à viscosidade maior, levaram mais tempo para derreter em relação ao controle. Dessa maneira, apesar do efeito negativo na incorporação do ar, a manutenção da forma do sorvete demonstra que a aplicação dos resíduos é positiva à textura dos sorvetes, necessitando apenas de ajustes nas formulações para que seja incorporada maior quantidade de líquidos – como o leite desnatado ou água – para a melhora do *overrun* dos produtos (OLIVEIRA *et al.,* 2008; LORENZ, 2009; PAZIANOTTI *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2012; MILLIATTI, 2013; COSTA *et al.*, 2017).

Em relação às alterações sensoriais, Damo e colaboradores (2019) avaliaram os efeitos da adição do bagaço do vinho, composto rico em fenólicos, na produção do sorvete sabor uva. Para isso, foram produzidas farinhas do bagaço de uva, com diferentes granulometrias (30 e 35 mesh). As amostras produzidas obtiveram uma pontuação variando entre 5,5 e 7,5 em uma escala de 9 pontos. No quesito aparência, não houve diferença significativa na avaliação dos degustadores. Quanto aos outros atributos, a adição dos subprodutos resultou numa avaliação sensorial superior ao controle em todos os parâmetros. As maiores notas quanto ao sabor foram das amostras com 35 mesh. Já em relação à cor, foram as amostras de 35 mesh e a com 2% e tamanho 30 mesh que obtiveram as maiores notas, e na textura a melhor nota foi para a 2% a 30 mesh. Isso demonstra que o menor tamanho de partícula na farinha de subproduto, fez com que houvesse uma melhora nas propriedades sensoriais do produto, devido à maior superfície de contato entre os compostos da farinha e a matriz do sorvete. Ainda, o mesmo efeito de melhoria poderia ser alcançado com o aumento da quantidade de subproduto para 2%.

Também utilizando do bagaço do vinho para a produção de sorvete, Assis e colaboradores (2018), utilizaram farinha do subproduto, como substituto total a corante e essências sabor uva, e avaliou a aceitação do novo produto e a composição nutricional da farinha do resíduo. Estes autores avaliaram sensorialmente amostras com adição de 15%, 20% e 25%, e observaram que, apesar do aumento do teor do subproduto reduzir as notas atribuídas para aparência, aroma, sabor e impressão global, essa diferença não foi estatisticamente diferente. Além disso, observou que a formulação com maior intenção de compra foi a formulação com maior teor de subprodutos. Os dados encontrados pelos pesquisadores estão alinhados com a aplicação desenvolvida por Damo e colaboradores (2019), os quais observaram que a aceitação do sorvete com subproduto do vinho foi maior nas formulações com maior porcentagem de adição. Dessa maneira, ambos os estudos conseguiram desenvolver um produto com

boa aceitação sensorial e elevado teor de fibras ao adicionar o subproduto como um agente saborizante na formulação.

Outra fruta popular do país é o maracujá. A fabricação de produtos com o maracujá produz como subproduto a casca, que é equivalente a 70% do fruto (UEHARA; BARBOSA, 2013). Almeida e colaboradores (2016), desenvolveram uma aplicação para o subproduto, na forma de farinha de casca de maracujá, em amostras de sorvete com diferentes percentuais de adição (0% a 5%). A casca de maracujá tem uma umidade menor que a polpa, e teores maiores de lipídeos, proteínas, fibras dietéticas e carboidratos. A adição dela não causou alterações na cremosidade e na textura, quando comparado a um sorvete comercial de maracujá.

O aproveitamento da casca de maracujá também pode ser realizado através da extração de um composto específico, como a pectina e outros polissacarídeos. Tendo em vista isso, Uehara e Barbosa (2013) produziram um sorvete com a aplicação de pectina extraída da casca de maracujá. Para viabilizar uma aplicação do subproduto sem causar grandes alterações estruturais no sorvete, foi realizada a extração da pectina da casca do maracujá para o emprego como agente estabilizante em sorvetes, avaliando as alterações de *overrun*, viscosidade e taxa de derretimento comparando com sorvetes comerciais. Eles observaram que a troca do estabilizante comercial pela pectina do subproduto não causou alterações no *overrun*, mas sim, o aumento da viscosidade e a redução da taxa de derretimento quando comparado ao controle comercial. Isso ocorreu porque o sorvete comercial possui maior quantidade de água livre na matriz que facilita seu derretimento. Enquanto na amostra com pectina de maracujá, a água apresenta-se ligada às moléculas de pectina, formando um gel, que auxilia a manutenção da forma e dificulta o derretimento do sorvete.

Também na linha de extração de compostos específicos dos subprodutos, Teixeira e colaboradores (2019) produziram novas formulações de sorvete com a adição de polissacarídeos, em diferentes teores, extraídos da casca de maracujá, em sorvetes de sabor baunilha, avaliando a composição e características físicas das amostras comparado ao sorvete com estabilizante comercial. Todas as amostras obtiveram um *overrun* acima de 50%, sendo a maior taxa na formulação controle (63,9%), mas não houve diferença estatisticamente significativa entre elas. As amostras com adição de 0,15 e 0,3% de polissacarídeo não tiveram diferença significativa do controle na taxa de derretimento. Em relação à cor, não houve diferença entre as amostras com subproduto e o controle. E na composição centesimal, só houve diferença no teor de proteínas da formulação com adição de 0,3%, que obteve o menor teor de proteína. Dessa maneira, os resultados encontrados demonstraram uma boa estabilidade dos sorvetes com a adição do polissacarídeo de casca de maracujá, sendo a melhor formulação encontrada a com a adição de 0,15%.

Também empregando a utilização de compostos específicos extraídos e isolados dos subprodutos, Çam e colaboradores (2010) produziram formulações de sorvete com a adição de compostos fenólicos microencapsulados extraídos da casca da romã e de óleo obtido das sementes de romã. As amostras foram produzidas com adição de diferentes porcentagens de compostos fenólicos e de óleo, e foram avaliadas a composição centesimal, coloração, atividade antioxidante, teor de compostos fenólicos e análise sensorial quantitativa descritiva. Diferentemente dos resultados encontrado por outros autores (SILVA; BOLINI, 2006; CARVALHO, *et al.*, 2016; FERNANDES, 2016; VETTORELLO *et al.*, 2017; ASSIS *et al.*, 2020), não houve

diferença estatisticamente significativa nos valores de umidade, carboidratos e gorduras da adição dos subprodutos, com exceção ao teor de proteínas. Isso ocorreu, similarmente aos resultados de Uehara e Barbosa (2013), devido à adição de compostos específicos extraídos dos subprodutos em vez da adição total dele, o que, dependendo da abordagem desejada, pode ser mais interessante pois as alterações físico-químicas são menores e restritas as propriedades desejadas. A adição dos fenólicos e do óleo não causou alterações significativas na textura das amostras produzidas, entretanto, houve a percepção dos degustadores de alterações no sabor das amostras com subprodutos, que apresentaram variações significativas nos atributos palatabilidade, acidez, adstringência, com presença de sabores oxidados e não naturais. Logo, o sorvete controle obteve resultados significativamente maiores que as amostras com subproduto. As amostras com menor aceitação sensorial foram as que tiveram a adição do óleo de semente de romã, indicando que sua adição no sorvete trouxe alterações de sabor negativas ao produto, que pode ter ocorrido devido a ação de oxidação dos ácidos graxos do óleo pela lipoxigenase, presente nas sementes vegetais, responsável pelo desenvolvimento de aroma, ou ainda, pela atuação do ácido punicico (composto majoritário do óleo de romã) como um pro-antioxidante, o que pode ter causado a oxidação dos lipídios do creme de leite (FANI, 2014).

De acordo com Carvalho *et al.* (2016), o processamento industrial para a obtenção da castanha de baru produz 95% do peso do fruto em resíduos, sendo a polpa o principal deles (50%) composta principalmente por amido, fibra insolúvel, açúcares, vitaminas e sais minerais. Estes autores estudaram o emprego da polpa de baru como ingrediente saborizante em formulações de sorvete, avaliando a composição centesimal, *shelf life* e a análise sensorial dos novos produtos. A polpa de baru é rica em fibras dietéticas (19,10 g100g-1) e tem elevado teor de umidade (12,09 g100g-1). Em relação a avaliação sensorial, o sorvete de polpa de baru teve um aroma pouco intenso, lembrando ameixa preta seca, com textura pouco cremosa, levemente arenosa e de rápido derretimento. Esse resultado na textura foi diferente do encontrado pelos outros autores que aplicaram subprodutos rico em fibras no sorvete, e pode ser em decorrência de três fatores: (1) a formulação do sorvete com baixo teor de água na matriz do sorvete; (2) ao método de fabricação com agitação insuficiente durante o congelamento ou por falta de estabilidade do sorvete durante a estocagem; e (3) à aplicação da polpa de baru como saborizantes após a maturação a 4°C em vez de ingrediente de composição da calda.

O soro ácido do leite bovino é um subproduto da fabricação do queijo, constituído por água, proteínas, lactose e minerais (SILVA; BOLINI, 2006). Silva; Bolini (2006) desenvolveram um estudo com a substituição parcial ou total de leite em pó desnatado por soro de leite ácido liofilizado, considerando o teor de sólidos totais de cada um dos dois ingredientes, soro e o leite, avaliando a composição centesimal e a análise sensorial (ordenação da doçura). O soro ácido do leite, quando comparado ao leite em pó desnatado, apresenta menor teor de proteínas, maior teor de carboidratos (1,25x), minerais (2x) e de gordura (2,5x). O sorvete produzido apresentou diferentes avaliações sensoriais devido à diferença de percepção dos degustadores quanto ao sabor residual. A substituição do leite pelo soro alterou o sabor do produto ao aumentar a quantidade de lactose e de minerais. Apesar da substituição ter sido feita levando em consideração um fator de conversão para equiparar o teor de sólidos, o sorvete produzido foi caracterizado para alguns degustadores como excessivamente doce e

para outros como excessivamente salgado, nas amostras com maior adição do soro. Por isso, a amostra com melhor avaliação, devido ao menor sabor residual, foi a com substituição de 30% do leite.

Outro autor que avaliou a aplicação do soro de leite foi Vettorello e colaboradores (2017), que desenvolveram formulações de sorvete com adição de soro de leite em pó, como substituto parcial ao leite integral em sorvete sabor morango, avaliando as alterações sensoriais e físico-químicas. Assim como Silva e Boline (2016), encontraram que a adição do soro de leite reduz o teor de proteínas e carboidratos, cinzas e gordura. Sendo assim, a formulação com maior aceitação sensorial foi a com 50% de subproduto, recebendo notas em aparência, odor, sabor, textura e impressão global superior ao controle (0% de subproduto), entretanto, a aceitação foi baixa para uma formulação para comercialização, isto é, com 69% de aceitação dos consumidores. São necessários novos estudos que avaliem a aplicação do subproduto com percentual entre 30% (SILVA; BOLINI, 2006) e 50% (VETTORELLO *et al.*, 2017) a fim de desenvolver uma formulação com maior aceitação dos consumidores.

Na maioria das aplicações, os resultados da análise sensorial foram satisfatórios, mas inferiores a amostras controle. Esses resultados ocorrem, pois, os subprodutos agroindustriais apresentam uma composição peculiar, com alto teor de fibras dietéticas e compostos bioativos, como carotenoides, fenólicos e antioxidantes, que conferem sabores residuais aos sorvetes funcionais devido a adstringência, acidez ou sabores amargos presentes nos subprodutos. O que torna necessário a execução de um processo de pré-tratamento dos subprodutos, para mitigar esses efeitos sensoriais negativos. Esse pré-tratamento pode ser feito por hidrodestilação, decocção, extração com solventes orgânicos ou tratamentos físicos. E deve ser desenvolvido e aprimorado para cada tipo de subprodutos a fim de obter melhor qualidade sensorial, com mínima perda de compostos bioativos (ASSIS *et al.*, 2018; DAMO *et al.*, 2019; TEIXEIRA *et al.*, 2019; ASSIS *et al.*, 2020).

Outra maneira de melhorar a avaliação sensorial dos produtos foi a combinação de um saborizante similar ao subproduto, ou com coloração mais escura, para evitar alterações indesejadas na coloração, o que foi realizado por alguns autores e demonstrou uma aceitação sensorial superior aos que não adotaram essa proposta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adição de subprodutos agroindustriais como ingredientes para a substituição de gordura, como saborizante ou agente estabilizante, resulta em algumas alterações físico-químicas e sensoriais que podem ser mitigadas com o emprego de pré-tratamentos ou ajustes da formulação a fim de obter um sorvete funcional, enriquecido em fibras e antioxidantes, com redução do teor de lipídeos e açúcares, e com aceitação similar ou superior aos sorvetes tradicionalmente comercializados.

Dessa maneira, os resultados encontrados nos diferentes estudos realizados demostraram a potencialidade do uso de subprodutos agroindustriais na produção de sorvetes funcionais, que produzem valor agregado, ao adicionar subprodutos como novos ingredientes. Todavia, é necessário a realização de novas pesquisas para cada tipo de matéria-prima a ser empregada, pois apesar dos autores em questão, apresentarem algumas alterações similares, cada tipo de subproduto tem uma composição única que pode gerar novas alterações, tanto positivas quanto negativas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Iniciação Científica (PIC/UFCSPA) pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica que possibilitou a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. G. *et al.* Caracterização do maracujá do cerrado (*Passiflora setacea* DC*)* e subprodutos para aplicação na elaboração de sorvete. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 2016, Gramado. **Anais** [...]. Gramado: FAURGS, 2016. p. 1-6.

ASSIS, C. F. *et al.* Elaboração de sorvete à base de farinha de bagaço de uva e avaliação da sua aceitação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 20, n. 1, p. 33-38, 2018.

ASSIS, L. D. *et al.* Elaboração e caracterização físico-química de sorvete sabor açaí com morango adicionado de farinha de bagaço de malte. **Alimentos**: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, v. 1, n. 7, p. 126-142, 2020.

BARREIRO, N.; CHAVES, M. A.; GARCIA, C. C. Sorvete com adição de farinha de casca de abacaxi como substituto de gordura. *In*: MOSTRA CIENTÍFICA DE ALIMENTOS, 2., 2016, Medianeira. **Anais** [...]. Medianeira: UTFPR, 2016. v. 2, p. 84-91.

BOFF, C. C. *et al.* Desenvolvimento de sorvete de chocolate utilizando fibra de casca de laranja como substituto de gordura. **Ciência Rural**, v. 43, n. 10, p. 1892-1897, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria nº 146, de 7 de março de 1996. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**: seção 1, Brasília, DF, n. 48, p. 3977, 11 mar. 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para gelados comestíveis e preparados para gelados comestíveis. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 set. 2005. Seção 1, p. 370.

ÇAM, M. *et al.* Enrichment of functional properties of ice cream with pomegranate by-products. **Journal of Food Science**, v. 78, n. 10, p. 1543-1550, 2010. DOI: 10.1111/1750-3841.12258.

CARVALHO, A. A.; BARBOSA, E. S. P.; SIQUEIRA, K. F. Aproveitamento de resíduos de processamento de castanha de baru para desenvolvimento de gelado comestível. **Revista Processos Químicos**, v. 10, n. 20, p. 287-293, 2016. DOI: 10.19142/rpq.v10i20.377.

COSTA, R. G. B. *et al.* Sorvete. *In*: CRUZ, A. G. *et al.* (ed.) **Processamento de produtos lácteos:** Queijos, leites fermentados, bebidas lácteas, sorvete, manteiga, creme de leite, doce de leite, soro em pó e lácteos funcionais. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. cap. 5.

COSTA FILHO, D. V. *et al.* Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2., 2017, Natal. **Anais** [...]. Natal: IFRN, 2017. p. 1-8.

CRIZEL, T. M. *et al.* Orange fiber as a novel fat replacer in lemon ice cream. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 2, p. 332-340, 2014. DOI: 10.1590/fst.2014.0057.

CRUZ, A. G. *et al.* **Química, Bioquímica, Análise Sensorial e Nutrição no Processamento de Leite e Derivados.** 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

DAMO, D. C.; MOREIRA, G. C.; BALDISSERA, E. M. Análise sensorial de frozen yogurt adicionado de farinha do bagaço de vinho. *In*: MOSTRA CIENTÍFICA DE ALIMENTOS, 5. 2019, Medianeira. **Anais** [...]. Medianeira: UTFPR, 2019. p. 34-38.

FANI, M. Os tipos e os efeitos da rancidez oxidativa em alimentos. **Food Ingredients Brasil**, n. 29, p. 38-45, 2014. Disponível em: https://revista-fi.com/artigos/todos/os-tipos-e-os-efeitos-da-rancidez-oxidativa-em-alimentos. Acesso em: 25 out. 2020.

FERNANDES, D. S. **Adição de maltodextrina e farelo de mandioca na formulação de sorvetes**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

GRANGER, C. *et al.* Influence of formulation on the structural networks in ice cream. **International Dairy Journal**, v. 15, n. 3, p. 255-262, 2005. DOI: 10.1016/j.idairyj.2004.07.009.

IGUTTIA, A. M. *et al.* Substitution of ingredients by green coconut (*Cocos nucifera* L) pulp in ice cream formulation. **Procedia Food Science**, v. 1, p. 1610-1617, 2011. DOI: 10.1016/j.profoo.2011.09.238.

KRUIF, C. G; HOLT, C. Casein micelle structure, functions and interactions. *In*: FOX, P. F., McSWEENEY, P. L. H. (ed.) **Advanced Dairy Chemistry – Proteins**. Boston: Springer, 2003. p. 233-276. DOI: 10.1007/978-1-4419-8602-3_5.

KRUIF, C. G. *et al.* Casein micelles and their internal structure. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 171-172, p.36-52, 2012. DOI: 10.1016/j.cis.2012.01.002.

KRUIF, C. G. The structure of casein micelles: a review of small-angle scattering data. **Journal of Applied Crystallography**, v. 47, n. 5, p. 1479-1489, 2014. DOI: 10.1107/S1600576714014563.

LORENZ, J. G. **Comparação dos métodos de emulsificação e *spray drying* na microencapsulação de *Lactobacillus acidophilus* (La-5) e aplicação em sorvete.** 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

MILLIATTI, M. C. **Estudo reológico de formulações para sorvete produzidos com diferentes estabilizantes.** 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MORIANO, M. E.; ALAMPRESE, C. Honey, trehalose and erythritol as sucrose-alternative sweeteners for artisanal ice cream. A pilot study. **LWT Food Science and Technology**, v. 75, p. 329-334, 2017.DOI: 10.1016/j.lwt.2016.08.057.

MORZELLE, M. C. *et al.* Caracterização físico-química e sensorial de sorvetes à base de frutos do cerrado. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 387, p. 70-78, 2012.

OLIVEIRA, K. H.; SOUZA, J. A. R.; MONTEIRO, A. R. Caracterização reológica de sorvetes. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 3, p. 592-598, 2008. DOI: 10.1590/S0101-20612008000300014.

OLIVEIRA, N. A. S.; WINKELMANN, D. O. V.; TOBAL, T. M. Flour and by-products of mombuca blood orange: Chemical characterization and application in ice cream. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, n. 2018246, 2019. DOI: 10.1590/1981-6723.24618.

PAZIANOTTI, L. *et al.* Características microbiológicas e físico-químicas de sorvetes artesanais e industriais comercializados na região de Arapongas-PR. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 65, n. 377, p. 15-20, 2010.DOI: 10.14295/2238-6416.v65i377.145

PRUDENCIO, E. S. *et al.* Manteiga e creme de leite. *In*: CRUZ, A. G. *et al.*(ed.) **Processamento de produtos lácteos**: Queijos, leites fermentados, bebidas lácteas, sorvete, manteiga, creme de leite, doce de leite, soro em pó e lácteos funcionais. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. Cap. 4.

RODRIGUES-RACT, J. N. *et al.* Comportamento de cristalização de lipídios estruturados obtidos a partir de gordura do leite e óleo de girassol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 258-267, 2010. DOI: 10.1590/S0101-20612010000100038.

RØNHOLT, S.; MORTENSEN, K.; KNUDSEN, J. C. The effective factors on the structure of butter and other milk fat-based products. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, n. 5, p. 468-482, 2013. DOI: 10.1111/1541-4337.12022.

TEIXEIRA, D. M. A. *et al.* Avaliação comparativa de estabilizante comercial e polissacarídeos de maracujá em sorvete de baunilha. **Conexões**: Ciência e Tecnologia, v. 13, n. 5, p. 29-35, 2019. DOI: 10.21439/conexoes.v13i5.1810.

SANTOS, C. A.; MING, C. C.; GONÇALVES, L. A. G. Emulsificantes: Atuação como modificadores do processo de cristalização de gorduras. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 567-574, 2014. DOI: 10.1590/S0103-84782014000300029.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Resposta Técnica Mercado de Sorvetes**, 2014. Disponível em: https://respostas.sebrae.com.br/boletim-mercado-de-sorvetes/.

SILVA, K.; BOLINI, H. M. A. Avaliação sensorial de sorvete formulado com produto de soro ácido de leite bovino. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 1, p. 116-122, 2006. DOI: 10.1590/S0101-20612006000100020.

SILVA, N. N. *et al.* Micelas de caseína: Dos monômeros à estrutura supramolecular. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, n. e2018185 p. 1-15, 2019. DOI: 10.1590/1981-6723.18518.

SILVA, W. M. *et al.* A visão bioquímica do sorvete. *In*: ONE, G. M. C.; ALBUQUERQUE, H. N. (org.) **Simpósio Paraibano de Saúde:** Tecnologia, Saúde e Meio Ambiente à Serviço da Vida. João Pessoa: Adilson, 2012. p. 169-173.

SILVA-JUNIOR, E.; LANNES, S. C. S. Effect of different sweetener blends and fat types on ice cream properties. **Food Science and Technology**, v. 31, n. 1, p. 217-220, 2011. DOI: 10.1590/S0101-20612011000100033.

SOUZA, J. C. B. *et al.* Sorvete: Composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 1, p. 155-165. 2010.

SUNG, K. A review on upcycling: Current body of literature, knowledge gaps and

a way forward. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL, CULTURAL, ECONOMIC AND SOCIAL SUSTAINABILITY, 17., 2015, Veneza, Itália. **Proceedings** [...]. Veneza, Itália: World Academy of Science, Engineering and Technology, 2015.

UEHARA, K. S. BARBOZA, R. A. **Aplicação de pectina extraída de resíduos de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) como agente estabilizante em sorvetes**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

VARGAS, J. A. *et al.* Percepção e preferência dos consumidores em relação ao sorvete. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 10., 2019, Barbacena. **Anais** [...] Barbacena: Instituto Federal Sudeste de Minas, 2019.

VETTORELLO, G. *et al.* Elaboração de sorvete com adição de soro de queijo em pó. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 9, n. 4, p. 142-150, 2017. DOI: 10.22410/issn.2176-3070.v9i4a2017.1662.

VIDAL, A. M. C; NETO. A. S. (org.) **Obtenção e Processamento do Leite e Derivados.** Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2018. 220 p. DOI: 10.11606/9788566404173.