

Efeito da adição de colágeno e sucralose nas características tecnológicas e sensoriais do iogurte

Effect of the addition of collagen and sucralose on the technological and sensory characteristics of yogurt

Efecto de la adición de colágeno y sucralosa sobre las características tecnológicas y sensoriales del yogur

Recebido: 25/08/2021 | Revisado: 03/09/2021 | Aceito: 06/09/2021 | Publicado: 07/09/2021

Anna Paula de Souza Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4720-3580>
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
E-mail: annapaulasouzarodrigues.apsr@gmail.com

Giovana Alice de Souza Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4383-3294>
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
E-mail: giovana.alice21@gmail.com

Hugo José Martins Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1491-7082>
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
E-mail: martinschugo@gmail.com

Marcio Schmiele

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8830-1710>
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
E-mail: marcio.sc@ict.ufvjm.edu.br

Paulo de Souza Costa Sobrinho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1480-8708>
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
E-mail: psobrinho@hotmail.com

Larissa de Oliveira Ferreira Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6321-3546>
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
E-mail: larissa.rocha@ict.ufvjm.edu.br

Resumo

Recentemente, a proteção e o tratamento de doenças da pele com suplementos dietéticos têm recebido atenção crescente. Um exemplo são os peptídeos de colágeno que melhoram o envelhecimento da pele induzido por radiações ultravioletas. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da adição de colágeno e sucralose nas características tecnológicas e sensoriais do iogurte através de um delineamento fatorial com 2 variáveis independentes (X1 = colágeno, 0,625 a 1,25 % e X2 = sucralose, 0,02 a 0,04 %). As variáveis dependentes estudadas foram: acidez titulável total, capacidade de retenção de água, aceitação e doçura. Através da metodologia de Superfície de Resposta, observou-se que as variáveis independentes colágeno e sucralose apresentaram efeitos estatisticamente significativos ($p < 0,10$) para acidez titulável total e capacidade de retenção de água. A acidez titulável total foi maior com o aumento de colágeno e sucralose e maior capacidade de retenção de água foi observada entre a interação do colágeno e sucralose. As variáveis independentes não influenciaram a aceitação e a intensidade de doçura das amostras, sendo categorizadas com uma doçura ideal e uma boa aceitação. A formulação otimizada foi obtida com 1,25% de colágeno e 0,02% de sucralose, com uma probabilidade de sucesso de 88%. Considerando o ponto otimizado, uma porção de 200g de iogurte irá conter a quantidade recomendada de colágeno ao dia de acordo com as informações do fabricante.

Palavras-chave: Capacidade de retenção de água; Índice de aceitação; Otimização.

Abstract

Recently, the protection and treatment of skin diseases with dietary supplements has received increasing attention. One example is collagen peptides that improve skin aging induced by ultraviolet radiation. In this sense, the present work aimed to evaluate the influence of the addition of collagen and sucralose on the technological and sensory characteristics of yogurt through a factorial design with 2 independent variables (X1 = collagen, 0.625 to 1.25% and X2 = sucralose, 0.02 to 0.04%). The dependent variables studied were: total titratable acidity, water holding capacity,

acceptance and sweetness. Through the Response Surface methodology, it was observed that the independent variables collagen and sucralose had statistically significant effects ($p < 0.10$) for total titratable acidity and water holding capacity. Total titratable acidity was higher with the increase in collagen and sucralose, and greater water holding capacity was observed between the interaction of collagen and sucralose. The independent variables didn't influence the acceptance and intensity of sweetness of the samples, being categorized as ideal sweetness and good acceptance. The optimized formulation was obtained with 1.25% collagen and 0.02% sucralose, with a success probability of 88%. Considering the optimized point, a 200g serving of yogurt will contain the recommended amount of collagen per day according to the manufacturer's information.

Keywords: Water holding capacity; Acceptance index; Optimization.

Resumen

Recientemente, la protección y el tratamiento de enfermedades de la piel con suplementos dietéticos ha recibido una atención cada vez mayor. Un ejemplo son los péptidos de colágeno que mejoran el envejecimiento de la piel inducido por la radiación ultravioleta. En este sentido, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de la adición de colágeno y sucralosa sobre las características tecnológicas y sensoriales del yogur mediante un diseño factorial con 2 variables independientes (X_1 = colágeno, 0.625 a 1.25% y X_2 = sucralosa, 0.02 al 0.04%). Las variables dependientes estudiadas fueron: acidez total titulable, capacidad de retención de agua, aceptación y dulzor. Mediante de la metodología Response Surface, se observó que las variables independientes colágeno y sucralosa tuvieron efectos estadísticamente significativos ($p < 0.10$) para la acidez total titulable y la capacidad de retención de agua. La acidez titulable total fue mayor con el aumento de colágeno y sucralosa, y se observó una mayor capacidad de retención de agua entre la interacción del colágeno y la sucralosa. Las variables independientes no influyeron en la aceptación e intensidad de dulzor de las muestras, siendo categorizadas como dulzor ideal y buena aceptación. La formulación optimizada se obtuvo con 1.25% de colágeno y 0.02% de sucralosa, con una probabilidad de éxito del 88%. Teniendo en cuenta el punto optimizado, una porción de 200 g de yogur contendrá la cantidad recomendada de colágeno por día según la información del fabricante.

Palabras clave: Capacidad de retención de agua; Índice de aceptación; Optimización.

1. Introdução

O iogurte, pertence à classe de leites fermentados e é definido como o produto cuja fermentação se realiza com cultivos proto-simbióticos de *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, aos quais se podem acompanhar, de forma complementar, outras bactérias ácido-láticas que, por sua atividade, contribuem para a determinação das características do produto final (Brasil, 2007).

A suplementação do leite para a fabricação de iogurte com diferentes tipos de proteínas melhora o valor nutricional do produto e afeta principalmente a formação da estrutura do gel do iogurte, alterando propriedades como textura, firmeza, viscosidade, retenção de água e separação do soro (Moretti, 2009).

O colágeno é uma proteína produzida naturalmente pelo corpo humano e é um dos componentes mais importantes da matriz extracelular, responsável por várias funções, a mais importante delas é dar sustentação à pele (Bolke et al., 2019). Constitui uma proteína fibrosa encontrada em todo o reino animal, contém cadeias peptídicas dos aminoácidos glicina, prolina, lisina, hidroxilisina, hidroxiprolina e alanina. Essas cadeias são organizadas de forma paralela a um eixo, formando as fibras de colágeno, que proporcionam resistência e elasticidade à estrutura presente. É encontrado nos tecidos conjuntivos do corpo, tais como os ossos, tendões, cartilagens, veias, pele, dentes, bem como nos músculos e na camada córnea dos olhos. Porém, com o início da fase adulta, a deficiência de colágeno começa a ser notada, pois o organismo diminui sua produção, sendo necessária a sua suplementação (Silva & Penna, 2012).

Peptídeos de colágeno administrados por via oral e dermonutrientes de ação sinérgica podem atingir a camada mais profunda da pele e estimular a produção endógena de componentes da matriz extracelular na pele. Esses oligopeptídeos são derivados de uma hidrólise enzimática levando a peptídeos de colágeno de cadeia curta altamente biodisponíveis e, portanto, bioativos que são capazes de induzir efeitos cosméticos benéficos (Laing et al. 2020).

Segundo Kang, Yumnam, e Kim (2018) os peptídeos de colágeno podem ser utilizados como um ingrediente nutricosmético, em estudo realizado com camundongos sem pelos, a administração oral de peptídeos de colágeno aumentou a

hidratação da pele, diminuiu a formação de rugas e aumentou os níveis de ácido hialurônico, que diminuem durante o fotoenvelhecimento por UVB.

Estudos científicos analisados demonstraram que o extrato hidrolisado de colágeno obtido da tilápia desempenha um papel importante no envelhecimento cronológico da pele e na capacidade inibitória do fotoenvelhecimento, podendo tornar-se uma fonte para aplicação na indústria de alimentos (Brandão et al., 2020).

Além da utilização como nutricosmético, o colágeno hidrolisado pode ser usado como ingrediente funcional na indústria de alimentos devido às suas atividades antioxidantes e antimicrobianas. Auxilia na retenção de água, melhorando as propriedades químicas e físicas sem modificar as propriedades sensoriais em bebidas e laticínios (Léon-López et al., 2020).

O efeito da adição de colágeno já foi estudada em pães sem glúten (Graça et al., 2021), mortadela de filé de Tilápia (Nunes et al., 2011), iogurte grego (Kassada et al., 2019), bebida fermentada à base de soro de leite (Léon-López et al., 2020), dentre outros produtos.

Neste contexto, a pesquisa em questão apresenta como objetivo avaliar a influência da adição de colágeno e sucralose nas características tecnológicas e sensoriais do iogurte visando à obtenção de uma fonte alternativa de ingestão de colágeno.

2. Metodologia

2.1 Matérias-Primas e Ingredientes

Utilizou-se no desenvolvimento do iogurte: leite desnatado UHT zero lactose; leite em pó integral zero lactose; colágeno hidrolisado (Verisol®, peptídeos de colágeno enriquecido com vitaminas e zinco), sacarose; sucralose e cultura láctica tradicional YoFlex Mild 1.0 (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*) da Chr. Hansen®.

2.2 Planejamento experimental

Para avaliação do efeito das diferentes formulações sobre as características das amostras empregou-se um delineamento fatorial 2², com 2 variáveis independentes em dois níveis equidistantes (-1 e +1) e duas repetições no ponto central (nível 0). As concentrações de colágeno hidrolisado e sucralose foram as duas variáveis independentes avaliadas em 3 níveis (-1, 0, +1) resultando em 6 ensaios (Tabela 1).

Tabela 1 - Planejamento fatorial completo composto central (2²), com duas variáveis independentes e duas repetições no ponto central (c).

Ensaio	Variáveis codificadas		Variáveis reais	
	x ₁	x ₂	X ₁ (%)	X ₂ (%)
1	-1	-1	0,625	0,02
2	-1	+1	0,625	0,04
3	+1	-1	1,25	0,02
4	+1	+1	1,25	0,04
5	0	0	0,937	0,03
6	0	0	0,937	0,03

X₁ = porcentagem de colágeno; X₂ = porcentagem de sucralose. Fonte: Autores.

2.3 Elaboração do Iogurte

O processo iniciou-se pela dissolução a 40°C do leite em pó integral zero lactose ao leite UHT desnatado zero lactose. A adição de leite em pó integral foi calculada visando obter um leite com teor final de 10% de sólidos não gordurosos. Após a incorporação do leite em pó, foi adicionado o colágeno e a sacarose (8%). Após a homogeneização do colágeno, realizou-se

um tratamento térmico em banho-maria a 85°C durante 30 minutos. A mistura foi resfriada até atingir 45°C para inoculação da cultura láctica (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*) e sucralose. As amostras foram incubadas em estufa a 45°C até que fosse atingido o pH 4,6 - 4,5. Posteriormente as amostras foram resfriadas a 5°C.

2.4 Métodos Analíticos

2.4.1 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia, no prédio da Nutrição da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

A qualidade sanitária dos iogurtes foi avaliada conforme parâmetros descritos na Resolução - RDC Nº 331, de 23 de dezembro de 2019 para *Salmonella* spp, bolores e leveduras e *E. coli* (Brasil, 2019).

A população de Bolores e Leveduras foi determinada utilizando-se o método rápido Compact Dry (AOAC 100401) e *Escherichia coli* foi determinada utilizando-se o método rápido Compact Dry (AOAC 110402). A detecção de *Salmonella* spp. foi realizada seguindo a norma NBR ISO 6579-2014.

2.4.2 Análise de acidez titulável total

A determinação das análises físico-químicas foi realizada no Laboratório de Bioquímica de Alimentos, no prédio da Engenharia de Alimentos da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

A acidez titulável total foi determinada por titulometria com solução padrão de NaOH 0,1 M, (indicador: fenolftaleína a 1,0%) e os resultados expressos em g de ácido láctico/100 g de produto, segundo norma IDF 150 (Brasil, 2006).

2.4.3 Capacidade de retenção de água (CRA)

Determinou-se a capacidade de retenção de água (CRA) em triplicata segundo o método modificado de (Parnell-Clunies *et al.*, 1986). Aproximadamente 20 g de iogurte foram centrifugados a 5000 rpm por 15 minutos a 10°C (Eppendorf, modelo 5840). Após a centrifugação, efetuou-se a drenagem do fluido sobrenadante por 10 minutos e subsequente a pesagem.

A capacidade de retenção de água foi expressa em %, de acordo com a seguinte equação:

$$\text{CRA (\%)} = \left(\frac{\text{Massa inicial da amostra} - \text{Massa do sobrenadante}}{\text{Massa da amostra}} \right) \times 100$$

2.4.4 Análise sensorial

Para a realização da análise sensorial contou-se com uma equipe de 35 consumidores. Mediante a situação atual da pandemia devido a COVID-19, causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2), a análise sensorial foi realizada em domicílio, seguindo todos os protocolos de segurança. Para entrega das amostras, estas foram organizadas em embalagens descartáveis devidamente lacradas e codificadas com números aleatórios de 3 dígitos, juntamente acompanhada de um manual de instruções sobre como acessar o QR code o qual direcionava ao formulário que deveria ser preenchido de acordo com a interpretação sensorial de cada participante. Foi enviado também um link contendo o mesmo formulário possibilitando o acesso para quem não dispusesse de condições de acessar o QR code e um vídeo demonstrativo de como deveria proceder à análise sensorial. A confecção do formulário foi feita pelo Google Forms.

Foram realizados estudos de aceitação e teste do ideal. Escalas hedônicas estruturadas de nove pontos, cujos extremos correspondem a desgostei extremamente (1) e gostei extremamente (9) foram utilizadas no teste de aceitação para avaliação da

impressão global, conforme Dutcosky (2011). O teste com a escala do ideal foi utilizado para avaliação do qual ideal encontrava-se a doçura, portanto foi utilizada a escala estruturada de cinco pontos em que, (1) representava muito fraco (3) ideal e (5) muito forte, conforme IAL (2008).

Para determinar o índice de aceitabilidade (IA) das amostras de iogurte, foi adotada a expressão $IA (\%) = A \times 100/B$, em que, A = nota média obtida para o produto e B = nota máxima dada ao produto, conforme Peuckert *et al.* (2010), sendo consideradas as notas do atributo impressão global (aceitação). O IA com boa repercussão tem sido considerado $\geq 70\%$ (Dutcosky, 2011).

A realização da análise sensorial foi divulgada por meio de redes sociais para quem se disponibilizasse a participar voluntariamente. Todos os provadores, antes de participarem da análise, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, sob número CAAE: 24560619.9.0000.5108.

2.5 Análise estatística

Os resultados das variáveis dependentes foram avaliados através de Metodologia de Superfície de Resposta para o cálculo do coeficiente de regressão e análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 10%. Para o presente trabalho foi adotado coeficiente de regressão (R^2) mínimo da ANOVA de 0,75. O ponto otimizado foi determinado através de metodologia proposta por Derringer & Suich (1980).

3. Resultados e Discussão

3.1 Análises microbiológicas

Os iogurtes produzidos apresentaram qualidade microbiológica para o consumo. Não foi detectada a presença de *Salmonella* spp. (ausência em 25g). A população de Bactérias e Leveduras foi $<10^3$ UFC/g. Não foram evidenciadas presenças de *E. coli* (<10), indicando que todas as amostras estavam de acordo com a RDC n° 331 (Brasil, 2019).

3.2 Análises de acidez total titulável e capacidade de retenção de água

A Tabela 2 apresenta os resultados para acidez e capacidade de retenção de água para os ensaios obtidos.

Tabela 2 – Níveis reais e codificados das variáveis independentes estudadas e resultados dos parâmetros acidez e capacidade de retenção de água (CRA).

Ensaio	X ₁ (%)	X ₂ (%)	Acidez titulável total (% de ácido lático)	CRA (%)
1	0,625 (-1)	0,02 (-1)	0,67 ± 0,01	29,67 ± 0,40
2	0,625 (-1)	0,04 (+1)	0,69 ± 0,00	33,08 ± 0,53
3	1,25 (+1)	0,02 (-1)	0,73 ± 0,01	35,50 ± 0,94
4	1,25 (+1)	0,04 (+1)	0,78 ± 0,01	30,58 ± 0,46
5	0,937 (0)	0,03 (0)	0,72 ± 0,01	32,99 ± 1,29
6	0,937 (0)	0,03(0)	0,73 ± 0,02	30,83 ± 1,52

X1 e X2: Níveis reais de colágeno e sucralose, respectivamente; entre parênteses os níveis codificados; média de três repetições ± desvio padrão.

Fonte: Autores (2021).

Os valores para acidez titulável total variaram entre 0,67 e 0,73% de ácido lático por 100g de amostra e ficaram dentro do preconizado pelo Regulamento de Identidade e Qualidade para Leites Fermentados (Brasil, 2007), o qual determina

valores entre 0,6 e 1,5% de ácido láctico em 100g de iogurte. Os termos lineares de colágeno e sucralose apresentaram efeito estatisticamente significativo ($p < 0,10$). Obteve-se um modelo matemático preditivo de 1ª ordem descrito na Equação 1. Através da ANOVA ($R^2 = 95\%$, $F_{\text{calc}}/F_{\text{tab}}(2; 3; 0,1) = 5,38$ e $p\text{-valor} < 0,011$) foi possível gerar a superfície de resposta (Figura 1), indicando que a acidez titulável total aumentou com maiores porcentagens de colágeno e sucralose, sendo que o efeito do colágeno se apresentou mais evidente ($\beta_1 = 0,04$).

$$\% \text{ Acidez titulável total} = 0,72 + 0,04x_1 + 0,02x_2 \quad \text{Eq. 1}$$

Silva e Ueno (2013) encontraram valores de acidez titulável total que variaram entre 0,93 e 1,32 g de ácido láctico em 100g de iogurte sabor natural. Silveira *et al.* (2006) encontrou valores na faixa de 1,03 a 1,20 g de ácido láctico em 100 g de iogurte tipo grego tradicional comercial.

Segundo Lima (2011) as mudanças na acidez do produto ocorrem, em maior ou menor grau, dependendo da temperatura de refrigeração, do tempo de armazenamento e do poder de pós-acidificação das culturas utilizadas e também se relacionam às mudanças nos valores de pH. De acordo com Reis *et al.* (2011), quanto maior a concentração de sólidos não gordurosos, maior o teor de caseína, que por sua vez possui caráter ácido aumentando assim a quantidade de NaOH a ser gasto na titulação e, conseqüentemente, provocando o aumento da acidez titulável.

Os valores de capacidade de retenção de água (CRA) ficaram na faixa de 29,67 e 35,50%. Houve efeito significativo ($p < 0,10$) somente na interação das variáveis estudadas. Obteve-se um modelo matemático preditivo de 1ª ordem descrito na Equação 2. Através da ANOVA ($R^2 = 75\%$, $F_{\text{calc}}/F_{\text{tab}}(1; 4; 0,10) = 2,64$ e $p\text{-valor} < 0,001$) foi possível gerar a superfície de resposta (Figura 1), indicando que houve um efeito antagônico entre o colágeno e a sucralose, resultando na diminuição da CRA, demonstrando que quanto maior a porcentagem de colágeno e menor porcentagem de sucralose, maior a CRA.

$$\% \text{ Capacidade de retenção de água} = 32,11 - 2,08x_1x_2 \quad \text{Eq. 2}$$

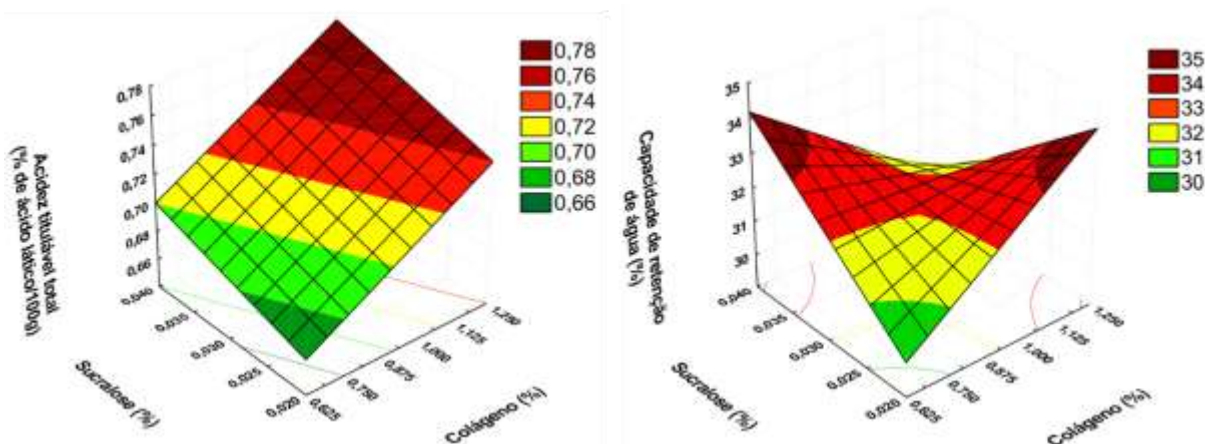
Moretti (2009) encontrou valores entre 33,48 e 43,17 e observou que os arranjos dos aminoácidos e as ligações químicas envolvidas, tanto nas moléculas de colágeno quanto nas de proteínas do leite, contribuíram para o aumento da capacidade de retenção de água em iogurte, inferindo que uma maior concentração de suplemento proteico irá proporcionar melhor textura do produto, resultando no aumento da firmeza e, conseqüentemente evitando a sinérese do iogurte.

A sinérese é o fenômeno de liberação espontânea de água do gel, sendo considerada como um defeito e afeta negativamente a percepção da aparência do produto pelos consumidores (Davanço *et al.*, 2009). A susceptibilidade à sinérese tende a diminuir com o aumento do teor de sólidos no iogurte e com a adição de estabilizantes (Jaros *et al.*, 2002).

Efeito semelhante foi encontrado por Vital *et al.* (2020), ao suplementar o iogurte desnatado com leite em pó, farinha e proteína de soja, demonstrando que a sinérese pode ser reduzida pelo aumento de sólidos totais.

Segundo Damodaran e Parkin (2017), a interação entre os carboidratos (quando presentes em maiores concentrações) e as proteínas apresentam uma incompatibilidade termodinâmica de mistura por conta do efeito de exclusão de volume em virtude do tamanho das moléculas, proporcionando a separação de fases e a liberação de água. Com a aplicação de baixas concentrações de sucralose esta deficiência foi contornada, uma vez que a mistura do colágeno e da sucralose resultou em uma mistura com propriedade isotrópica e homogênea, com níveis abaixo da concentração-limite que em geral é de 4%. O principal fenômeno envolvido pode ser atribuído à formação de ligações de hidrogênio do colágeno e da proteína com a água, favorecendo o aprisionamento do solvente dentro do gel formado, mantendo a interação carboidrato-proteína.

Figura 1 – Superfícies de resposta para os parâmetros estatisticamente significativos para o iogurte produzido com colágeno e sucralose.



Fonte: Autores.

3.3 Análise sensorial

Os resultados da análise sensorial estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Níveis reais e codificados das variáveis independentes estudadas e resultados dos parâmetros acidez e capacidade de retenção de água (CRA) e resultados para o índice de aceitabilidade dos iogurtes.

Ensaio	X ₁ (%)	X ₂ (%)	Aceitação	Doçura	IA (%)
1	0,625 (-1)	0,02 (-1)	7,86	3,09	87,30
2	0,625 (-1)	0,04 (+1)	7,51	2,83	83,49
3	1,25 (+1)	0,02 (-1)	6,37	2,91	70,79
4	1,25 (+1)	0,04 (+1)	6,57	3,23	73,02
5	0,937 (0)	0,03 (0)	7,23	3,09	80,32
6	0,937 (0)	0,03(0)	7,97	2,83	88,57

Fonte: Autores (2021).

As médias de aceitação, atributo de análise geral do produto, variaram de 6,37 a 7,97, o que corresponde na escala hedônica às categorias “gostei ligeiramente” e “gostei muito”, respectivamente. No entanto, não houve efeito estatisticamente significativo ($p > 0,10$) sendo que somente 71% dos valores observados foram explicados pelo coeficiente de regressão.

Em relação ao atributo doçura as notas variaram entre 2,83 e 3,23, colocando todas as amostras na escala ideal de doçura. Para esse atributo também não houve efeito estatisticamente significativo ($p > 0,10$), valor de R^2 da ANOVA de 72%.

Portanto, as diferentes porcentagens de colágeno e sucralose utilizados não influenciaram na aceitação e na intensidade de doçura das amostras obtidas.

A avaliação sensorial demonstrou que os iogurtes produzidos apresentaram um bom potencial para consumo, uma vez que os resultados do Índice de Aceitabilidade (IA) foram acima de 70%, considerados, portanto, satisfatórios.

Gerhardt *et al.* (2013) verificou que o emprego do soro de ricota na elaboração de bebida láctea fermentada adicionada de colágeno hidrolisado é uma alternativa viável, já que as bebidas apresentaram uma boa aceitabilidade além de que a adição de colágeno hidrolisado diminuiu o índice de sinérese e sedimentação das amostras, melhorando sua estabilidade.

Chuproski *et al.* (2020) observou que iogurtes produzidos com 0,5% de colágeno apresentaram 81% de aceitabilidade e maiores porcentagens de colágeno adicionado contribuiu para uma diminuição da sinérese, indicando uma melhoria tecnológica do produto.

Estes resultados corroboram com os encontrados neste estudo, visto que, o aumento da concentração de colágeno aumentou a capacidade de retenção de água do produto, diminuindo a tendência à sinérese e conseqüentemente maior aceitabilidade do iogurte.

3.4 Otimização numérica

Para determinar a melhor formulação foi realizada uma otimização numérica. Para isso, foram considerados apenas os parâmetros estatisticamente significativos ($p < 0,10$): acidez titulável total e capacidade de retenção de água. Após estabelecidos os objetivos para as variáveis independentes e dependentes, foram atribuídas importâncias para cada uma com valores entre 1 e 5, sendo 1 considerada de menor importância e 5 a maior importância. Na Tabela 4 estão apresentados os parâmetros otimizados e as respectivas soluções. A melhor formulação foi obtida com 1,25% de colágeno e 0,02% de sucralose, com uma probabilidade de sucesso de 88%.

Considerando o ponto otimizado, uma porção de 200g de iogurte irá conter a quantidade recomendada de colágeno ao dia de acordo com as informações do fabricante.

Tabela 4 – Análise de desejabilidade para os parâmetros otimizados para formulação de iogurte com colágeno e sucralose.

Variáveis	Objetivo	Importância	Solução
Variáveis independentes			
Colágeno	Maximizar	5	+1
Sucralose	Na faixa	3	- 1
Variáveis dependentes			
CRA	Maximizar	5	34,19
Acidez	Na faixa	3	0,7
Desejabilidade			0,88

Fonte: Autores (2021).

4. Considerações Finais

As variáveis independentes colágeno e sucralose apresentaram efeitos estatisticamente significativos ($p < 0,10$) apenas para as variáveis tecnológicas estudadas, não influenciando a aceitação e a intensidade de doçura das amostras obtidas.

A utilização dos peptídeos de colágeno em iogurte com reduzido teor de gordura e açúcar mostrou-se uma alternativa viável. Os produtos apresentaram um índice de aceitação acima de 70% e o aumento da concentração de colágeno aumentou a capacidade de retenção de água do produto, diminuindo a tendência à sinérese o que contribui para sua estabilidade.

A formulação otimizada foi obtida com 1,25% de colágeno e 0,02% de sucralose, com uma probabilidade de sucesso de 88%. Considerando o ponto otimizado, uma porção de 200g de iogurte irá conter a quantidade recomendada de colágeno ao dia de acordo com as informações do fabricante, sendo, portanto uma opção de produto para suplementação de colágeno na dieta.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e ao Instituto de Ciência e Tecnologia (TIC) pelo apoio institucional.

Referências

- Bolke, L., Schlippe, G., Gerb, J., & Voss, W. (2019). A Collagen Supplement Improves Skin Hydration, Elasticity, Roughness, and Density: Results of a Randomized, Placebo-Controlled, Blind Study. *Nutrients*, 11 (10) e 1-2. <https://doi.org/10.3390/nu11102494>
- Brandão, T. M., Lima, M. A. de, Rodrigues, L. L., Bacelar, R. G. A., Costa, L. M., Costa, A. P. R., Silva, R. A. da, & Muratori, M. C. S. (2020). Functional Properties of Tilapia Collagen, a Systematic Review Propriedades. *Research, Society and Development*, 9(12), e2069129219. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i12.9219>
- Brasil. (2007). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007. Adota o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados, anexo à presente Instrução Normativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 18 out. 2007.
- Brasil. (2006). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Métodos analíticos oficiais físico-químicos, para controle de leite e produtos lácteos. Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1, de 14 de dezembro de 2006.
- Brasil. (2003). Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 de dezembro de 2019.
- Chuproski, A., Pereira, G. F., Los, P. R., Judacewski, P., Simões, D. R. S., & Salem, R. D. S. (2020). Desenvolvimento e Avaliação de Iogurte Adicionado de Colágeno e Goma Xantana, *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3 (4), 3579–3589. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n4-065>.
- Damodaran, S., & Parking, K. L. (2017). *Fennema's Food Chemistry*. Boca Raton: CRC Press. 1123p. <https://doi.org/10.1201/9781315372914>
- Davango, F. V., Hara, E. T., Sato, R. T., Sivieri, K., Costa, M. R., & Rensis, C. M. V. B. (2009). Avaliação do efeito do tratamento térmico na capacidade de retenção de água do iogurte através da metodologia de superfície de resposta. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 64 (369) 3-7. <https://www.revistadoilct.com.br/riact/article/view/84>
- Derringer, G. & Suich, R. (1980). Simultaneous optimization of several response variables. *Journal of Quality Technology*, 12, 214-219. <https://doi.org/10.1080/00224065.1980.11980968>
- Dutcosky, S. D. (2011). *Análise Sensorial de Alimentos (3a ed)*. Champagnat – Pucpress, 4.
- Gerhardt, A., Monteiro, B. W., Gennari, A., Lehn, D. N., & Souza, C. F. V. (2013). Características físico-químicas e sensoriais de bebidas lácteas fermentadas utilizando soro de ricota e colágeno hidrolisado. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 68 (390), 41-50.
- Graça, C. S., Barbosa, J. B., Souza, M. Z., Moreira, A. S., Luvielmo, M. M., & Mellado, M. M. S. (2017). Adição de colágeno em pão sem glúten elaborado com farinha de arroz. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.10516>.
- Instituto Adolfo Lutz (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. Instituto Adolfo Lutz, 1020 p.
- Jaros, D., Rohm, H., Haque, A., Bonaparte, C., & Kneifel, W. (2002). Influence of the starter culture on the relationship between dry matter content and physical properties of set-style yogurt. *Milchwissenschaft*, 57 (6), 325-328.
- Kang, M., Yumnam, S., & Kim, S. (2018). A ingestão oral de peptídeo de colágeno atenua a desidratação da pele induzida por irradiação ultravioleta B in vivo, regulando a síntese de ácido hialurônico. *International Journal of Molecular Sciences*. 19 (11), <https://doi.org/10.3390/ijms19113551>.
- Kassada, A. T., Januário, J. G. B., Paraíso, C. M., & Madrona, G. S. (2019). Efeitos da adição de colágeno hidrolisado e farinha da casca de jabuticaba na textura do iogurte grego desenvolvido. <http://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/3991/1/CAROLINA%20MOSER%20PARA%20c3%8dSO.pdf>.
- Laing, S., Bielfeldt, S., Ehrenberg, C., & Wilhelm, K. P. A. (2020). Dermonutrient Containing Special Collagen Peptides Improves Skin Structure and Function: A Randomized, Placebo-Controlled, Triple-Blind Trial Using Confocal Laser Scanning Microscopy on the Cosmetic Effects and Tolerance of a Drinkable Collagen Supplement. *Journal of Medicinal Food*.147-152. <https://doi.org/10.1089/jmf.2019.0197>
- León-López, A., Morales-Peñaloza, A., Martínez-Juárez, V. M., Vargas-Torres, A., Zeugolis, D. I., & Aguirre-Álvarez, G. (2019). Hydrolyzed collagen – sources and applications. *Molecules*, 24 (22), 8. <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/22/4031>
- Lima, C. H. G. S., Silveira, C. S., Carbonera, N., & Helbig, E. (2019). Análises físico-químicas e microbiológicas de iogurtes com micro-organismos probióticos. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, Ponta Grossa, 13 (1), 2824-2839. <http://dx.doi.org/10.3895/rbta.v13n1.8071>
- Lima, C. M. F. (2011). Monitoramento de temperaturas de equipamentos de refrigeração em supermercados da cidade de Maceió – AL. *Revista Higiene Alimentar*, 25 (194-195), 35-39.
- Léon-López, A., Marroquín, X., Lozada, G., Montiel, R., & Álvarez, G. (2020). Characterization of Whey-Based Fermented Beverages Supplemented with Hydrolyzed Collagen: Antioxidant Activity and Bioavailability. *Foods*, 9 (8). <https://doi.org/10.3390/foods9081106>
- Moretti, B. R. (2009). Efeito da suplementação do leite com proteínas de diferentes fontes (soro de leite, soja e colágeno) e da composição da cultura láctica em iogurtes. Dissertação, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. Recuperado em 23 de agosto de 2021, de: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=156013
- Nunes, A., Neto, C., Souza, M., Feliciano, R., Formigoni, M.L.M., & Isausti, E. O. (2011). Processamento de mortadela de filé de Tilápia com fibras de colágeno. *Revista Eletrônica Educação Tecnológica*. 5 (10):1-25.
- Parnell-Clunies, E. M., Kakuda, Y., Mullen, K., Arnott, D. R., & Deman, J. M. (1986). Physical properties of yogurt: a comparison of vat versus continuous heating systems of milk. *Journal of Dairy Science*, 69, 2593- 2603. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80706-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80706-8)

Peuckert, Y. P., Vieira, V. B., Hecktheuer, L. H. R., Marques, C. T., & Rosa, C. S. (2010). Caracterização e aceitabilidade de barras de cereais adicionadas de proteína texturizada de soja e camu-camu (*Myrciaria dubia*). *Alimentos & Nutrição*, 21, 1, 147-152.

Reis, S. M., Pinto, M. S., & Brandi, I. V. (2011). Efeito do teor de sólidos não gordurosos e da concentração de sacarose na acidificação de iogurte por bactérias lácticas. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 66 (378), 34-39. <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/153>

Silva, A. B. N., & Ueno, M. (2013). Avaliação da viabilidade das bactérias lácticas e variação da acidez titulável em iogurtes com sabor. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 68 (390), 20-25. <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/4/4>

Silva, T., & Penna, A. L. (2012). Colágeno: Características químicas e propriedades funcionais. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 71, (3), 530-539.

Silveira, M. P., Ferreira-Rocha, L. O., Castro, A. L., Brandão, D. C., Guedes, T. J., & Fernandes, M. K. O. F. (2016). Avaliação da qualidade de labneh (iogurte grego): estudo com consumidores. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 71 (2), 65-74. <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/505>

Vital, A. C., Itoda, C., Hokazono, T. Y., Crepaldi, Y. S., Saraiva, B. R., Rosa, C. I. L. F., & Matumoto-Pintro, P. T. (2020). Use of soy as a source of protein in low-fat yogurt production: microbiological, functional and rheological properties. *Research, Society and Development*, 9(11), e779119472. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9472>