





ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS E DE CLUSTER COMO FERRAMENTA PARA AVALIAR A QUALIDADE DE SOBREMESA LÁCTEA

PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS AND CLUSTER ANALYSIS AS INSTRUMENTS TO EVALUATE THE QUALITY OF A DAIRY DESSERT

Gisele Becker ¹ , Gabriela Cristina Silva de Britto ² , Edgar Nascimento ³  e Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de Faria ⁴ 

Recebido em 20 de Fevereiro de 2024 | Aprovado em 26 de abril de 2024.

RESUMO

Métodos de análise estatística devem auxiliar profissionais da área da indústria de alimentos a entender o comportamento de variáveis avaliadas durante a vida de prateleira de um produto. Assim, o objetivo do trabalho foi utilizar a Análise de Componentes Principais para verificar a correlação entre as variáveis físico-químicas de uma sobremesa láctea preparada com cúrcuma em diferentes concentrações e banana-da-terra. Foram avaliados os parâmetros pH, atividade de água, sinérese, sólidos solúveis, teor de carotenoides e oxidação lipídica. Os dados obtidos foram submetidos à ACP e ao dendograma de Cluster e correlação de Pearson. A partir desta correlação foi possível avaliar que a variável que exerceu mais influência na qualidade do produto lácteo foi a concentração do açafrão. Conclui-se que a correlação entre pH e oxidação lipídica e o método de análise estatística empregado permitiu identificar o comportamento de interação entre as variáveis, fenômeno de difícil observação ao se aplicar teste de média comumente aplicados.

Palavras-chave: Açafrão; Produto lácteo; Vida de prateleira; Análise multivariada.

ABSTRACT

Statistical methods should help professionals in the food industry to understand the behavior of the variables during the shelf life of a product. Thus, the objective of this work was to use Principal Component Analysis to verify the correlation between the physicochemical variables of a dairy dessert prepared with turmeric and plantain. The parameters pH, water activity, color, syneresis, soluble solids, carotenoids and lipid oxidation were evaluated. The data obtained were submitted to Principal Component Analysis, Cluster Dendogram and Pearson's Correlation. Using these instruments, it was possible to analyze which variables were more influenced by turmeric concentration and which had a positive or negative impact on the shelf life of the product. In conclusion, the correlation between the parameters pH and lipid oxidation and the statistical method used allowed us to identify which variables interfered with each other, a phenomenon that is difficult to observe when using the one-way ANOVA mean test.

Keywords: Turmeric; Dairy product; Shelf-life; Multivariate analysis

¹Bacharel em Engenharia de Alimentos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT Campus Bela Vista. Endereço para correspondência: Rua Juliano Costa Marques s/n. Bela Vista, Cuiabá-MT, Brasil. CEP: 78000-00. E-mail: gisele_becker_6@hotmail.com.

² Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT Campus Bela Vista. Endereço para correspondência: Rua Juliano Costa Marques s/n. Bela Vista, Cuiabá-MT, Brasil. CEP: 78000-00. E-mail: gabrielac.silvabritto@gmail.com

³ Doutor em Engenharia Elétrica pela Unesp de Ilha Solteira, FEIS - UNESP/ Ilha Solteira. Docente no pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT. Endereço para correspondência: Rua Juliano Costa Marques s/n. Bela Vista, Cuiabá-MT, Brasil. CEP: 78000-000. E-mail: edgar.nascimento@ifmt.edu.br

⁴ Doutora em Agricultura Tropical pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UFMT). Docente no pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT. Endereço para correspondência: Rua Juliano Costa Marques s/n. Bela Vista, Cuiabá-MT, Brasil. CEP: 78000-000. E-mail: rozilaine.faria@ifmt.edu.br

1 Introdução

O consumidor busca cada dia mais produtos de maior saudabilidade, como consequência, isso tem se tornando uma preocupação tanto para a indústria quanto para o meio científico que se dedicam a desenvolver e formular produtos que possam atender a esse público que é crescente no mercado (KOZERSKI; DE MORAES; NIWA, 2017). Produtos lácteos são apreciados por diferentes classes etárias o que os tornam um alimento bastante procurado e consumido exigindo um maior apelo nutricional e que agrade sensorialmente a população que consome este tipo de alimento (SILVA et al., 2021).

Com o intuito de aumentar a vida de prateleira dos alimentos, é necessário a utilização de aditivos, naturais ou sintéticos como garantia de conservação dos alimentos. Muitos trabalhos citam a utilização da cúrcuma, ou açafrão-da-terra (*Curcuma longa* L.) como aditivo natural (CECÍLIO et al., 2000), sendo sua parte utilizada a raiz ou rizoma da planta (BANIK et al., 2017). Moretes e Geron (2019) citam que a cúrcuma é historicamente conhecida, principalmente na culinária como tempero, corante alimentar natural e conservante. Entretanto, sua capacidade antioxidante, decorrente da presença da substância curcumina tem sido estudada recentemente e pesquisas científicas demonstraram um aumento do potencial antioxidante através da adição de curcumina em produtos lácteos, resultando em maior estabilidade durante o armazenamento (JOUNG et al., 2016; KUMAR et al., 2016; BRITTO et al., 2020).

Assim como as especiarias podem desempenhar funções tecnológicas nos alimentos industrializados, as frutas podem auxiliar fornecendo minerais e vitaminas essenciais para o bom funcionamento do organismo. Dentre as frutas, a banana é uma das frutas mais apreciadas no mundo devido ao seu sabor, consistência e composição nutricional como as vitaminas A, B, C e D (MARTINNI et al., 1990). Dentre elas, destaca-se a banana-da-terra (*Musa paradisiaca*), consumida cozida, frita ou assada e muito apreciada em Mato Grosso.

No ranking mundial o Brasil ocupa o 4º lugar na produção de banana com uma produção de aproximadamente 7 milhões de toneladas (ROCHA; GERUM; SANTANA, 2021) e a preferência pelo cultivo da variedade se relaciona com aspectos regionais e culturais de cada região do Brasil (FARIA et al., 2010).

Por definição, iogurte é o produto cuja fermentação se realiza a partir de cultivos de *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* podendo ser complementada com a adição de bactérias ácido-lácticas que determinam a característica do produto. No entanto, para ser classificado como iogurte os ingredientes não-lácteos devem estar presentes em quantidade máxima de 30% (m:m) (BRASIL, 2007), caso

contrário o derivado lácteo é categorizado como produto ou sobremesa láctea.

Durante o processo de melhoria da qualidade surgiram tecnologias analíticas sensíveis, como análises físico-químicas mais precisas, identificando ou quantificando elementos químicos nas amostras (KAROUI, 2017). As análises físico-químicas possuem como objetivo manter o produto com uma qualidade padrão e constante, protegendo tanto o consumidor quanto o produtor através da garantia de um alimento seguro e de qualidade (MELO; SILVA; VASCONCELOS, 2013). Porém, em alguns experimentos a simples análise por estatística comparativa não fornece informação suficiente para verificar se há interação entre fatores químicos ou físicos no produto desenvolvido como acidez, ação antioxidante de algum componente presente. Neste sentido faz-se necessário utilizar análises multivariadas para o tratamento dos dados (MELLO, 2014) buscando reduzir o número de variáveis que se correlacionam auxiliando assim o pesquisador na escolha de parâmetros que de fato estejam afetando a qualidade do produto (CASTILHOS; DEL BIANCHI, 2011).

A análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica multivariada que objetiva a redução da massa de dados proporcionando melhor interpretação dos conjuntos de dados que apresentarão interação entre si (JOHNSON; WICHERN, 1998; CASTILHOS; DEL BIANCHI, 2011; HONGYU, 2015). Com esta técnica de análise estatística é possível gerar índices e agrupamentos, agrupando-os segundo as suas variâncias, ou seja, variação de suas características e similaridades (HONGYU; SANDANIELO; OLIVEIRA JUNIOR, 2016). Assim como a ACP, a análise de *Cluster* é um tipo de análise multivariada, conhecida por análise Q, de construção tipológica e de classificação (CARVALHO; SANTANA; MENDES, 2006).

Variáveis como sinérese, atividade de água, pH, oxidação por meio da avaliação dos compostos reativos ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), sólidos solúveis entre outras são utilizadas para verificar a qualidade de produtos lácteos desenvolvidos (BRITTO et al., 2020). No entanto, a análise comparativa entre tratamentos em delineamento estatísticos não permite verificar a correlação entre múltiplas variáveis. Porém, a ACP apresenta como desvantagem a sensibilidade a pontos *outliers* e dados ausentes (HONGYU; SANDANIELO; OLIVEIRA JUNIOR, 2016).

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi utilizar a Análise de Componentes Principais para verificar a correlação entre as variáveis físico-químicas de uma sobremesa láctea preparada com cúrcuma em diferentes concentrações e banana-da-terra.

2 Metodologia

2.1 Elaboração da sobremesa láctea adicionada de xarope de banana-da-terra e cúrcuma

A banana-da-terra foi adquirida em mercado local, higienizada e sanitizada antes do preparo do xarope. O xarope foi formulado com 40% de banana-da-terra conforme Britto et al. (2020). A sobremesa láctea foi elaborada com leite integral pasteurizado, fermento lácteo e sacarose comercial conforme Britto et al. (2020). Após o preparo, foi adicionado o xarope de banana-da-terra representando 50% na formulação e então acrescentado a cúrcuma em pó adquirida em mercado local, nas concentrações de 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5% (m:m), correspondendo aos tratamentos trat1, trat2, trat3, trat4, trat5 e trat6, respectivamente. O produto foi armazenado em BOD a 4°C, em potes de polietileno de 100g representando as repetições, durante 28 dias.

2.2 Caracterização físico-química da sobremesa láctea

Avaliou-se o pH através de potenciometria pelo método 924.02 (AOAC, 2012), enquanto a leitura da A_w foi realizada por meio do aparelho da marca Aqualab pelo método 978.18 (AOAC, 1990). A cor foi determinada através do sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$) pelas leituras determinadas em L^* (Luminosidade), a^* (transição da cor verde $-a^*$ para vermelho $+a^*$) e b^* (transição da cor azul $-b^*$ para amarelo $+b^*$), conforme Ramos e Gomide (2007). A Sinérese e avaliação de oxidação lipídica (TBARS) foram realizadas conforme descrito em Britto et al. (2020). Enquanto que o teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado por refratometria de acordo com o método 315/IV e a análise de carotenoides realizada no produto lácteo com 0,5% de cúrcuma pelo método 123/IV conforme IAL (2008). Os parâmetros foram analisados em 5 tempos considerando t_0 como dia do preparo e posteriormente aos 7, 14, 21 e 28 dias.

2.3 Análise de dados

Os dados físico-químicos pH, A_w , cor (L^* , a^* e b^*), sinérese, SS e avaliação da oxidação lipídica (TBARS) foram submetidos à correlação de Pearson (r) e a relação entre as variáveis por Análise de Componentes Principais. A análise de Cluster foi utilizada para verificar a similaridade entre os tratamentos frente às diferentes concentrações de cúrcuma nas formulações e foram observadas através do Dendograma (agrupamento) de Cluster.

Para verificação do teor de carotenoides, os dados da formulação com maior teor de

cúrcuma foram apresentados através do gráfico que exhibe o comportamento dos carotenos ao longo da vida-de-prateleira. Para o uso das ferramentas, foi utilizado o software R, versão 3.6.1 (R CORE TEAM, 2020) e os pacotes foram FactorMineR (LE; JOSSE; HUSSON, 2008), Shiny (VAISSIE; MONGE; HUSSON, 2020), FactoInvestigate (THULEAU; HUSSON, 2020) e ggplot2 (WICKHAM, 2016).

3 Resultados e Discussão

A ACP tem como objetivo principal agrupar um grande número de variáveis para apresentar o máximo de informações possível. O agrupamento é obtido pela combinação linear das variáveis estudadas divididas em dimensões (componentes) e pode ser interpretada de quatro maneiras: Combinação linear entre os vetores (indivíduos) e eixos (dimensões), entre os vetores (Correlação de Pearson), por seus tratamentos (observações) e suas contribuições para o experimento e entre os vetores (indivíduos) e tratamentos (observações).

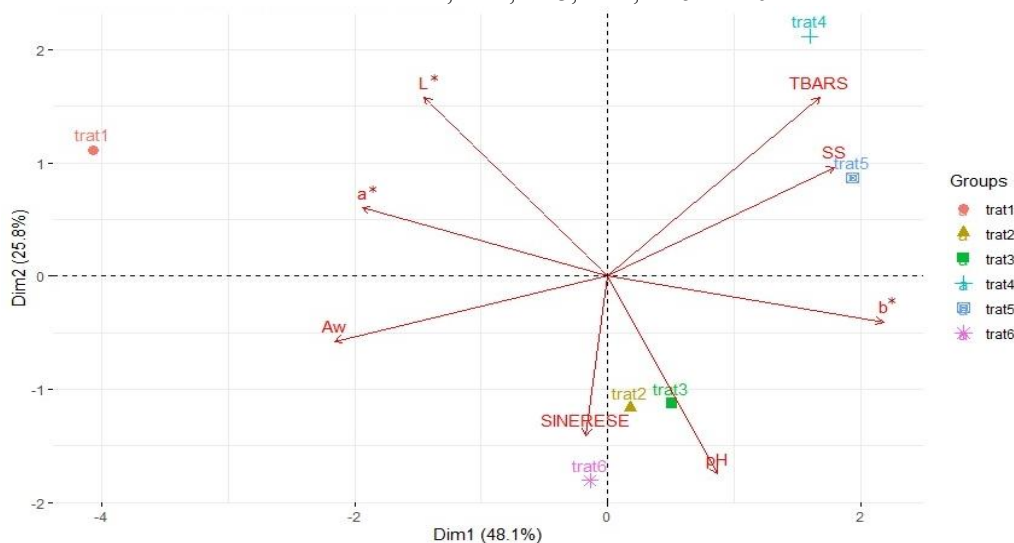
Para a primeira interpretação da análise multivariada foram detectados 5 autovalores: 3,852 (dim. 1), 2,062 (dim. 2), 1,032 (dim. 3), 0,890 (dim. 4) e 0,164 (dim. 5). Porém foram considerados apenas os maiores que 1, segundo o critério de Kaiser, obtendo $\lambda_i > 1$, explicando a maior parte da variação do experimento. Na representação gráfica só foram utilizadas as duas primeiras dimensões (Figura 1).

Através das equações da dimensão 1 (eq. 1) e dimensão 2 (eq. 2) observou-se que os vetores/variáveis que contribuíram para a dimensão 1 foram Aw, SS, TBARS, a* e b* com 48,1%, já as demais contribuíram com 25,8% para a dimensão 2. Todas as variáveis apresentaram correlação de Pearson significativa ($p < 0,05$).

$$\text{Dim1} = \text{Aw}|-0,902| + \text{SS}|0,748| + \text{TBARS}|0,699| + \text{a*}|-0,811| + \text{b*}|0,91| \quad (1)$$

$$\text{Dim2} = \text{pH}|-0,73| + \text{sinérese}|-0,589| \text{SS}|0,402| + \text{TBARS}|0,659| + \text{L*}|0,660| \quad (2)$$

Figura 1- Biplot Dim 1 x Dim 2 sobre as variáveis TBARS, SS, b*, sinérese, Aw, a* e L* em relação aos tratamentos trat1, trat2, trat3, trat4, trat5 e trat6

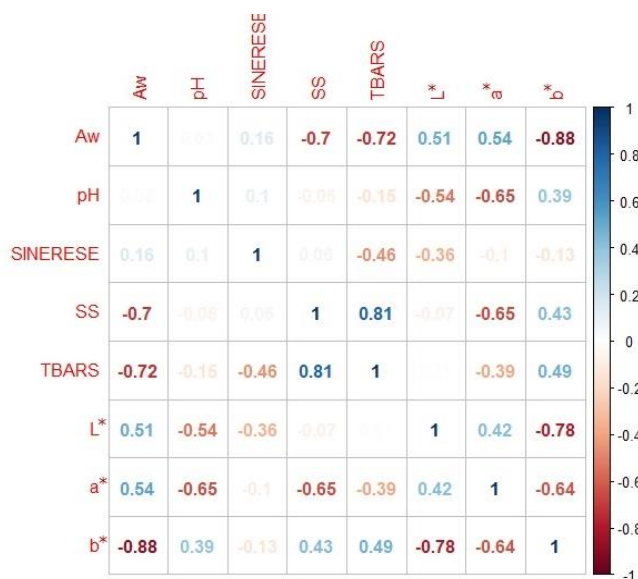


Considerando que a dimensão 1 apresentou maior contribuição pode-se afirmar que os parâmetros foram Aw, SS, TBARS, a* e b* exerceram maior influência na qualidade do produto final.

Para a segunda interpretação foi analisada a existência ou não da correlação pela formação dos ângulos entre seus vetores/variáveis. Se o ângulo formado for próximo de 0° indica uma correlação forte positiva; caso seja próximo à 180° indica uma correlação forte negativa; e se for próximo à 90 ou 270°, correlação fraca ou inexistente. As variáveis TBARS e SS apresentaram correlação forte positiva entre si, enquanto o comportamento do parâmetro de Aw com outras variáveis como SS, cor b* e TBARS, exibiram correlações forte negativa, conforme Correlação de Pearson demonstrada na Figura 2.

A matriz de correlação representa o coeficiente r de Pearson, onde o seu valor está fixado no intervalo $-1 \leq r \leq 1$. O coeficiente é interpretado através da proximidade de -1 e 1, portanto, quanto mais próximo de 1, há uma correlação linear forte positiva; quanto mais próximo de -1, há uma correlação linear forte negativa; e quanto mais próximo a 0, a correlação é fraca ou inexistente. Pode-se observar que TBARS e SS apresentam correlação forte positiva (r: 0,81), enquanto Aw com SS (r: -0,7), parâmetro de cor b* (r: -,88) e oxidação (TBARS; r:-0,72), todas com correlação fortes e negativas.

Figura 2 - Correlograma entre variáveis de Aw, pH, sinérese, sólidos solúveis (SS), TBARS, L*, a*, b* através da contribuição forte negativa (-) e forte positiva (+)



A terceira interpretação é através da distância das observações, a qual comprova-se maior contribuição para o experimento quando há maior distância em relação à origem. Embora o tratamento 1 tenha sido o maior contribuinte na correlação entre as variáveis (dist.: 4,218), e considerando que no tratamento 1 não houve adição de cúrcuma, observou que os demais tratamentos apresentaram interações com as variáveis analisadas na seguinte sequência: tratamento 4 (dist.: 2,730), tratamento 6 (dist.: 2,493), tratamento 2 (dist.: 2,367), tratamento 3 (dist.: 2,351) e tratamento 5 (dist.: 2,325), como demonstrado na Tabela 1. Pode-se afirmar que a concentração de cúrcuma no tratamento 4 e no tratamento 5 influenciaram diretamente nos sólidos solúveis e na oxidação da sobremesa láctea enquanto que o tratamento 6 afetou diretamente a sinérese e a atividade de água.

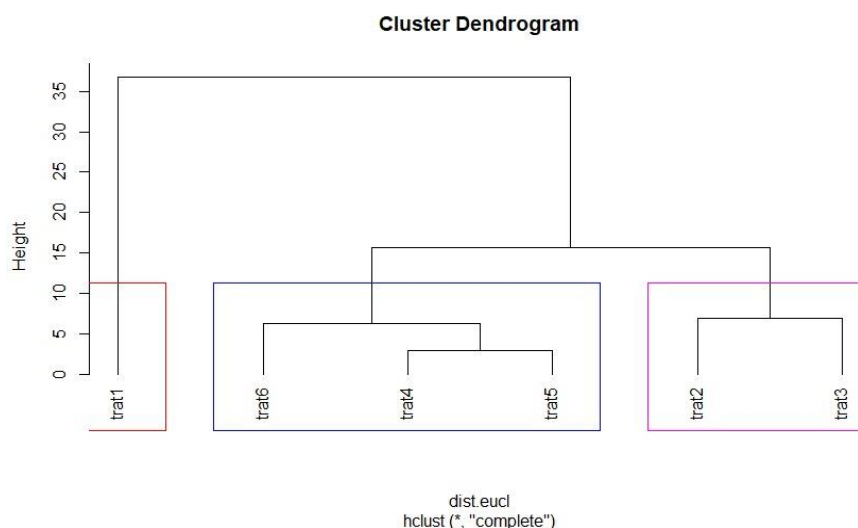
Tabela 1- Distância e as contribuições para as dimensões 1 e 2 dos tratamentos

Tratamento	Distância	Contribuição (Dim. 1)	Contribuição (Dim. 2)
1	4,218	71,541	10,036
2	2,367	0,135	11,014
3	2,351	1,100	10,244
4	2,730	10,982	36,215
5	2,325	16,157	6,103
6	2,493	0,085	26,388

A similaridade entre os tratamentos pode ser demonstrada por meio do Dendograma que agrupa os conjuntos através da distância euclidiana, representado na Figura 3. O tratamento 1 apresentou menor similaridade em relação aos demais, enquanto os tratamentos 4, 5 e 6 estão agrupados por possuírem concentrações de cúrcuma próximas (0,3%, 0,4% e 0,5%,

respectivamente). Os tratamentos 2 e 3 apresentam 0,1% e 0,2% de cúrcuma, estando no mesmo agrupamento. A distância euclidiana confirma a menor similaridade do tratamento 1 com os demais, ou seja, apresentando maior distância entre eles.

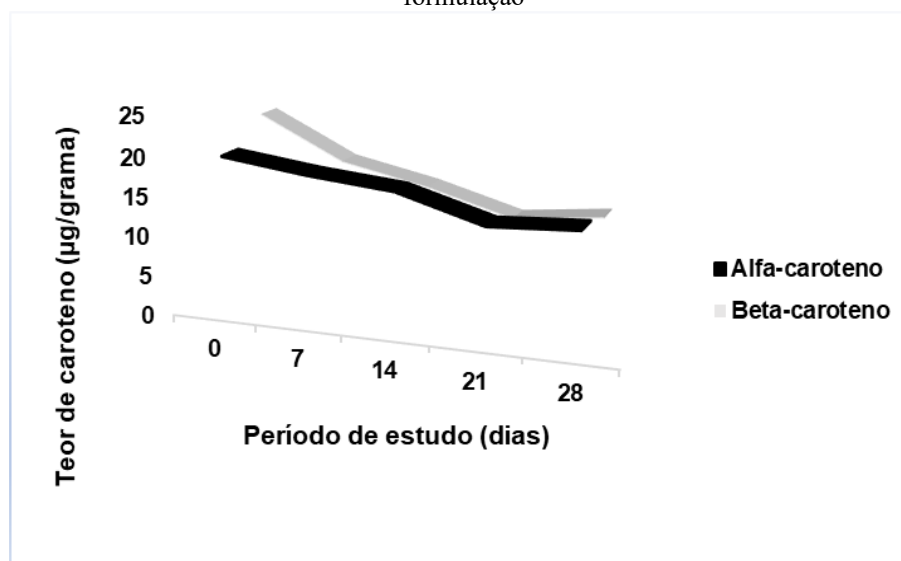
Figura 3 - Grupos formados pelos tratamentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 de acordo com a distância euclidiana



Durante a vida-de-prateleira (Figura 4) houve diminuição do teor de carotenos na avaliação da sobremesa láctea com maior concentração (trat6), o que demonstra que esses compostos presentes na cúrcuma não apresentam estabilidade em armazenamento à 4°C.

A ACP auxilia o pesquisador a reduzir o número de variáveis do experimento para interpretar quais de fato apresentam comportamento de interação. Souza et al. (2018) em seu artigo sobre avaliação dos minerais em diferentes tipos de leite e iogurte, utilizou esta técnica e verificou que o componente principal 1 (dimensão1) explicou 91,03% da variação total, seguido por 6,73% no componente principal 2 (dimensão 2). Hongyu (2015) cita em seu trabalho que 70%, no mínimo, devem explicar o primeiro e o segundo componentes. Neste trabalho com a cúrcuma, a soma das duas dimensões representou 73,9%, o que corrobora com a observação de interação entre as variáveis analisadas.

Figura 4 - Comportamento do alfa e beta-caroteno presentes na formulação com 0,5% m:m de cúrcuma na formulação



A correlação forte e de sinal positivo entre as variáveis foi observada entre SS e TBARS, conforme a Figura 1, e, segundo Moura (2002), os açúcares e ácidos compõem os sólidos solúveis (SS) e concentrações adequadas influenciam na qualidade do produto. Martins (2006) relatou que a fermentação por bactérias ácidas lácticas é caracterizada pelo acúmulo de ácidos orgânicos e a presença dos mesmos será de acordo com a composição da cultura e condições de crescimento. A oxidação dos ácidos orgânicos depende da voltametria cíclica (estudo de eletroatividade de compostos orgânicos), constando que a oxidação em potencial ocorre em 1120mV, tendo a amostra de iogurte em seu trabalho apresentado três picos: 700 mV, 1130 mV e 1280mV. Com isto, entende-se que produtos fermentados podem ter este efeito forte positivo devido a oxidação dos ácidos orgânicos presentes nos sólidos solúveis, influenciando na oxidação. Além dos compostos pró-oxidantes presentes em produtos lácteos podem contribuir para a oxidação, como tamanho das gotículas dispersas na emulsão, características dos lipídeos presentes, como ácidos graxos insaturados, teor de gorduras, micelas entre outros fatores (WARAHO; MCCLEMENTS; DECKER, 2011), além da caseína e presença de enzimas antioxidantes (EL-FATTAH et al., 2020).

As variáveis que apresentaram correlação forte negativa foram A_w com SS, parâmetro de cor b^* e oxidação lipídica (TBARS). Conforme relato observado em Gabriel (2008) e Palzer (2010), a atividade de água está relacionada com o teor de sólidos solúveis bem como com as particularidades da matriz alimentícia. O aumento de sólidos em um alimento não necessariamente diminui a atividade de água. No entanto, no modelo preditivo estudado por Gabriel (2008), o aumento de sólidos reduziu a atividade de água, conforme observado neste estudo, auxiliando assim a qualidade do produto durante a vida-de-prateleira.

Silva (2015) constatou em seu experimento que a elevação da concentração de extrato solúvel de gergelim ocasionou o aumento da coloração b^* , confirmando o mesmo comportamento apresentado neste trabalho, pois o aumento da concentração de SS resultou na redução de A_w e, conseqüentemente, um aumento na coloração $*b$. Costa (2017) cita que a cor das matérias-primas utilizadas exerce grande impacto na cor do produto final e que as partículas grandes podem gerar sombra sobre outras partículas, aparentando serem mais escuras do que realmente são.

A atividade de água e oxidação também apresentaram efeito forte negativo, possivelmente devido a matriz, pois de acordo com a revisão de Abbas et al., (2009), a matriz alimentícia interfere na atividade de água, podendo migrar entre os ingredientes do produto, resultar em limitação ou retardo de certas reações indesejáveis, como escurecimento não enzimático, oxidação lipídica, reações enzimáticas, gelatinização do amido e retrogradação do amido. Desta forma, pode-se considerar como hipótese que a alta atividade de água não promova redução da *shelf life* do produto devido a matriz alimentícia do mesmo.

A coordenada a^* , L^* e atividade de água contribuíram para o tratamento que não possui cúrcuma em sua formulação. Pode-se afirmar que a sobremesa láctea sem cúrcuma tende para uma maior coloração entre a cor verde (-) e vermelho (+), devido ao xarope de banana-da-terra, pois segundo Souza et al. (2019), a banana (*Musa parasidiaca*) apresenta cor vermelho-arroxeadada. Harder, Brazaca e Valter (2007) exibiram um resultado similar ao encontrado no presente trabalho, com maior luminosidade para o produto que não possuía corante urucum em sua formulação, promovendo redução deste parâmetro conforme o aumento das concentrações. Para atividade de água, Leopoldino (2017) relatou que o amido possui constituintes menores, principalmente presentes em raízes e tubérculos, como o fósforo, capazes de aumentar a capacidade de ligação da água. O autor ainda cita um estudo realizado com cúrcuma (*Curcuma zedoaria*) afirmando que o conteúdo do fósforo se encontrou relacionado positivamente com a cadeia de amilopectina, a qual possui como propriedade o poder de inchamento do grânulo de amido, podendo justificar a maior contribuição de atividade de água para o tratamento em que não há cúrcuma.

A formulação com 0,5% (trat6) de cúrcuma afetou negativamente a oxidação devido a maior porcentagem do mesmo presente. Explicado por Barankevicz (2015), a cúrcuma possui compostos antioxidantes que eliminam os radicais livres e retardam a peroxidação lipídica, sendo este um dos principais causadores de deterioração dos alimentos durante o processamento e armazenamento. O mesmo tratamento afetou positivamente a sinérese, porém não exibiu uma contribuição forte para o experimento, devido a maior variação dos resultados, observado pelo

tamanho de seu vetor.

A quantidade de cúrcuma de 0,4% (trat5) influenciou negativamente a atividade de água, isso pode ser explicado pelo Leopoldino (2017) como citado anteriormente. A adição de 0,1% (trat2) e 0,2% (trat3) de cúrcuma influenciou no pH do produto, porém ambos os tratamentos tiveram uma menor contribuição para o experimento, devido a distância das observações em relação a origem. Sueth-Santiago et al, (2015) cita que na estrutura da curcumina, há três hidrogênios ácidos, sendo os hidrogênios adjacentes às duas carbonilas os mais ácidos deles, que poderão ser separados em função do pH do meio, aumentando assim a acidez do meio.

A Figura 4 evidencia a presença de alfa e beta-carotenos na formulação com maior teor de cúrcuma, e também, a sua redução de acordo com o tempo de armazenamento. Segundo relato de Silva, Pereira e Silva (2017) os carotenoides são pigmentos naturais que apresentam atividade antioxidante e são responsáveis pela cor amarelada, alaranjada e vermelha das frutas, hortaliças, legumes e verduras e apresentam atividade antioxidante. Afirma-se também que a curcumina é o composto bioativo presente na cúrcuma e faz parte do grupo dos carotenoides. Gomes (2017) cita em seu artigo que a forma mais estável dos carotenoides é trans. A isomerização para cis pode ser promovida pelo calor, luz e ácido, podendo acarretar em alteração de atividade biológica e alguma modificação na cor. No entanto, a oxidação (seja ela enzimática ou não) é a principal causa de perdas ou destruição dos carotenoides durante o processamento ou estocagem e fatores como o calor, a presença de oxigênio, de metais, de agentes pró-oxidantes e a exposição à luz também aceleram as reações de oxidação dos carotenoides

4 Considerações

A utilização da ACP possibilitou verificar quais variáveis exerceram interações significativas com a cúrcuma, como oxidação lipídica pela concentração de 0,5% e pH pelas concentrações de 0,2 e 0,3%. Desta forma, possibilitando auxiliar a indústria de alimentos a pressupor o comportamento da sobremesa láctea ao optar pela adição desta especiaria neste tipo de produto, bem como sua difusão como ferramenta no monitoramento da qualidade de produtos em armazenamento.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), com auxílio de taxa de bancada

IFMT/CONSUP IN No. 05/2015 e Resolução IFMT/CONSUP No. 10/2015.

Referências

ABBAS, K. A.; SALEH, A. M.; MOHAMED, A.; LASEKAN, O. The relationship between water activity and fish spoilage during cold storage: A review. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.7, p. 86-90, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Saeed-12/publication/237356312_The_relationship_between_water_activity_and_fish_spoilage_during_cold_storage_A_review/links/587b411e08aed3826ae7cb50/The-relationship-between-water-activity-and-fish-spoilage-during-cold-storage-A-review.pdf Acesso em 20 de fev.2024.

AOAC. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists.** Washington, DC, 1990.

AOAC. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists.** Washington, DC, 2012.

BANIK, U.; PARASURAMAN, S.; ADHIKARY, A. K.; ORTHMAN, N. H. Curcumin: the spicy modulator of breast carcinogenesis. **Journal of Experimental & Clinical Cancer Research**, v. 36, n. 1, p. 98, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13046-017-0566-5> Acesso em 20 fev. 2024.

BARANKEVICZ, G. B. **Poder antioxidante da cúrcuma (*Curcuma longa* L.) nos parâmetros neuroquímicos em ratos induzidos a depressão.** 2015. 55f. Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº 46 de 23/10/2007. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. Brasília, 2007.

BRITTO, G. C. S.; BECKER, G.; SOARES, W. P.; NASCIMENTO, E.; RODRIGUES, E. C.; PICANÇO, N. F. M.; FARIA, R. A. P. G.; SCABORA, M. H. Bioactive compounds and physicochemical properties of dairy products supplemented with plantain and turmeric. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, p. e14720, 2020. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpp.14720> Acesso em 20 fev. 2024

CARVALHO, D. F.; DE SANTANA, A. C.; MENDES, F. T. Análise de cluster na indústria de móveis de madeira do Pará. **Novos Cadernos NAEA**, v. 9, n. 2, p. 25-54, 2006. Disponível em <http://dx.doi.org/10.5801/ncn.v9i2.63> Acesso em 26 abr 2024.

CASTILHOS, M. B. M.; V. L. DEL BIANCHI, V. L. Caracterização físico-química e sensorial de vinhos brancos da Região Noroeste de São Paulo. **Holos**, v. 4, p. 148-158, 2011. doi <https://doi.org/10.15628/holos.2011.611> Acesso em 20 fev. 2024

CECÍLIO, F. B. A.; SOUZA, J. R; BRAZ, T. L.; TAVARES, M. Cúrcuma: planta medicinal,

condimentar e de outros usos potenciais. **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, p.171-175, 2000. Disponível em <https://doi.org/10.1590/S0103-84782000000100028> Acesso em 15 fev 2024.

COSTA, J. D. **Secagem de iogurte natural por cast-tape sob vácuo**. 2017, 103f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2017.

EL-FATTAH, A. A.; AZZAM, M.; ELKASHEF, H.; ELHADYDY, A. Research Article: Antioxidant Properties of Milk: Effect of Milk Species, Milk Fractions and Heat Treatments. **International Journal of Dairy Science**, n. 15, p. 1-9, 2020.

FARIA, H.C. de; DONATO, S.L.R.; PEREIRA, M.C.T.; SILVA, S. de O. e. Avaliação fitotecnica de bananeiras tipo Terra sob irrigação em condições semi-áridas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.830–836, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000400006>

GABRIEL, A. A. Estimation of water activity from pH and °Brix values of some food products. **Food Chemistry**, v. 108, n. 3, p. 1106–1113, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.077> Acesso em 15 fev 2024

GOMES, C. F. **Aplicação da Tecnologia de Aquecimento Ôhmico em Diferentes Etapas do Processamento da Abóbora Híbrida Tetsukabuto**. 2017. 145f. Dissertação (mestrado) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre -RS, 2017.

HARDER, M. N. C.; BRAZACA, S. G. C.; VALTER, A. Avaliação quantitativa por colorímetro digital da cor do ovo de galinhas poedeiras alimentadas com urucum (*Bixa orellana*). **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 102 p. 339-342, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcia-Harder/publication/285866333_Avaliacao_quantitativa_por_colorimetro_digital_da_cor_do_ovo_de_galinhas_poedeiras_alimentadas_com_urucum_Bixa_Orellana/links/596ec1724585152dd4ab6fc0/Avaliacao-quantitativa-por-colorimetro-digital-da-cor-do-ovo-de-galinhas-poedeiras-alimentadas-com-urucum-Bixa-Orellana.pdf Acesso em 05 jan 2024

HONGYU, K. **Comparação do GGEbiplot ponderado e AMMI-ponderado com outros modelos de interação genótipo × ambiente**. 2015. 155p. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S -Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83–90, 2016. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/3398> . Acesso em: 26 abr. 2024.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6. ed. Madison: Prentice Hall International, 1998. 816p.

- JOUNG, H. J.; CHOI, M. J.; KIM, J. T.; PARK, S. H.; PARK, H. J.; SHIN, G. H. Development of Food-Grade Curcumin Nanoemulsion and its Potential Application to Food Beverage System: Antioxidant Property and In Vitro Digestion. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 3, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13224> Acesso em 20 fev 2024
- KAROUI, R. Methodologies for the Characterization of the Quality of Dairy Products. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.82, p. 237-275, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2016.12.007> Acesso em 20 fev 2024
- KOZERSKI, N. D.; DE MORAES, G.; NIWA, M. V. G. Aspectos que influenciam a qualidade do leite. **Anais Da X Mostra Científica Famez**. Campo grande: UFMS, 2017. 8p.
- KUMAR, D. D.; MANN, B.; POTHURAJU, R.; SHARMA, R.; BAJAJ, R. Formulation and characterization of nanoencapsulated curcumin using sodium caseinate and its incorporation in ice cream. **Food & Function**, v. 7, n. 1, p. 417-424, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C5FO00924C> Acesso em 20 fev 2024.
- LE, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. **Journal of Statistical Software**, v. 25, p. 1-18, 2008. Disponível em: <https://10.18637/jss.v025.i01> Acesso em 20 fev 2024.
- LEOPOLDINO, K. J. M. **Extração e caracterização de amido nativo e modificado da palma forrageira (*Opuntia ficus indica*)**. 2017. 244f. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2017.
- MARTINI, Z.; TRAVAGLINI, D.A.; OKADA, M.; QUAST, D. G.; HASHIZUMET, T. **Processamento: Produtos Caracterização e Utilização**. Série Frutas Tropicais n. 3 Banana. ITAL, Campinas, 1990.
- MARTINS, L. S. P. **Monitoramento da produção de ácidos orgânicos em amostras de leite fermentado pelos grãos de Kefir e do Tibet utilizando técnicas voltamétricas e HPLC**. 2006. 176f. Tese (Doutorado em química Analítica) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.
- MELLO, C. S. **Aplicação de transcriptômica e proteômica como avaliação complementar de alimentos através de análise multivariada**. 2014. 145f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Florianópolis, 2014.
- MELO, A. B. F.; SILVA, A. M. A. D.; VASCONCELOS, M. A. S. **Análises Físico-Químicas dos Alimentos**. Rede e-Tec Brasil, Recife, 148 p. 2013.
- MORETES, N. D.; GERON. G. M. L. V. Os Benefícios Medicinais Da *Curcuma longa* L. (Açafrão Da Terra). **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA**, Ariquemes, v. 10, n. 1, p. 106-114, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unifaema.edu.br/handle/123456789/2450> Acesso em 20 fev 2024.
- MOURA, M. L. **Fisiologia do amadurecimento de tomates ‘Santa Clara’ e seu mutante**

natural ‘Firme’. 2002. 89 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.

PALZER, S. The relation between material properties and supra-molecular structure of water-soluble food solids. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, p.12-25, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.08.005> Acesso em 20 fev 2024.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da Qualidade de Carnes, Fundamentos e Metodologias**. Viçosa: UFV, 2007.

ROCHA, S. L.; GERUM, A. F. A. A.; SANTANA, M. A. **Canais de comercialização de banana in natura no Brasil**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 16p. 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/226817/1/Documento246-Aurea-AINFO-1.pdf> Acesso em 20 abr 2024.

SILVA, B. G. **Elaboração e análise de extrato hidrossolúvel de gergelim (*Sesamum indicum*)**. 2015, 62f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrária, 2015.

SILVA, B. M.; TROMBETE, F. M.; CARLOS, L. DE A.; KOBORI, C.N.; VILELA JUNIOR, E.T.; SILVA, W. A. DA; UBALDO, J.C.S.R. Elaboração e caracterização de iogurte desnatado saborizado com geleia de figo da índia *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck. **Holos**, v.1, e10076, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2021.10076> Acesso em 15 dez 2023.

SILVA, M. A. P.; PEREIRA, T. A.; SILVA, A. E. A. Tomate e cúrcuma: efeitos na redução dos fatores de risco para doenças cardiovasculares. **Revista Cultural e Científica do UNIFACEX**. v. 15, n. 1, 2017. Disponível em <https://periodicos.unifacex.com.br/Revista/article/view/904> Acesso em 15 dez. 2023.

SOUZA, A. P. S.; CANDIDO, H. T.; SANTOS, T. P. R.; LEONEL, M. Caracterização Da Maturação Da Banana ‘São Domingos’. **Anais Sintagro**, v. 11, n. 1, p. 123-132, 2019.

SOUZA, S. O.; SANTOS, V. S.; SANTOS, E. S.; ÁVILA, D. V. L.; NASCIMENTO, C. C.; COSTA, S. S. L; GARCIA, C. A. B.; ARAUJO, R. G. O. Evaluation of the mineral content in milk and yogurt types using chemometric tools. **Microchemical Journal**, v. 143, p. 1–8, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.07.019> Acesso em 20 fev 2024.

SUETH-SANTIAGO, V.; MENDES-SILVA, G. P.; DECOTÉ-RICARDO, D.; LIMA, M. E. F. Curcumin, the Golden powder from turmeric: insights into chemical and biological activities. **Química Nova**. v. 38. n. 4, p. 538-552, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20150035> Acesso em 15 dez. 2023

THULEAU, S.; HUSSON, F. **FactoInvestigate: Automatic Description of Factorial Analysis**. R package version 1.6, 2020.

VAISSIE, P.; MONGE, A.; HUSSON, F. **Factoshiny: Perform Factorial Analysis from 'FactoMineR' with a Shiny Application**. R package version 2.2, 2020.

WARAHO, T.; MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Mechanisms of lipid oxidation in food dispersions. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22. p.3-13, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.11.003> Acesso em 20 fev 2024.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Springer-Verlag New York, 2016.