

Análise da inclusão e comportamento do extrato de pimentão amarelo (*Capsicum annuum* L.) complexado em β -ciclodextrina como corante na formulação de alimentos e bebidas

Francine Albernaz Teixeira Fonseca Lobo^{1*}, Carlos Eduardo de Faria Cardoso¹, Kátia Gomes de Lima Araújo²; Thais Souza Passos³

¹Escola de Nutrição, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Rio de Janeiro, Brasil; ²Escola de Nutrição, Universidade Federal Fluminense, Brasil; ³Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil. *francinealbernazlobo@gmail.com

Recebido em: 11/03/2023

Aceito em: 09/10/2023

Publicado em: 30/12/2023

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.5.2-6>

RESUMO

O extrato de pimentão amarelo foi complexado usando β -ciclodextrina visando melhorar a estabilidade dos pigmentos frente aos fatores envolvidos no processamento. Desenhou-se que a melhor relação núcleo:parede a ser estudada era 1:5, por proporcionar maior proteção e solubilidade nos alimentos. Para aproximar a cor da amostra adicionada de extrato de pimentão, com a cor de produtos industrializados. A estabilidade do complexo no iogurte natural e modelos de bebidas (isotônico e bebida semelhante ao licor), foram avaliados em diferentes valores de pH (3,0 e 7,0) armazenados sob irradiação (1400 lx) e ausência de luz em temperatura entre 25 - 31°C, por 60 dias. O extrato bruto de pimentão e a tartrazina foram usados como controle. Em relação ao iogurte, nota-se que os melhores resultados foram obtidos com as amostras adicionadas de complexo, em comparação com a adição de extrato bruto, que apresentou a maior alteração de cor. No caso de bebidas, a complexação proporcionou melhor estabilidade de cor ao longo do estudo, em comparação com a amostra controle, mas não foi suficiente para manter a coloração por 60 dias, fomentando a necessidade de estudos mais complexos.

Palavras-chave: Pigmentos naturais. Pimentão amarelo. Complexação. Estabilidade. Colorimetria.

Analysis of the inclusion and behavior of yellow pepper extract (*Capsicum annuum* L.) complexed in β -cyclodextrin as a dye in the formulation of food and beverages

ABSTRACT

The extract of yellow pepper complexed using β -cyclodextrin to improve the stability of pigments against the factors involved in processing. It was designed that the best core:wall ratio to be studied was 1:5, because it provides greater protection and solubility in food. To approximate the color of the added sample of chili extract, with the color of industrialized products. The stability of the complex in natural yogurt and beverage models (isotonic and liquor-like beverage) were evaluated at different pH values (3.0 and 7.0) stored under irradiance (1400 lx) and absence of light at temperature between 25 - 31°C for 60 days. Crude chili extract and tartrazine were used as control. Regarding yogurt, it is noted that the best results were obtained with the added samples of complex, compared with the addition of crude extract, which presented the greatest color change. In the case of beverages, the complexation provided better color stability

throughout the study, compared to the control sample, but it was not enough to maintain staining for 60 days, promoting the need for more complex studies.

Keywords: Natural pigments. Yellow pepper. Complexation. Stability. Colorimetry.

INTRODUÇÃO

Na interface do mercado consumidor, a aceitação de um produto alimentício está intimamente relacionada ao seu aspecto sensorial. Comumente, os consumidores relacionam a cor de um alimento ao seu sabor, o seu cheiro e a sua qualidade de uma forma geral (CARDOSO; LOBO, 2021). Neste sentido, a formulação de alimentos torna-se uma tarefa muito árdua e traduz muito bem a importância no qual as indústrias alimentícias dão em torná-los mais “apetitosos” aos olhos do consumidor. Tendo em vista a pretensão em despertar o interesse do cliente, o setor preocupa-se tanto com a aplicação e/ou beneficiamento das cores em seus produtos conferindo nova característica ou intensificando alguma já inerente à sua matriz, sendo justificado o emprego de corantes alimentícios para sua aceitabilidade (SOUZA, 2012).

As indústrias do segmento alimentício, utilizam amplamente corantes sintéticos, objetivando minimizar a variação de cor de seus produtos frente ao processamento no qual são submetidos, contribuindo para a durabilidade, estabilidade e resistência da pigmentação à variação de oxigênio, de temperatura e pH, que se caracterizam como fatores chave para a manipulação e manejo de corantes em alimentos (GOMES, 2012; QUEIROZ, 2014). Entretanto, o uso de corantes artificiais é frequentemente questionado pelas possíveis reações adversas aos consumidores, como reações de hipersensibilidade, além de observados efeitos genotóxicos (POLÔNIO, 2009; PASSOS, 2013; FREITAS; ZANELLA, 2014).

Os efeitos nocivos e a utilização indiscriminada destas substâncias sintéticas, tem motivado a busca por métodos alternativos de pigmentação de matrizes alimentares, que sejam eficazes e que não ofereçam riscos à saúde humana. A utilização de extratos vegetais, para fins industriais, tem sido amplamente estudada seguindo uma tendência de mercado, onde apresenta um perfil de consumidor mais focado na melhoria de sua saúde e bem-estar geral (CUNHA et al., 2022).

Estas substâncias de obtenção natural, apresentam diferentes comportamentos, a depender de inúmeros fatores relacionados ao processamento da matriz de obtenção, fomentando o delineamento de estratégias que busquem estabilizar e otimizar a sua ação

colorante a partir da forma de obtenção (LOBO, 2017). Os pigmentos naturais estão associados a benefícios funcionais e a efeitos de melhoria na saúde humana de forma gradativa, demonstrando-se mais seguros, específicos e ausentes de efeitos colaterais e toxicidade (CAROCHO et al., 2015). Por este motivo, sua utilização na indústria de alimentos vem aumentando de maneira significativa, pois, além de melhorar a aparência dos alimentos, proporciona melhorias à saúde do consumidor (CORTEZ et al., 2017).

No amplo grupo dos pigmentos naturais, destaca-se os carotenoides, configurando-se um conjunto de moléculas de natureza lipossolúvel e que apresentam cadeia carbônica composta por 40 átomos de carbonos. Esses pigmentos naturais são amplamente encontrados em matrizes alimentares vegetais, na qual destaca-se o pimentão amarelo (*Capsicum annuum L*), possuindo uma diversidade de subclasses, onde mais precisamente o β -caroteno, o α -caroteno, zeaxantina e a β -criptoxantina são evidenciados (ARBALLO et al., 2021; MOUNIEN et al., 2019).

O pimentão, está entre as hortaliças de maior valor econômico no Brasil, possuindo grande importância socioeconômica e sensorial, sendo bastante apreciada pela população (SILVA et al., 2019; GENTILE et al., 2020) e se constitui uma excelente fonte destas moléculas pigmentantes com ações antioxidantes. Esses pigmentos podem ser empregados como elementos corantes em alimentos, no entanto, diversos fatores como o pH, temperatura, oxigênio e luminosidade prejudicam sua utilização como tal propósito de aditivo alimentar.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de aplicação da técnica de complexão do extrato obtido do pimentão amarelo, em β -ciclodextrina, visando prospectar a otimização da estabilidade dos compostos carotenoides quando inseridos em matrizes alimentares, como iogurtes e modelos de bebida, avaliando a sua estabilidade por parâmetros colorimétricos, comparado à corantes sintéticos convencionalmente utilizados pela indústria, durante um período de tempo de 60 dias.

MATERIAL E MÉTODOS

Desenho e local do estudo

O presente trata-se de um estudo experimental conduzido no Laboratório de Análises Bromatológicas e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Nutrição, da Universidade Federal Fluminense (UFF), em Niterói, no estado do Rio de Janeiro, Brasil.

Obtenção e preparação da matéria prima

Os frutos de pimentão amarelo (*Capsicum annuum L.*) foram obtidos no comércio varejista da cidade do Rio de Janeiro (4 kg). Os pimentões foram lavados com sabão neutro em água corrente para a remoção de sujidades externas e sanitizado em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm, permanecendo em imersão na solução por 20 minutos e, posteriormente enxaguados em água corrente. A superfície foi seca com papel toalha. Na sequência, as sementes foram retiradas manualmente e o material foi cortado de forma longitudinal em tiras de aproximadamente 1 cm de diâmetro.

Após o corte, as tiras de pimentão foram desidratadas em estufa ventilada (*HobbyPardal*®) a 55°C por 15 horas, até remoção do conteúdo líquido. O material desidratado foi moído, em liquidificador doméstico (*Walita*®) até obtenção de um produto finamente pulverizado. O pó de pimentão foi acondicionado em sacos plásticos, transparentes do tipo *zip lock* para evitar o contato com a umidade do ar, e armazenado em um armário limpo, arejado, sem contato com a luz solar, afastado de produtos de limpeza e outros com odores fortes, em temperatura ambiente, para posteriores análises.

Obtenção do extrato de carotenóides do pó de pimentão amarelo

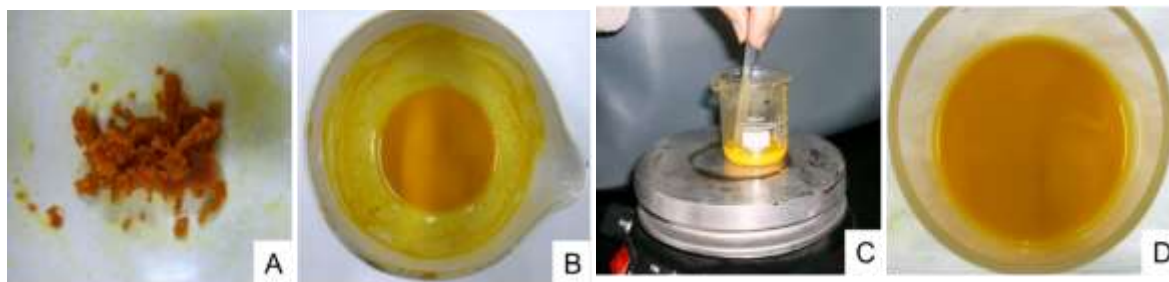
Para obtenção dos extratos, 10 g do material seco em pó, foram transferidos para um frasco tipo *erlenmeyer* contendo 100 mL da mistura dos solventes hexano:acetona (1:1), no frasco, a amostra permaneceu macerando e a troca dos solventes foi realizada em dias alternados até a completa exaustão na extração dos pigmentos. Após a etapa de extração, os solventes foram eliminados em rotaevaporador (*Fisatom*®), sob baixa pressão e temperatura de 35°C e protegido da luz. O extrato concentrado e livre de solventes foi então conservado a 4±1 °C em frasco âmbar e protegido da luz.

Complexação do extrato de pimentão amarelo em β -ciclodextrina

Na complexação do extrato, utilizando o polissacarídeo de *β -ciclodextrina* como material de parede. O procedimento foi realizado com base no trabalho de Vertzoni et al., (2006). A *β -ciclodextrina* foi misturada ao extrato na proporção de 5:1, por vinte minutos até total homogeneização. Foi adicionado 1 mL de água destilada para facilitar a mistura do material, sendo homogeneizada por cinco minutos. Este procedimento foi repetido em dois ciclos, com a finalidade de facilitar a complexação do extrato na ciclodextrina.

Foi obtida uma pasta homogênea de coloração alaranjada, que foi transferida para um becker contendo 5 mL de solução de dextrose, sendo homogeneizada manualmente à 40 °C por 20 minutos. Ao final do tempo de agitação, a amostra foi transferida para um recipiente com gelo, para evitar a degradação da amostra. A Figura 1 mostra as etapas envolvidas na complexação do extrato.

Figura 1 – Etapas envolvidas na complexação do extrato de pimentão amarelo na β -ciclodextrina.



A: Pasta obtida pela hidratação do extrato de pimentão amarelo em pó com água destilada; B: Adição do agente encapsulante; C: homogeneização em temperatura (40°C – 20 min); D: extrato complexado.

Fonte: Acervo pessoal.

Inclusão do extrato bruto do pimentão amarelo complexado na formulação de alimentos e bebidas

Preparo e obtenção de amostra de Iogurte

Foi preparada uma amostra de iogurte natural, seguindo a metodologia utilizada nas aulas práticas de Tecnologia de Alimentos II, no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Farmácia da UFF. Para a elaboração do iogurte, foram adquiridos 1 litro de leite integral pasteurizado (Parmalat® - UHT) no comércio varejista, do Rio de Janeiro, no qual foram submetidos à aquecimento a 90 °C e resfriado de forma gradativa até atingir temperatura média de 45 °C. Na sequência ajustou-se o teor de sólidos totais da mistura do leite para 16% através da incorporação do leite em pó (Glória®).

O cálculo utilizado para a correção do teor de sólidos totais do leite seguiu conforme metodologia do “Disco de Ackermann” que envolve parâmetros da densidade, na qual foi avaliada através da utilização de um lactodensímetro à temperatura de 15 °C e o teor de gordura do leite. Na sequência, foi adicionado o inóculo de bactérias lácticas (*Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*) obtidos da adição de iogurte natural (Itambé® - 170 mL).

A mistura foi acondicionada em frasco de vidro temperado de 1 litro, higienizado, esterilizado e incubado à 45 °C em banho-maria. A acidificação do produto foi controlada e avaliada em 95 °D. O iogurte então, foi resfriado lentamente até atingir a temperatura ambiente e na sequência, refrigerado durante 12 horas para estabilização do gel. Após a fermentação e

coagulação, o gel sofreu uma agitação para a quebra do coágulo afim de despertar cremosidade ao iogurte. Em seguida, o produto sofreu resfriamento a 5°C para inibir o crescimento de bactérias lácticas e, assim, não ocorrer uma acidificação excessiva.

O iogurte preparado foi dividido em três grupos de acordo com a adição do pigmento a ser testado: **(1)** pigmento incluído em β -ciclodextrina (experimental) na concentração de 0,05% na proporção de 60 mL/g de iogurte; **(2)** extrato bruto (controle 1) na mesma concentração e, **(3)** corante sintético amarelo tartrazina (controle 2) na concentração de 0,001%, com o intuito de verificar o comportamento dos parâmetros colorimétricos ao longo da lacuna de sessenta dias de estudo, representando o tempo de vida útil dos iogurtes comerciais.

Preparo e obtenção de amostras de bebidas isotônica e alcoólica

No laboratório de análises bromatológicas da UFF, as bebidas foram preparadas de acordo com a composição da bebida base, demonstrada na Tabela 1, baseada na informação nutricional de produtos industrializados. Ao todo foram elaboradas duas formulações, sendo uma delas adicionada de etanol, tornando-a alcoólica pela adição de 10% de etanol na formulação base, caracterizando-se como um “licor”.

Tabela 1 - Composição da Bebida Base (1.000 mL).

Composição	Concentração (g/L)
Sacarose	44,91
Glicose Anidra	20,13
Fosfato de Potássio	0,31
Citrato de Sódio	0,20
Ácido Cítrico	0,63
Ácido Ascórbico	0,12
Metilparaben	0,1

Fonte: Autores, 2023.

As amostras foram divididas em três grupos, de acordo com a adição do pigmento a ser testado, sendo: **(1)** pigmento incluído em β -ciclodextrina (experimental) na concentração de 0,06%; **(2)** extrato bruto (controle 1) na mesma concentração e; **(3)** corante sintético amarelo tartrazina (controle 2) na concentração de 0,001%, com o intuito

de verificar o comportamento das coordenadas colorimétricas ao longo de sessenta dias de estudo. As análises foram realizadas em triplicata.

As amostras foram armazenadas a temperatura ambiente (22 - 25°C) e submetidas a duas condições, sendo elas: irradiância de 1400 lx, sendo acondicionadas em tubos de ensaio com tampa rosqueada, contendo 30 mL de amostra e, em ausência de luz, armazenadas em potes brancos de plástico com tampa, contendo 30 mL de amostra. Para garantir a uniformidade das amostras armazenadas sob irradiância, ocorreu a troca dos tubos armazenados, diariamente.

Análise colorimétrica das amostras de iogurte e bebidas

A análise instrumental de cor foi realizada por reflectância no aparelho Colorview 9000 da Byk - Gardner, no Sistema CIELab, instalado no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Farmácia da UFF.

Os parâmetros de cor medidos foram:

- L* = luminosidade (0=preto e 100=branco)
- a* (-80 até zero=verde, do zero ao +100=vermelho)
- b* (-100 até zero=azul, do zero ao +70=amarelo)

As amostras em triplicata de iogurte e modelos de bebidas dos grupos controle e experimental foram analisadas nos tempos: 0; 20; 40 e 60 dias. Destaca-se que a estabilidade de cor das bebidas isotônicas e alcoólicas (10% de etanol) foi medida em diferentes ambientes, com variação de potencial hidrogeniônico (pH) (3,0 e 7,0) armazenadas em presença (1400 lx) e ausência de luz.

Com o intuito de aproximar a cor das amostras adicionadas de extrato de pimentão amarelo (*Capsicum annuum L.*), com a cor dos produtos industrializados, já fortemente consolidados e vendidos no mercado nacional, foram medidos os índices L*, a* e b* de três sabores diferentes de iogurte e um sabor de bebida isotônica, buscando estabelecer um comparativo analítico, sendo escolhidos: Iogurte cremoso sabor pêssego (Vigor®), Iogurte cremoso sabor maracujá (Vigor® e Itambé®) e Iogurte cremoso integral sabor Laranja + cenoura + mel (Vigor®) e, bebida isotônica (Gatorede®) sabor maracujá.

Análise e tabulação dos dados

A análise estatística dos resultados foi efetuada com as médias obtidas da junção dos valores dos índices colorimétricos L*, a* e b*. Os valores dos parâmetros

coloriméricos de cada amostra nos tempos de armazenamento 20, 40 e 60 dias foram comparados com os valores obtidos no tempo zero, através de Análise de Variância (ANOVA). Ocorrendo diferença significativa, as médias seguiam para análise através do teste de Tukey. Foi considerado o valor de $p < 0,05$ para determinação de diferença significativa entre as médias, sendo realizadas pelo software estatístico GraphPad Prism 9.0.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obtenção do extrato de pimentão amarelo

A realização de testes prévios, mostraram que a mistura acetona/hexano, utilizada para a extração dos pigmentos a partir do pimentão seco apresentou um rendimento de 2,6% (p/p) sendo a mistura escolhida com base na coloração observada, apresentando-se alaranjada, com espectro forte, enquanto que em uma extração piloto, através da utilização do diclorometano observou-se uma cor amarela opaca, além de um menor rendimento de extração (2,3% (p/p)). Logo, a mistura acetona/hexano, foi considerada mais adequada para dar continuidade aos experimentos em virtude do menor tempo necessário para o esgotamento da extração, maior rendimento e melhor otimização da cor.

Araújo (1995) verificou que tanto os solventes com característica polar (água, álcool e acetona), quanto apolar (dicloroetano) extraíram pigmentos presentes na cenoura e nos pimentões com coloração amarela, verde e vermelha. No entanto, observou diferentes colorações para uma mesma hortaliça nos diferentes solventes utilizados. Pode-se constatar a presença de mais de um cromóforo nas hortaliças estudadas, e que estes são extraídos por afinidade polar ou apolar com o solvente. Isto fica bem evidenciado na extração dos pigmentos do pimentão verde, pois o dicloroetano (apolar) extraiu um corante amarelo, enquanto que os demais solventes polares extraíram corantes verdes.

Destaca-se que o efeito batocrômico ou deslocamento vermelho é devido as forças de atração que surgem por efeito da polarização entre solvente e absorvedor as quais tendem a baixar a energia dos níveis ambos excitados e não excitados. O efeito sobre o estado excitado é, contudo, maior, de modo que as diferenças energéticas ficam menores, e o comprimento de onda exigido, na transição é maior. Basicamente, quanto maior a polaridade do solvente, menor se torna esta energia. As transições de um orbital pi ligante para um orbital pi antiligante ocorrem em acetonas. Portanto, a percepção de diferentes colorações observados nos testes com diclorometano e a mistura acetona e hexano no

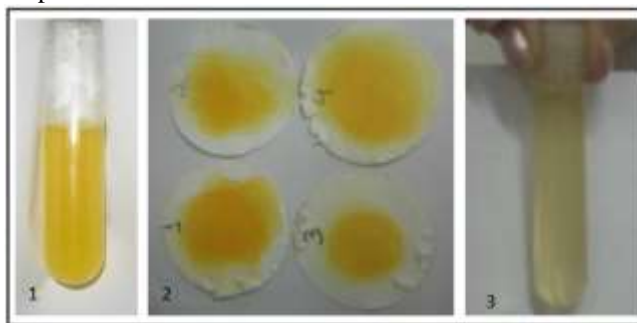
presente estudo, se dá, em função da afinidade da polaridade do solvente utilizado para a extração.

Complexação do extrato em β -ciclodextrina

Os complexos de inclusão envolvendo as ciclodextrinas são considerados na interface tecnológica, como um dos sistemas de liberação controlada de maior eficiência, devido ao ajuste molecular entre o princípio ativo e o polímero utilizado. As ciclodextrinas, são reconhecidamente polissacarídeos cíclicos constituídos por unidades de *D*-glicopiranosose ligadas por meio de ligações glicosídicas do tipo α – (1,4) e devido à conformação em cadeira da glicopiranosose, estas assumem a forma de um cone truncado com cavidade hidrofóbica e superfície externa hidrofílica, permitindo que esta característica seja adequada para uso como encapsulante, vislumbrando um perfil melhor de solubilização de compostos apolares, proteção e estabilização frente a reações de hidrólise e oxidação e liberação controlada (ROSA E PIRES, 2022).

A etapa de filtração em membrana, para separar o complexo solubilizado do material não complexado, que porventura poderia estar agregado, foi excluída no presente estudo, diferindo do estudo no qual foi baseado, guiado por Vertzoni et al., (2006). Isto ocorreu porque, nos testes prévios realizados, após a filtração em membrana de 0,22 μm , foi obtido um filtrado com coloração tendenciando a um espectro muito claro, indicando uma baixa taxa de inclusão dos pigmentos na β -ciclodextrina (Figura 2). Com isso, para uma aplicação em alimentos simulando a coloração amarela dos produtos industrializados, seria necessária uma grande quantidade de extrato para que o filtrado apresentasse uma coloração mais intensa, proporcional.

Figura 2 - Diferentes colorações obtidas na técnica de complexação, sugerida por Vertzoni et al. (2006), do extrato de pimentão amarelo.



: (1) antes a filtração; (2) papel de filtro após a filtração e (3) após a filtração.

Entretanto, após a mistura extrato/ciclodextrina e adição de água, foi obtida uma suspensão homogênea, sem precipitação ou separação nítida de fases, o que indicou a possível complexação, mesmo sem inclusão, e que esta complexação ajudou a aumentar a solubilidade dos carotenóides na solução. Sendo assim, não foi realizada uma inclusão molecular, e sim uma complexação dos pigmentos em β -ciclodextrina, o que foi suficiente para promover a solubilização do pigmento e, obtenção de uma coloração ideal da mistura para ser aplicada em alimentos.

Em função disso, a proporção em massa extrato/ciclodextrina (m/m) foi alterada para 1:5, com a finalidade de aumentar a proteção do extrato pelo polímero. E o volume da solução de dextrose foi reduzido de 50 mL para 5 mL para promover a obtenção de uma coloração amarela intensa, pela maior concentração de pigmentos.

Inclusão do extrato complexado de pimentão amarelo na formulação de iogurte e modelos de bebidas

A aceitabilidade de um alimento pelo consumidor, na perspectiva de mercado, está diretamente relacionada ao desprendimento sensorial que ele causa ao contato visual. Além de se consagrar como importante atributo sensorial, os consumidores usualmente relacionam o visual do alimento, mais precisamente a cor ao sabor, cheiro, segurança e qualidade geral do produto (RAMESH; MUTHURAMAN, 2018).

Com o intuito de aproximar a cor das amostras adicionadas de extrato de pimentão amarelo (*Capsicum annuum L.*), com a cor dos produtos industrializados, já fortemente consolidados e vendidos no mercado nacional, foram medidos os índices L^* , a^* e b^* de três sabores diferentes de iogurte e um sabor de bebida isotônica, buscando estabelecer um comparativo analítico. A Tabela 2 mostra os diferentes iogurtes industrializados e a bebida isotônica com os seus respectivos corantes artificiais aplicados e os valores dos parâmetros L^* , a^* e b^* , medidos no presente trabalho.

Tabela 2 - Diferentes sabores e marcas de iogurtes e bebida isotônica industrializados com os seus respectivos agentes colorantes e valores aferidos dos índices L^* , a^* e b^* .

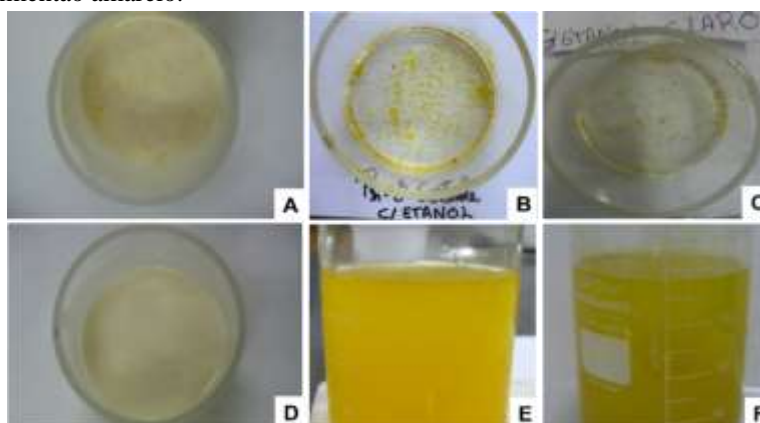
Sabor (arça)	Corantes utilizados	L^*	a^*	b^*
Pêssego (Vigor®)	Urucum	84,20 ± 0,21	0,48 ± 0,29	11,95 ± 0,27
Maracujá (Vigor®)	Caroteno	82,22 ± 0,44	2,35 ± 0,21	19,79 ± 0,3

Maracujá (Itambé®)	Amarelo crepúsculo (INS:110)	88,58 ± 0,2	0,22 ± 0,21	11,15 ± 0,25
Laranja+cenoura+m el (Vigor®)	Amarelo tartrazina (INS:102)	85,07 ± 0,26	2,32 ± 0,29	18,89 ± 0,21
Maracujá (Gatorade®)	Amarelo crepúsculo e amarelo tartrazina	19,32 ± 0,01	-1,24 ± 0,53	5,40 ± 0,6

Fonte: Autores, 2023.

A Figura 3 apresenta os produtos formulados no presente estudo, adicionados do extrato bruto e complexado em ciclodextrina de pimentão amarelo, onde, nota-se que a adição do extrato complexado aos produtos testados resultou em amostras com colorações totalmente homogênea, diferindo das amostras adicionadas do extrato bruto, no qual apresentou característica sedimentada em fases. Essa característica, fomenta a ideia de que, o extrato do pimentão amarelo complexado, apresentou melhor solubilização, devido à presença da ciclodextrina.

Figura 3 - Amostras de iogurte e bebidas formuladas à partir da inserção do extrato bruto e complexado de pimentão amarelo.



A: Iogurte adicionado de extrato bruto; **D:** Iogurte Adicionado de extrato complexado; **B:** Bebida isotônica alcóolica adicionada de extrato bruto; **E:** Bebida isotônica alcóolica adicionada de extrato complexado; **C:** Bebida isotônica adicionada de extrato bruto; **F:** Bebida isotônica adicionada de extrato complexado.

Fonte: Acervo pessoal.

Na indústria de alimentos, existe um grande avanço na interface tecnológica na substituição de corantes artificiais por pigmentos naturais, devido aos efeitos potencialmente prejudiciais à saúde, atrelado à alguns corantes artificiais, como já citado.

A Organização Mundial de Saúde (OMS), destaca que grande parcela da população apresenta reações adversas a corantes artificiais, tais como o amarelo de tartrazina quando ingerido antes de 1 ano de idade. Aqui no Brasil, este corante ainda é

abundantemente utilizado no desenvolvimento e coloração de produtos alimentícios, visando agregar valor sensorial (VERAS et al., 2021).

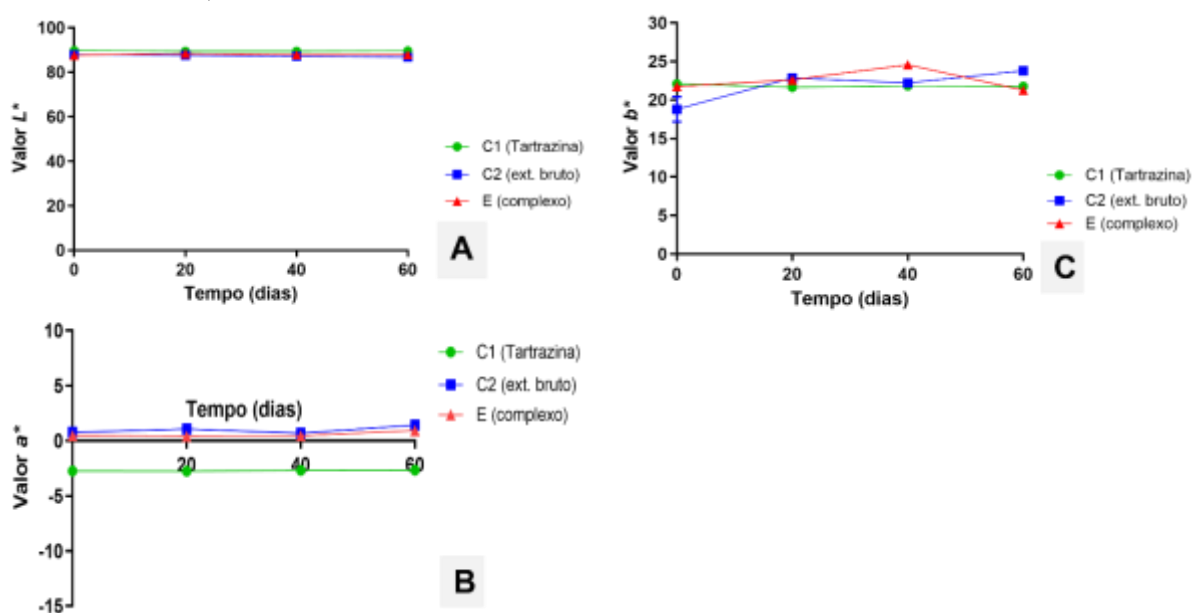
Rodriguez-Amaya *et al.* (2016) expõe que, diante deste cenário, o mercado tem sido motivado a colorir os alimentos com a utilização de pigmentos de origem vegetal que, apesar de ser mais difíceis de manipular e, também serem mais caros de se obter, são mais seguros do ponto de vista de saúde pública, além de apresentarem propriedades potencialmente funcionais ao organismo humano.

Entretanto, o grande desafio encontrado para a adição destes pigmentos naturais, tais como os carotenoides do pimentão amarelo, obtido mediante extração, em produtos alimentícios, é a questão da solubilidade na matriz e, a sua estabilidade frente a fatores envolvidos no processamento e armazenamento. Sendo assim, vislumbrando minimizar esses impasses, aponta-se que a complexação aumentou o potencial de aplicação desses pigmentos nos alimentos testados, pois quando solubilizados conseguiram simular a coloração atrelada a produtos já consagrados no mercado.

Avaliação da estabilidade da cor das amostras de iogurte durante 60 dias

A Figura 4 apresenta a variação gráfica dos parâmetros colorimétricos (L^* , a^* e b^*) medidos nas amostras de Iogurte Natural, formulados com a inserção dos pigmentos: Tartrazina; Extrato bruto e extrato complexado na ciclodextrina.

Figura 4 - Variação dos índices colorimétricos de iogurtes adicionados de extrato vegetal (complexado e bruto) e corante sintético avaliados durante 60 dias.



C1: Amostra controle 1 – adicionada de corante sintético Amarelo Tartrazina; **C2:** Amostra controle 2 – adicionada de extrato bruto de carotenóides extraído do pimentão amarelo; **E:** Amostra experimental – adicionada de extrato complexado de carotenóides extraído do pimentão amarelo. (A) Variação aferida do índice L^* ; (B) Variação aferida do índice a^* e (C) variação aferida do índice b^* . média \pm desvio-padrão.

Fonte: Autores, 2023.

Verifica-se que o índice L^* (Figura 4 – A) obtido tanto para as amostras controle (C1 e C2), como para a experimental (E) não variou ao longo do experimento (período de 60 dias). Para a amostra experimental (extrato complexado) foi detectada diferença ao nível de significância de 5%, somente entre o tempo zero e vinte dias de armazenamento, indicando que a coloração se tornou mais clara, muito embora os dados plotados no gráfico pareçam ser da mesma dimensão. A média do índice L^* determinada no dia 0 foi 87,74, enquanto no tempo 20 foi de 87,97 para a amostra E (complexada). Logo, mesmo havendo diferença significativa entre estes valores, estatisticamente falando, acredita-se que esta diferença seja muito pequena para designar diferença real no grau de claro e escuro do iogurte experimental nos diferentes tempos analisados. Além disso, os valores do desvio-padrão em cada tempo foram muito baixos, ao ponto de não serem percebidos visualmente no gráfico.

Já para o chroma a^* , nota-se que ao longo do estudo, a amostra adicionada de extrato bruto (não complexado), não apresentou qualquer variação ao longo dos primeiros quarenta dias, porém foi detectada diferença significativa ($p < 0,05$) entre o tempo zero (0,76) e sessenta dias (1,42), demonstrando que o componente de percepção sensorial tendencioso ao espectro vermelho sofreu alteração. Este dado é reforçado pelos resultados obtidos em relação ao índice L^* , o qual detectou um escurecimento desta amostra, ou seja, refletindo que houve uma intensificação de um dos componentes (vermelho ou amarelo).

O índice b^* reflete o comportamento do componente amarelo da cor do iogurte, onde verificou-se que a amostra C2 (extrato bruto/ não complexado), apresentou diferença de cor significativa, entre o tempo 0 e 60 dias, indicando um aumento na intensidade da cor amarela no iogurte, subsidiando a afirmativa de que a intensificação das colorações vermelha e amarela, representadas pelos índices a^* e b^* , respectivamente, foram detectadas de forma sensível e expressas pela variação do índice L^* , o qual apontou um escurecimento da amostra C2.

No iogurte experimental (adicionado de extrato complexado) foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tempos 0 e 40 dias, estabilizando no último

tempo analisado. As médias dos valores do índice b^* obtidas para a amostra em cada tempo avaliado, demonstraram que a mesma sofreu mais alterações, quando comparada a amostra C2, indicando que o aumento da cor amarela foi sempre maior na amostra C2. Assim como foi observado para o índice a^* , o aumento da solubilidade do extrato bruto na matriz do produto ao longo do tempo colaborou para o aumento na intensidade da cor amarela do iogurte, sendo favorecida provavelmente pela presença de gordura no produto.

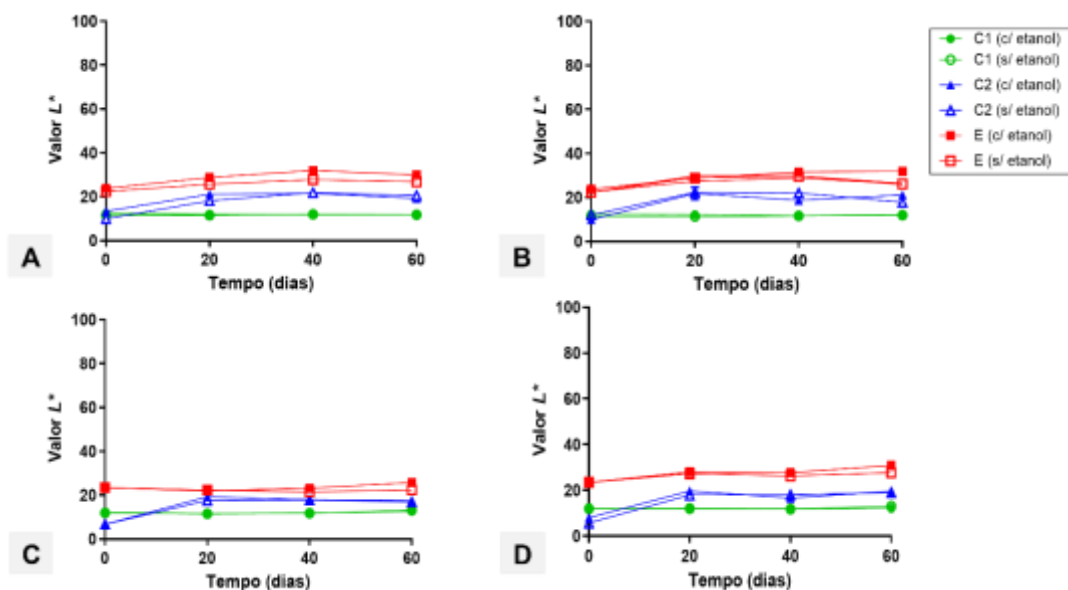
Em linhas gerais, pode-se destacar que ao longo do tempo estudado foi observada uma melhora significativa na solubilização dos extratos no iogurte, tornando a coloração visual perceptível mais homogênea, comparada a mesma amostra, no tempo zero (Figura 3 - D). Isto pode ter ocorrido por influência do teor de gordura presente no leite (base) e no iogurte natural (inóculo) utilizados para produzir o iogurte natural final, uma vez que a natureza dos carotenoides é lipossolúvel.

Dado os resultados, sugere-se que o iogurte adicionado de pigmentos oriundos do pimentão amarelo, complexados em β -ciclodextrina, apresentou boa estabilidade de cor durante os sessenta dias de estudo, destacando-se quando comparado as amostras controle, apresentando ainda índices colorimétricos similares a produtos industrializados, já comumente encontrados no mercado de lácteos.

Avaliação da estabilidade da cor das amostras de bebidas durante 60 dias

Já para as bebidas, a Figura 5 apresenta a variação gráfica do parâmetro colorimétrico L^* medido nas amostras de bebidas formuladas com a inserção dos pigmentos: Tartrazina (C1); Extrato bruto de pimentão amarelo/ não complexado (C2) e extrato bruto complexado na ciclodextrina (E) em pHs 3,0 e 7,0 armazenadas a temperatura ambiente em presença e ausência de luz pelos mesmos 60 dias.

Figura 5 - Variação dos índices L^* aferidos em bebidas alcóolicas e não alcóolicas, em pHs 3 e 7 adicionados de extrato vegetal (complexado e bruto) e corante sintético avaliados durante 60 dias, sob a presença e ausência de luz.



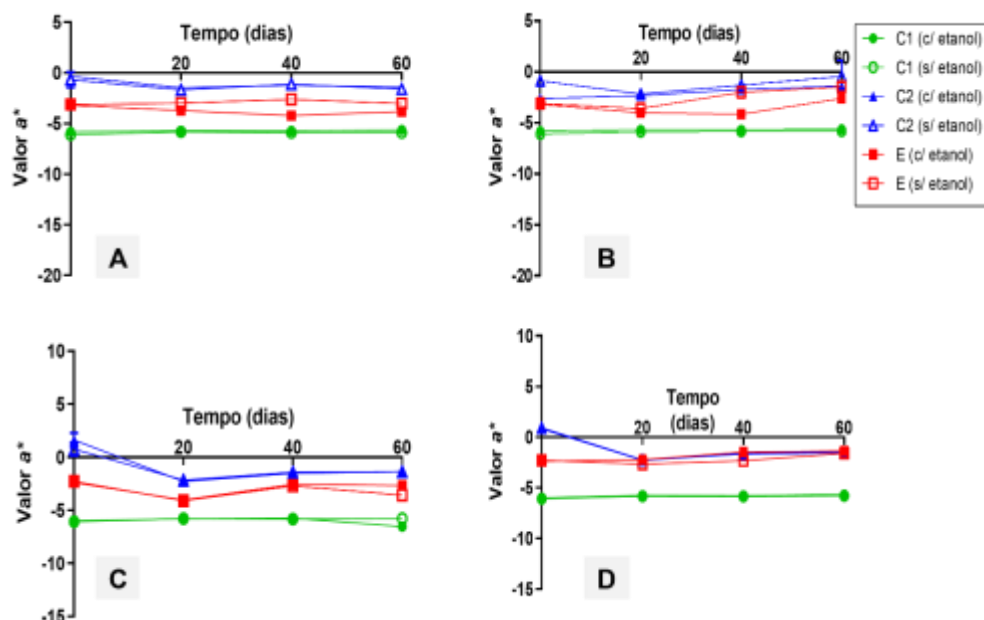
(A) Amostras em pH 3, armazenadas por 60 dias na presença de luz; (B) Amostras em pH 3, armazenadas por 60 dias na ausência de luz; (C) Amostras em pH 7, armazenadas por 60 dias na presença de luz; (D) Amostras em pH 7, armazenadas por 60 dias na ausência de luz; média \pm desvio-padrão.

Fonte: Autores, 2023.

Verifica-se que visualmente, tanto a condição submetida à irradiância de 1400 lx (A), quanto em ausência de luz (B), as amostras de bebidas quando em pH 3,0, adicionadas de extrato complexado (experimental) apresentaram maior estabilidade, quando comparadas as adicionadas de extrato bruto/não complexado. Nas duas condições, a análise de variância apontou diferença significativa ($p < 0,001$) entre o tempo zero e os demais tempos estudados para as amostras C2 (extrato bruto) e E, mostrando que ambas se tornaram mais claras. Enquanto que para o grupo controle adicionado de tartrazina, não houve diferença significativa entre os tempos 0 e os demais tempos estudados ($p > 0,05$) em ausência e presença de luz, indicando um comportamento estável da cor. Já em pH 7,0 (Figura 5 - C e D) nas duas condições avaliadas, observou-se que houve diferença significativa ($p < 0,001$) para todas as bebidas quando comparada ao controle (C2) entre o tempo zero e os demais avaliados. Já para as amostras experimentais alcóolicas, foi detectada diferença significativa ($p < 0,01$) entre o tempo zero e os demais estudados, no mesmo grupo. Ademais, verifica-se que a cor das bebidas adicionadas de tartrazina (C1) apresentou-se estável ($p > 0,05$) ao longo dos sessenta dias de estudo.

Os resultados para o índice a^* das amostras estudadas em pH 3 e 7, para ambas as condições adotadas, são apresentadas na Figura 6.

Figura 6 - Variação dos índices a^* aferidos em bebidas alcóolicas e não alcóolicas, em pHs 3 e 7 adicionados de extrato vegetal (complexado e bruto) e corante sintético avaliados durante 60 dias, sob a presença e ausência de luz.



(A) Amostras em pH 3, armazenadas por 60 dias na presença de luz; (B) Amostras em pH 3, armazenadas por 60 dias na ausência de luz; (C) Amostras em pH 7, armazenadas por 60 dias na presença de luz; (D) Amostras em pH 7, armazenadas por 60 dias na ausência de luz; média \pm desvio-padrão.

Fonte: Autores, 2023.

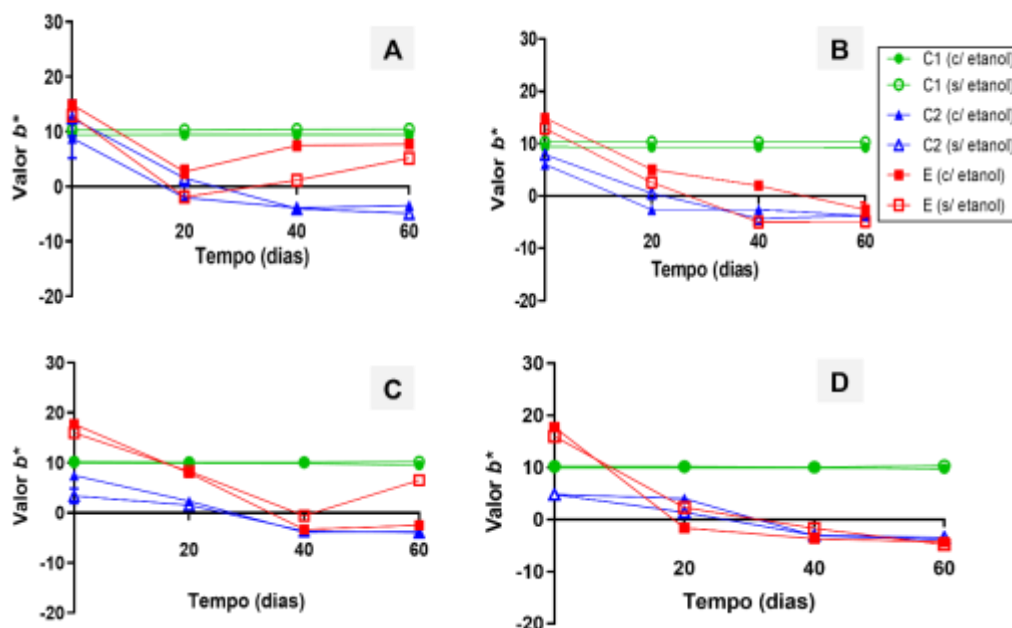
Verifica-se que, as amostras C2 e E em pH 3,0 e protegidas da luz (B), apresentaram maiores alterações a partir do vigésimo dia estudado. Nesta condição só não houve diferença estatística ($p > 0,05$) para a amostra controle de bebida alcoólica entre os tempos 0 e 20 dias. Relaciona-se o fato de não haver resultados mais significativos na condição em ausência de luz, em relação ao claro, ao frasco escolhido para o armazenamento das amostras, já que os potes brancos utilizados para simular o escuro, apresentam um espaço cabeça maior quando comparados ao existente nos tubos de vidro utilizados na condição claro. Consequentemente, isto pode ter influenciado a concentração de oxigênio em contato com a amostra, promovendo assim uma degradação dos pigmentos de forma mais rápida, o que foi sensível ao colorímetro. Já o grupo C1, visualmente, não mostrou alteração ao longo dos sessenta dias, mas a análise de variância mostrou haver diferença significativa ($p < 0,05$) no isotônico entre os tempos 0 e os demais avaliados nas duas condições avaliadas, e ainda, entre 0 e 60 dias para a amostra alcoólica

no escuro (B) ($p < 0,05$), embora os dados plotados no gráfico pareçam ser da mesma dimensão. Sendo assim, cria-se a hipótese de que esta alteração não foi suficiente para alterar a cor original das amostras, já que a tartrazina é um corante sintético, que apresenta grande estabilidade em produtos industrializados.

Já em pH 7,0 na condição sob influência de luz (C), verifica-se diferença significativa para todas as amostras testadas entre o tempo 0 e os demais, mesmo que visualmente no gráfico isto não tenha sido observado nas amostras de isotônico do grupo C1 (tartrazina). Na segunda condição (D) observa-se um comportamento estável das bebidas E e C1, entretanto, não se verifica alteração significativa ($p > 0,05$) para a bebida isotônica E entre os tempos 0 e 40 dias. Assim como observado em outras condições, acredita-se que esta alteração não foi suficiente para proporcionar grandes alterações no componente verde da cor original das amostras experimentais e C1 armazenadas no escuro. A alteração na cor das amostras adicionadas de extrato bruto ocorreu de forma mais intensa, já que estas, no tempo zero, apresentavam valores positivos para o índice a^* , indicando a presença da cor vermelha, que foi perdida nos primeiros vinte dias estudados (C e D).

Para o índice b^* , verifica-se que as amostras C2 e E submetidas às condições de claro e escuro, apresentaram uma redução significativa nos valores ao longo dos sessenta dias de estudo em pH 3 (Figura 7 – A e B respectivamente), entretanto, o componente amarelo da cor da bebida alcoólica experimental na condição claro comportou-se melhor, já que a perda de cor ocorrida nos primeiros vinte dias foi recuperada e estabilizada nos últimos vinte dias de análise. A bebida isotônica experimental também apresentou um melhor comportamento comparado aos controles, pois sofreu grande perda da cor amarela aos vinte dias, recuperando-se a partir de quarenta dias de estudo. Essa recuperação da coloração perdida, principalmente no tempo 20 dias, não foi observada pelas amostras adicionadas de extrato bruto na condição claro e escuro, e nem pelas amostras que receberam adição de complexo e foram armazenadas no escuro, havendo perda total da cor amarela original. Como já foi mencionado, o frasco utilizado para armazenar as amostras no escuro dificultou a obtenção de melhores resultados nesta condição, devido ao maior tamanho da coluna de ar, retendo uma maior concentração de oxigênio. Isso associado ao pH ácido, pode ter intensificado a degradação dos pigmentos complexados (experimental) e não complexados (controle).

Figura 7 - Variação dos índices b^* aferidos em bebidas alcóolicas e não alcóolicas, em pHs 3 e 7 adicionados de extrato vegetal (complexado e bruto) e corante sintético avaliados durante 60 dias, sob a presença e ausência de luz.



(A) Amostras em pH 3, armazenadas por 60 dias na presença de luz; (B) Amostras em pH 3, armazenadas por 60 dias na ausência de luz; (C) Amostras em pH 7, armazenadas por 60 dias na presença de luz; (D) Amostras em pH 7, armazenadas por 60 dias na presença de luz; média \pm desvio-padrão.

Fonte: Autores, 2023.

Em pH 7,0 na condição sob influência de luz (C), observa-se diferença significativa para todas as amostras testadas entre o tempo 0 e os demais, mesmo que visualmente no gráfico isto não tenha sido observado nas amostras de isotônico do grupo controle 1 (tartrazina). A alteração na cor das amostras adicionadas de extrato bruto ocorreu de forma mais intensa, já que estas, no tempo zero, apresentavam valores positivos para o índice.

Destaca-se que o complexo obtido e aplicado aos modelos de bebidas foi testado contra um maior número de fatores, sendo eles a temperatura ambiente, pH ácido, luz, oxigênio, agindo ao mesmo tempo. Entretanto, podemos destacar que as amostras experimentais em pH 7,0 comportaram-se de forma mais estável que as amostras em pH 3,0, já que os carotenóides, presentes em maior quantidade no extrato do pimentão amarelo, são muito sensíveis ao pH ácido. Ficou nítido que a complexação promoveu a completa solubilização dos pigmentos nas bebidas, gerando produtos similares aos industrializados, o que não é alcançado com a aplicação do extrato puro, evidenciando então que a aplicação deste tipo de processo, torna-se uma oportunidade industrial de

aplicação de pigmentos naturais na formulação alimentícia.

Ademais, aponta-se o fato de que este estudo evidenciou a importância de padronizar as embalagens a serem utilizadas nos testes de estabilidade, já que influenciaram nos resultados finais concluindo que as amostras sob irradiação de luz apresentaram melhores valores comparados às amostras em ausência de luz, devido ao maior espaço cabeça presente nos frascos onde as bebidas foram acondicionadas.

CONCLUSÃO

Portanto, conclui-se que a complexação do extrato oriundo do pimentão amarelo em β -ciclodextrina apresentou melhores resultados quando comparado ao extrato bruto, uma vez aplicado na formulação alimentícia. A complexação promoveu a completa solubilização do extrato, o que não foi alcançado na aplicação do mesmo na forma pura. O experimento de avaliação da estabilidade da cor demonstrou que o complexo apresentou maior retenção dos parâmetros avaliados comparado ao extrato quando submetido a condições que simulam o processamento de alimentos a partir da variação de pH, tempo e temperatura em um longo período, tornando-se mais similar, do ponto de vista de preservação e comportamento, com o corante sintético comumente utilizado.

Cabe ainda ressaltar que a metodologia precisa ser mais explorada e aprimorada, buscando uma alternativa para obter de fato um complexo pela técnica de inclusão molecular, que garanta um bom rendimento de inclusão, refletindo em boa estabilidade da cor em produtos alimentícios, por um longo período de tempo, resistindo à ação dos fatores envolvidos no processamento e armazenamento. É preciso buscar a melhor forma de obter o complexo e, o material de parede ideal, seja ele a ciclodextrina, já que existem inúmeras, sendo necessário testá-las para avaliar a ideal para encapsular pigmentos, como os carotenóides.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. M. **Química de Alimentos**. Teoria e Prática. Viçosa, MG: UFV, 1995, 335 p.

ARBALLO, J.; AMENGUAL, J.; ERDMAN, J. W. Lycopene: A critical review of digestion, absorption, metabolism, and excretion. **Antioxidants**, v. 10, n. 3, p. 1–16, 2021.

CARDOSO, C. E. F.; LOBO, F. A. T. F. Study of the process of obtaining red beet pulp (*Beta vulgaris* L.) in powder by the foam mat drying method for application in foods in order to replace synthetic food dyes. **Revista da Associação Brasileira de Nutrição – RASBRAN**, v. 12, n. 1, p. 131-52, 2021.

- CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Natural food additives: Quo vadis?. **Trends in Food Science & Technology**, v. 45, n. 2, p. 284-295, 2015.
- CORTEZ, R., LUNA-VITAL, D.A., MARGULIS, D., & MEJIA, E. G. Natural Pigments: Stabilization Methods of Anthocyanins for Food Applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 16. ed. p.180–198, 2017.
- CUNHA, J. S.; PACHECO, A. F. C.; PACHECO, F. C.; PAIVA, P. H. C.; JÚNIOR, B. R. C. L. Microencapsulação de compostos bioativos em alimentos: desafios e potencialidades. *In: Pesquisas e atualizações em ciência dos alimentos*, Agron Food Academy, 2022, cap. 8, p. 77 – 83.
- FREITAS, I. V. **Avaliação do consumo de corantes alimentares vermelhos por lactentes e crianças em idade pré-escolar**. 2014. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Alimentos), Departamento de alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.
- GENTILE, M. A. D.; MEDICI, L. O.; SOUZA, E. F. F. S.; CARVALHO, D. F. Produção de pimentão orgânico utilizando biomassa vegetal não-compostada como substrato. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA*, 11., 2020, São Cristóvão. **Cadernos Agroecologia**, v. 15, n. 2, p. 134-234, 2020.
- GOMES, L. M. M. **Inclusão de carotenoides de pimentão vermelho em ciclodextrinas e avaliação da sua estabilidade, visando aplicação em alimentos**. 2012. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas a Produtos para Saúde) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.
- LOBO, F. A. T. F. **Desidratação de polpa de manga da variedade Tommy Atkins por Foam Mat Drying, visando à retenção de compostos bioativos e à formulação de alimentos com apelo de funcionais**. 158 f. 158 p. Tese (Doutorado em Ciências Aplicadas a Produtos para Saúde) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.
- MOUNIEN, L.; TOURNIAIRE, F.; LANDRIER, J.-F. Nutrients Adipose Tissue and Adipose Tissue-Driven. **Nutrients**, v. 11, p. 1–14, 2019.
- PASSOS, A. L. P.; NETO, D. P. C.; LEMOS, I. Emprego de corantes, flavorizantes e adoçantes como agentes sensoriais. *In: Aditivos em alimentos*. Monte Carmelo, MG, Editora FUCAMP, 2013, cap. 4, p. 78 – 96.
- POLÔNIO, M. L. T.; PERES, F. Consumo de aditivos alimentares e efeitos à saúde: desafios para a saúde pública brasileira. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, n.8, p. 1653 – 66, 2009.
- QUEIROZ, M. B.; NABESHIMA, E. H. Naturalidade e Autenticidade. *In: Brasil Bakery & Confectionery Trends 2020*. Campinas: ITAL, 2014, cap. 8, p. 158 – 195.
- RAMESH, M.; MUTHURAMAN, A. Flavoring and coloring agents: health risks and potential problems. *In: Natural and artificial flavoring agents and food dyes*. São Paulo: Academic Press, 2018. p. 1-28.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Natural food pigments and colorants. **Current Opinion in Food Science**, v. 7, p. 20-26, 2016.
- SILVA, P. da; OLIVEIRA, A. C. da; ALVES, N. F.; SILVA, V. L. da.; SILVA, T. L. da. Uso de substratos alternativos na produção de mudas de pimenta e pimentão. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 3, p.104115, 2019.
- SOUZA, R. M. **Corantes naturais alimentícios e seus benefícios à saúde**. 2012. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia – Obtenção do grau de Bacharel em Farmácia) – Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro, 2012.
- VERAS, F. E. L.; FÉ, F. S. M.; NUNES, I. S. G.; COSTA, I. M.; MOURA, W. C.; MARQUES, R. B. Intoxicação com aditivos alimentares. **Revinter**, v. 14, n. 1, p. 5-10, 2021.

VERTZONI, M.; KARTEZINI, T.; REPPAS, C.; ARCHONTAKI, H.; VALSAMI, G. Solubilization and quantification of lycopene in aqueous media in the form of cyclodextrin binary systems. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 309, p. 115–122, 2006.

ZANELLA, W. C. **Efeito da temperatura e do pH na estabilidade de corantes naturais utilizados em alimentos**. 2014. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2014.