

**DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL COM  
ARAÇÁ-BOI PARA QUEIJO DE CURTO TEMPO DE MATURAÇÃO**

**SELMA GARCIA HOLTZ**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
MAIO – 2021**

# DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL COM ARAÇÁ-BOI PARA QUEIJO DE CURTO TEMPO DE MATURAÇÃO

**SELMA GARCIA HOLTZ**

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para obtenção do  
título de Doutor em Produção Vegetal”

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Daniela Barros de Oliveira

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
MAIO – 2021

### FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

H758

Holtz, Selma Garcia.

Desenvolvimento de revestimento comestível com araçá-boi para queijo de curto tempo de maturação / Selma Garcia Holtz. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

158 f.

Inclui bibliografia.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2021.

Orientadora: Daniela Barros de Oliveira.

1. *Eugenia stipitata* McVaugh. 2. Revestimento comestível. 3. Atividade antioxidante. 4. Queijo minas padrão. 5. Análise multivariada. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

# DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL COM ARAÇÁ-BOI PARA QUEIJO DE CURTO TEMPO DE MATURAÇÃO

**SELMA GARCIA HOLTZ**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para obtenção do  
título de Doutor em Produção Vegetal

Aprovada em 31 de maio de 2021

Comissão Examinadora

---

Prof. Luís Fernando Dias Ferreira (D.Sc. Ciência e Tecnologia Alimentos) – IFES

---

Prof. Fábio da Costa Henry (D.Sc., Medicina Veterinária) – UENF

---

Prof<sup>a</sup>. Luana Pereira de Moraes (D.Sc., Engenharia de Alimentos) – UENF

---

Prof<sup>a</sup>. Daniela Barros de Oliveira (D.Sc., Ciências) – UENF  
(Orientador)

A Deus;  
A meus pais (*in memorian*);  
A meu marido Anderson, a meus filhos Filipe, André e Lucas e a minhas filhas do  
coração Marília e Ana Beatriz;  
A meus irmãos Sônia, Gilmar (*in memorian*), Geronias e Sueli.

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao LTA, pela oportunidade de realização deste curso;

Ao IFES e ao Campus Itapina, pela oportunidade de obter esta capacitação e pelo apoio técnico e operacional em cada etapa deste curso;

A Coordenadoria de Capacitação de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro durante a execução do Projeto de Tese;

A Universidade Federal do Espírito Santo – Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, pelo acesso aos Laboratórios de Tecnologia de Alimentos e de Operações Unitárias para execução de parte dos experimentos;

À minha Orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Daniela Barros de Oliveira, pelo aconselhamento, encorajamento e pela amizade;

Aos colegas do Campus Itapina, Maria Teresa, Renata, Irany, Fernanda Chaves, Patrícia Soares, Stella, Cecília Sandra, Marta Cristina, João Marcos, Claudio Valbuza, Rogério Caliari, Thiago Stelzer e Petterson, pelas contribuições valiosas e pela ministração de minhas disciplinas durante o afastamento;

Ao amigo Dr. José Romário, pela contribuição nas análises estatísticas;

Aos servidores da Agroindústria, José Alencar (Kikito), Maria do Carmo (Carminha), Sr. Elias, Cleidemar e Adelia, pelo apoio técnico nos experimentos;

Aos meus ex-alunos, Ana Beatriz, Ediney e Mylena pelo apoio em algumas etapas de execução do Projeto de Tese.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	V
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Revestimentos comestíveis .....	4
2.2. Araçá-boi: origem, características, cultivo no Brasil, composição química e propriedades funcionais .....	8
2.3. Potencial de uso do araçá-boi como base para revestimento comestível.....	12
2.4. Revestimentos comestíveis em queijos .....	13
2.5. A escolha do queijo para a proposta deste trabalho .....	15
3. TRABALHOS .....	17
3.1. Efeito do tratamento térmico sobre características físico-químicas, parâmetros de cor e perfil de textura do suco de araçá-boi visando sua aplicação tecnológica .....	17
3.2. Elaboração e caracterização de revestimento comestível a partir de araçá-boi visando sua utilização em queijo .....	44
3.3. Aplicação de revestimento comestível a base de araçá-boi em queijo Minas Padrão .....	76
4. RESUMO E CONCLUSÕES .....	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	132

## RESUMO

HOLTZ, Selma Garcia; D.Sc.; Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Maio de 2021. Desenvolvimento de revestimento comestível com araçá-boi para queijo de curto tempo de maturação. Orientador: Daniela Barros de Oliveira.

O araçá-boi, fruto amazônico pouco explorado comercialmente no Brasil, é utilizado em sucos, geleias, sorvetes e outros produtos. Pela elevada acidez é pouco consumido *in natura*, levando à busca de novas oportunidades de uso em tecnologia de alimentos. Na conservação de alimentos, revestimentos comestíveis são desenvolvidos a partir de polímeros naturais cuja aplicação é estudada em frutas, carne, frango, peixes e queijos. O queijo Minas Padrão, é um dos queijos mais conhecidos e consumidos no país. Porém revestimentos comestíveis sobre este queijo ainda são pouco estudados. Visando a inovação, o uso de componentes bioativos naturais para revestimentos comestíveis e o estudo de novos usos para o araçá-boi, realizaram-se três experimentos para avaliar o potencial do suco de araçá-boi no desenvolvimento de revestimento comestível para utilização sobre queijo de curto tempo de maturação. Primeiramente, avaliou-se o efeito do tratamento térmico sobre o suco de araçá-boi, visando sua aplicação tecnológica. Suco obtido da polpa do fruto foi aquecido em diferentes tempos, avaliando-se as características físico-químicas, parâmetros de cor e de textura. Pela Análise de Regressão, em nível de probabilidade de 5%, observou-



se elevação da acidez titulável, sólidos solúveis, compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides e pectinas totais. A  $A_w$  e umidade diminuíram. A atividade antioxidante alcançou valor máximo no tempo estimado em 46 minutos. Concluiu-se que o aquecimento do suco incrementou as características do suco de araçá-boi, especialmente a atividade antioxidante. No segundo experimento, elaborou-se revestimento comestível a partir do suco do fruto aquecido por 45 minutos e adicionado de 1% de pectina cítrica. Pelo teste t de Student compararam-se características físico-químicas, parâmetros de cor, perfil de textura e contagem de bolores e leveduras do suco e do revestimento comestível. Houve incremento da acidez titulável, sólidos solúveis, densidade relativa, componentes bioativos, atividade antioxidante e pectina no revestimento, bem como escurecimento não-enzimático e espessamento. Considerou-se que a metodologia utilizada foi adequada para a obtenção de revestimento comestível aplicável a queijos. No terceiro experimento, aplicou-se o revestimento comestível de araçá-boi adicionado de pectina sobre queijos Minas Padrão, em 0, 1, 2 e 3 camadas. Pelo delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo, avaliaram-se as características físico-químicas, parâmetros de cor e perfil de textura dos queijos, nos tempos 0, 7, 14, 21, 28 dias (maturação) e 60 dias (estocagem). Os resultados foram analisados por análise univariada, com a metodologia de superfície de resposta. A análise multivariada foi feita pelas correlações de Pearson, análise de agrupamento e análise de coordenadas principais. O comportamento do queijo Minas Padrão com revestimento comestível de araçá-boi durante a maturação seguiu o padrão de queda do pH e seu subsequente aumento, caracterizando a proteólise típica da maturação de queijos. O revestimento em 3 camadas propiciou maior firmeza, coloração mais intensa e aumento da atividade antioxidante e redução do índice de peróxidos até o final da maturação dos queijos. Considerou-se que os resultados podem servir como referência para se determinar o tempo máximo de maturação do queijo Minas Padrão, o qual não é previsto na atual legislação sobre seus requisitos de qualidade.

**Palavras-chave:** *Eugenia stipitata*; queijo Minas Padrão; atividade antioxidante.

## ABSTRACT

HOLTZ, Selma Garcia; D.Sc.; Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro. May, 2021. Development of edible coating with araçá-boi fruit for short time ripening cheese. Advisor: Daniela Barros de Oliveira.

Araçá-boi, an Amazonian fruit with little commercial exploitation in Brazil, is commonly used for juices, jellies, ice cream, and other products. Due the high acidity its consumption *in natura* is low leading to the search of new opportunities in food technology. In food conservation, edible coatings are developed from natural polymers and they are studied on fruits, meat, poultry, fish and cheeses. Minas Padrão, an originally Brazilian cheese, is one of the more well-known and consumed cheeses into the country. But, studies with edible coatings on this cheese for its preservation are incipient. Thus, aiming the innovation, the use of natural compounds for edible coatings and the study of new uses for araçá-boi fruit, three experiments were carried out for evaluating the araçá-boi juice potencial in the development of edible coating for utilization on short ripening cheese. The first test evaluated the effect of the thermic treatment onto araçá-boi juice, aiming its technological application. Juice from the araçá-boi pulp was boiled in different times, for evaluating physicochemical characteristics, color parameters and texture perfil analysis (TPA). From the Regression Analysis at 5% level of probability, we observed that titratable acidity and bioactive compounds in the araçá-boi juice enhanced,  $A_w$  and moisture reduced and the antioxidante activity

reach maximum value in the estimated time of 46 minutes. We concluded, that juice boiling increased its desirable characteristics, specially the antioxidant activity. In the second experiment, edible coating was prepared from the juice boiling for 45 minutes added of citric pectin 1% (p/p). From the t Sutend test, we compared physicochemical characteristics, color parameters, TPA and moulds and yeasts counting between the juice and araçá-boi edible coating. There was increment of titratable acidity, soluble solids, relative density, bioactive compounds, pectin and antioxidante activity, as well as non-enzimatic browning and thickening in the edible coating. We considered that the used methodology was suitable for obtaining an edible coating applicable to the cheeses. In the third experiment, araçá-boi edible coating added of pectin was applied on Minas Padrão cheeses with 0, 1, 2 and 3 lays. Completely randomized design with over time subdivided plots was used for evaluating physicochemical characteristics, color parameters, TPA and moulds and yeasts on cheeses, at 0, 7, 14, 21 and 28 days (ripening) and at 60 days (storage), and results were analysed by univariate analysis, with the surface response methodology. Multivariate analysis was performed by the Pearson's correlations, cluster analysis and principal coordinate analysis. The behavior of the Minas Padrão cheese along the ripening followed the pattern of pH fall and subsequent increase, characterizing typical ripening proteolysis of cheeses. The edible coating from araçá-boi with three lays led to greater hardness, more intense color, increase of the antioxidant activity and reducing of peroxide index till the end of the cheeses ripening. We concluded that these results can serve as a reference to the determination of the ripening maximum time of Minas Padrão cheese, which is not provided in the today's law about its quality requirements.

**Keywords:** *E. stipitata*; Minas Padrão cheese; antioxidante activity.

## 1. INTRODUÇÃO

O araçazeiro-boi (*E. stipitata* McVaugh), arbusto originário da Amazônia Ocidental, possui cerca de três metros de altura, floresce e frutifica o ano inteiro (Gentil e Clement, 1996). É cultivado no Brasil desde a década de 80 na região da Amazônia (Falcão et al., 1988), chegando mais tarde a outros Estados brasileiros (Sacramento et al., 2008; Celina, 2010; Binda et al., 2011; Fontes et al., 2012; Souza et al., 2012; Arruda et al., 2016; Santos et al., 2017).

O fruto ainda é pouco explorado, sendo sua importância econômica relacionada aos teores de vitamina C, proteínas, carboidratos, fibras e sais minerais (Gentil e Clement, 1996) e aos compostos fenólicos, que atuam como antioxidantes (Vargas et al., 2005; Neri-Numa et al., 2013).

Seu teor elevado de ácidos faz com que seja um fruto pouco consumido na forma *in natura* e, por isso, chama a atenção da indústria para sucos, geleias, sorvetes e néctares (Rogez et al., 2004).

Alguns estudos destacam a atividade antioxidante de alimentos com alto conteúdo de ácidos e de compostos fenólicos e seus benefícios à saúde, como prevenção a doenças degenerativas, câncer, processos de envelhecimento, dentre outros (Aune et al., 2017; Oz e Kafkas, 2017).

Apesar disso, pesquisas com o araçá-boi restringem-se à sua utilização como componente principal ou como matéria-prima para suplementação de produtos alimentícios como polpa congelada (Mejía et al., 2006; Millán et al., 2007), biscoitos, mousses e sobremesas (Hernández et al., 2006; Carrillo et al.,

2009; Sandoval e Garzón, 2009), promoção de flavor em alguns produtos (Fernández-Trujillo et al., 2011) e suplementação de néctar (Baldini et al., 2017).

Assim, considera-se que se de um lado, a elevada acidez do araçá-boi restringe seu consumo *in natura* e seu uso na indústria alimentícia também é restrito, de outro, a mesma acidez, devido ao elevado teor de ácidos orgânicos, bem como a presença de compostos bioativos que lhe conferem atividade antioxidante podem favorecer a preservação de outros produtos alimentícios.

Uma das tecnologias utilizadas na preservação de alimentos, prevenindo a perda de umidade, a deterioração por micro-organismos, bem como adicionando componentes antioxidantes, é a aplicação de revestimentos comestíveis, por exemplo, sobre frutas, carnes, pescados e queijos. Tais revestimentos são elaborados a partir de uma matriz polimérica (polissacarídeos, proteínas e lipídios), aplicada sobre a superfície desses alimentos, preservando-os e podendo conter ativos naturais para melhorar sua qualidade e promover a saúde do consumidor (Alkan e Yemenicioglu, 2016; Aguirre-Joya et al., 2018).

Sobre a superfície de queijos, alguns revestimentos comestíveis adicionados ou não de substâncias antimicrobianas ou antioxidantes têm contribuído para evitar oxidação de gorduras, perda de massa e crescimento de micro-organismos deterioradores (Cerqueira et al., 2009).

Neste sentido, uma vez que é natural a presença de componentes antioxidantes no araçá-boi, e considerando-se o apelo à inovação e à busca de alimentos cada vez mais naturais, é relevante o estudo sobre o potencial deste para uso como base para o desenvolvimento de revestimento comestível, visando sua aplicação sobre queijos a fim de conferir propriedades funcionais e a preservação desses produtos.

Assim, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar o potencial do suco de araçá-boi no desenvolvimento de revestimento comestível para utilização sobre queijo de curto tempo de maturação.

Como objetivos específicos, pretendeu-se:

- Avaliar o efeito do tratamento térmico sobre as características físico-químicas, os parâmetros de cor e o perfil de textura do suco de araçá-boi;
- Desenvolver revestimento comestível a partir do suco de araçá-boi para uso em queijo de curto tempo de maturação;

- Comparar as características físico-químicas, parâmetros de cor, perfil de textura e contagem de bolores e leveduras do revestimento comestível de araçá-boi e do suco deste fruto;

- Avaliar o efeito do revestimento comestível de araçá-boi sobre a contagem de bolores e leveduras, as características físico-químicas, os parâmetros de cor e o perfil de textura, durante a maturação e a estocagem do queijo Minas Padrão.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Revestimentos comestíveis

É reconhecido o uso de filmes e revestimentos comestíveis como uma fonte saudável de proteção para vários tipos de alimentos, por serem elaborados a partir de vários tipos de substâncias que ocorrem naturalmente, de baixo custo e renováveis ou biodegradáveis. Além disso, filmes e revestimentos comestíveis são bons carreadores de nutrientes essenciais que acabam por ser consumidos junto aos alimentos (Hassan et al., 2018).

Embora os termos “filme” e “revestimento” sejam algumas vezes usados como sinônimos, eles representam diferentes conceitos.

Os filmes são usualmente definidos como uma fina camada de material que pode ser usada tanto para cobrir como para encapar produtos alimentícios, enquanto os revestimentos são diretamente formados sobre a superfície do alimento que irão proteger (Gennadios, 2002).

Os revestimentos comestíveis consistem em um material de cobertura aplicado ao alimento para melhorar a aparência e servir de barreira para a transmissão de gases, migração de umidade, oxigênio, dióxido de carbono e aromas. Podem, ainda, retardar a maturação e prolongar a vida útil e a qualidade dos alimentos, além de ajudar a preservar as características sensoriais como sabor e aroma em vários produtos, prevenir a rancidez oxidativa, manter

pigmentos e atuar como agente antimicrobiano (Aguirre-Joya et al., 2018; Ulusoy et al., 2018; Yemenicioglu, 2018).

O revestimento comestível é uma solução que forma uma película sobre a superfície do alimento, podendo ser aplicada de três formas: (1) imersão do alimento dentro da solução que forma o revestimento, (2) aspersão da solução do revestimento sobre a superfície do alimento ou (3) pincelagem da solução do revestimento sobre a superfície do alimento (Alkan e Yemenicioglu, 2016).

A aplicação do revestimento comestível por imersão tem sido mais aceita para frutas e vegetais (Dhanapal et al., 2012). A aspersão geralmente é usada se somente um dos lados do produto tiver que ser recoberto ou se uma fina camada de revestimento for suficiente (Isik et al., 2013). A pincelagem é indicada para morangos e sementes, e promove maior redução na perda de umidade do que a imersão e a aspersão (Ayranci e Tunç, 1997; Ulusoy et al., 2018).

A camada sobre a superfície do alimento se estabelece, principalmente, pela formação de ligações cruzadas, como, por exemplo, as pontes de hidrogênio e a complexação da pectina com o cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) (Lindstrom et al., 1992; Yemenicioglu, 2018). Isto pode ser uma vantagem no que diz respeito à elaboração de revestimento comestível à base de araçá-boi (*E. stipitata* McVaugh) no qual, a pectina está presente (Filgueiras et al., 2002), bem como à sua aplicação sobre queijos nos quais o cloreto de cálcio é utilizado como aditivo com função de agente de firmeza (Brasil, 1997; Costa et al., 2019).

Revestimentos e filmes comestíveis são estruturados por biopolímeros como polissacarídeos, proteínas e lipídios ou por uma combinação desses materiais (Espitia et al., 2014; Guimarães et al., 2018). Seu desempenho depende do material-base utilizado e de suas principais características, tais como: solubilidade, densidade, viscosidade e tensão superficial (Costa et al., 2018).

Polímeros usados em revestimentos comestíveis incluem: (1) Polissacarídeos: de origem animal (quitosana e quitina); de origem vegetal (celulose e seus derivados, amido, goma arábica, pectina); de origem marinha (alginato, carragenana) ou de origem microbiana (gelana, goma xantana); (2) Lipídios: óleos e gorduras (triglicerídeos animais e vegetais), óleos essenciais (contêm terpenos, terpenoides e compostos aromáticos), ceras (de origem animal ou vegetal), resinas (de plantas ou insetos), plasticizantes (glicerol e polissorbato) ou emulsificantes (lecitinas de ovos ou de soja); (3) Proteínas:



caseinato, colágeno, gelatina, proteínas de peixe, do soro e de soja (Suput et al.; 2015; Aguirre-Joya et al., 2018; Yemenicioglu, 2018; Santos et al., 2020).

A escolha do tipo de revestimento depende do alimento que será revestido e da ação que se espera do revestimento. Por exemplo, em frutas e hortaliças é necessário limitar a perda de água e, conseqüentemente, murchamento e perda de massa. Em produtos sensíveis à oxidação, a baixa permeabilidade ao oxigênio é necessária (Ali et al., 2010; Barbosa-Pereira et al., 2014; Realini e Marcos, 2014; Yemenicioglu; 2016; Aguirre-Joya et al., 2018).

Como regra geral, proteínas são usadas para conferir resistência mecânica aos revestimentos e filmes comestíveis, lipídios são utilizados para reduzir a perda de água e polissacarídeos são utilizados para controlar a passagem de oxigênio e outros gases (Kapetanakou et al., 2014; Suput et al., 2015; Guimarães et al., 2018).

Os polissacarídeos são carboidratos que, apesar de possuírem monômeros mais simples do que os das proteínas, apresentam estrutura mais complexa resultando em moléculas de maior peso molecular. A maioria dos carboidratos possui carga elétrica neutra. Porém, algumas gomas são carregadas negativamente e, em alguns casos raros, apresentam carga positiva. Devido ao grande número de grupos hidroxila ou aos grupos hidrofílicos na estrutura dos carboidratos neutros, pontes de hidrogênio desempenham o mais importante papel na formação e nas características de filmes e revestimentos comestíveis. Algumas gomas carregadas negativamente como alginato, carboximetilcelulose e pectina apresentam propriedades reológicas significativamente diferentes na presença de ácidos, quando comparadas às condições alcalinas, e também na presença de cátions multivalentes (Han, 2014).

As pectinas são carboidratos coloidais, brancos e amorfos de alto peso molecular, constituindo um complexo grupo cujo principal constituinte é o ácido D-galacturônico. Elas são componentes estruturais da parede celular de vegetais e também agem como substâncias ligantes. Em condições de acidez e aquecimento, as pectinas formam géis e esta propriedade as torna um aditivo importante em geleias e confeitos, bem como em filmes e revestimentos comestíveis (Han, 2014; Valdés et al., 2015).

Revestimentos comestíveis nos quais são incorporados hidrocoloides resultam em revestimentos com melhor funcionalidade do que aqueles produzidos

com apenas um componente, especialmente no que se refere às propriedades de barreira ao vapor de água. Alimentos como frutas e vegetais, carnes, produtos de panificação bem como os queijos têm alcançado bons resultados de conservação com esse tipo de revestimento (Galus e Kadzińska, 2015).

Os filmes e revestimentos comestíveis também oferecem a possibilidade de incorporar diferentes substâncias funcionais tais como os nutracêuticos (vitaminas, mineral, prebióticos e probióticos), antimicrobianos e antioxidantes. Além disso, podem incorporar micro-organismos vivos, como bactérias do ácido láctico (Guimarães et al., 2018) e materiais comestíveis com ativos naturais, além de agentes que formem ligações cruzadas, essenciais para se obter revestimentos com propriedades físico-químicas e ativas desejáveis (Lindstrom et al., 1992; Yemenicioglu, 2018).

Por isso, os estudos para desenvolver revestimentos comestíveis ativos devem observar as características do material-base, bem como as características do alimento sobre o qual o revestimento será aplicado, a fim de melhorar a segurança e a qualidade de um produto alimentício específico (Yemenicioglu, 2016).

As formulações para o preparo do revestimento comestível contendo biopolímeros e agentes bioativos devem ser misturadas em concentrações apropriadas seguindo-se uma sequência adequada de etapas. A solubilização dos componentes e a garantia de sua presença na forma solúvel durante as etapas de aquecimento, resfriamento, determinação do pH e homogeneização, são fatores considerados críticos a fim de se obter um revestimento homogêneo e efetivo sobre o produto final em que será aplicado (Yemenicioglu, 2018).

Extratos de vegetais e de frutas, ricos em compostos fenólicos podem servir como agentes antimicrobianos e antioxidantes para revestimentos comestíveis, pois além de seus benefícios à saúde humana, apresentam ação conservante em alimentos (Yemenicioglu, 2018). Desta forma, a aplicação desses revestimentos sobre queijos poderia inibir a oxidação de lipídios nesse produto, protegendo o produto contra a rancidez oxidativa (Ünalán et al. (2013).

Neste sentido, o araçá-boi, por suas características de elevada acidez e presença de componentes bioativos, em especial os carotenoides e os compostos fenólicos que, lhe conferem atividade antioxidante, pode constituir-se como potencial material de base para a elaboração de revestimento comestível para

queijo e, assim, prevenir reações de oxidação no produto, constituindo, então, a proposta deste trabalho.

## 2.2. Araçá-boi: origem, características, cultivo no Brasil, composição química e propriedades funcionais

O araçá-boi (*E. stipitata* McVaugh) é originário da Amazônia e pertence à família Myrtaceae (Figura 1).



Figura 1. Fruto maduro de araçá-boi (*E. stipitata*) cultivado no IFES Campus Itapina.

Fonte: Da autora (2019).

A família Myrtaceae apresenta-se em praticamente todas as regiões tropicais, sendo sua principal ocorrência na América do Sul, região sudoeste da Ásia e Austrália. A subfamília Myrtoideae, apresenta frutos carnosos do tipo baga, com mesocarpo suculento e inclui plantas economicamente importantes como o cravo-da-índia e a pimenta-da-Jamaica que são usados como temperos, bem

como os frutos dos gêneros *Psidium* (goiaba) e *Eugenia* (araçá-boi e pitanga) (Reynertson et al., 2008).

O gênero *Eugenia* destaca-se pelo seu vasto potencial econômico e farmacológico e também pela exploração comercial dos seus frutos comestíveis, madeira, óleos essenciais e utilização como plantas ornamentais. Espécies do gênero *Eugenia* apresentam frutos com colorações variadas podendo ser amarelos, alaranjados, vermelhos, vináceos e até pretos quando maduros, sendo as bagas globosas a elipsoides, com cálice persistente (Queiroz et al., 2015).

Segundo esses autores, as espécies brasileiras *E. uniflora* L. (pitanga), *E. dysenterica* DC (cagaita), *E. brasiliensis* Lam. (grumixama), *E. florida* DC (guamirim-cereja), *E. involucrata* DC (cereja-do-Rio-Grande) e *E. umbelliflora* O. Berg. (guapê, biguaçu ou Guamirim) são descritas pelas propriedades fitoterápicas de suas folhas, flores e frutos, com vasta utilização na medicina popular por apresentarem atividades antibacteriana, antifúngica e antioxidante, dentre outras.

Do araçá-boi (*E. stipitata* McVaugh), são conhecidas as subespécies *sororia* (peruana) e a *stipitata* (brasileira) (Falcão et al., 1988). O fruto é uma baga globosa, com casca fina e aveludada de cor amarela, peso variando de 30 a 800 g e formato arredondado ou achatado. Sua polpa apresenta cor amarelo-claro e sabor ácido (Sacramento et al., 2008). Enquanto fruta tropical apresenta potencial econômico elevado, mas, de modo geral, tem valor comercial limitado, porque a fruta raramente é consumida *in natura* (Fernández-Trujillo et al., 2011).

Pesquisas com o araçá-boi no Brasil, inicialmente restringiram-se a estudos na região da Amazônia. Falcão et al. (1988) estudaram a fenologia e a ecologia do araçá-boi em plantas juvenis de Manaus (AM), e registraram que a floração ocorreu o ano inteiro, simultaneamente à frutificação, com diferentes picos de intensidade em épocas mais secas. Falcão et al. (2000) descreveram que o tempo entre a floração e a maturação dos frutos é de 50-60 dias.

Outros estudos sobre a cultura do araçá-boi incluem: composição química (Aguiar, 1983), biometria de frutos (Ferreira, 1992) e estudos com sementes da planta (Gentil e Clemente, 1996; Silva, et al., 2013; Arruda et al., 2016).

Introduzido no sul da Bahia, o araçá-boi produziu de quatro a cinco safras anuais, com potencial para a indústria de polpa (Sacramento et al., 2008). Em Mato Grosso, pesquisa realizada com 100 plantas de araçá-boi, também evidenciou seu potencial para exploração econômica, sendo também uma

alternativa para a agroindústria (Celina, 2010). Santos et al. (2017) avaliaram a qualidade de frutos do araçá-boi em Lavras (MG), para verificar seu potencial na região para a indústria.

No Espírito Santo, as pesquisas iniciaram-se a partir de pomar implantado no ano de 2000, no Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina (Colatina-ES), e abordaram controle das moscas-das-frutas (Binda et al., 2011; Fontes et al., 2012) e dissimilaridade genética (Souza et al., 2012). Recentemente, outros estudos abordaram a fenologia e o desenvolvimento de geleia e licor (Morais, 2020), bem como a caracterização de farinha (Bernardina et al., 2020) e o efeito do tratamento térmico sobre o suco do fruto visando sua aplicação tecnológica (Holtz et al., 2020).

Diante do exposto, considera-se que o araçá-boi é uma cultura ainda não estabelecida comercialmente no Brasil, mas com potencial de exploração tendo em vista sua adaptabilidade a diferentes regiões. Contudo, ainda há carência de pesquisas e de divulgação desse potencial aos agricultores, como fonte de renda.

A composição centesimal do araçá-boi tem sido muito estudada, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição centesimal do araçá-boi

Componente	Quantidade em 100 g
Umidade	90%
Carboidratos	8,90 g
Proteínas	0,60 g
Lipídios	0,20-0,35 g
Fibras	5,00-6,50 g
β-caroteno	0,50 mg
Vitamina A	7,75 mg
Vitamina B <sub>1</sub>	9,84 mg
Vitamina C	7,68-23,30 mg
Potássio	27,84 mg
Fósforo	7,40 mg
Cálcio	5,72 mg
Magnésio	2,52 mg
Sódio	1,64 mg
Cinzas	0,30 g

Fonte: Adaptado conforme Aguiar (1983); Rogez et al., 2004; Canuto et al., (2010).

O rendimento da polpa de frutos maduros é bastante elevado, chegando a 88,57%, o que favorece o bom aproveitamento do fruto. Contudo, as pectinas totais são baixas, variando de 0,34 a 0,39%, e são pouco afetadas pela atividade das enzimas pectinolíticas (poligalacturonases e pectina metil-esterases). Por esta razão, o uso de enzimas como coadjuvantes de tecnologia, para aumentar o rendimento, seria pouco significativo (Filgueiras et al., 2002).

O teor de sólidos solúveis apresenta valores entre 4,10 e 5,70 °Brix (Filgueiras et al., 2002; Canuto et al., 2010; Santos et al., 2017) e esses valores são inferiores à maioria dos frutos tropicais (Sacramento et al., 2008). O pH varia entre 2,6 e 4,0 (Canuto et al., 2010; Garzón et al., 2012). A acidez titulável é elevada e varia entre 1,80 a 2,98 mg.100g<sup>-1</sup> em ácido cítrico. Porém, o fruto é também rico em ácido málico, o qual predomina sobre os ácidos ascórbico, cítrico, succínico e gálico também presentes no araçá-boi (Filgueiras et al., 2002; Hernández et al.; 2007; Santos et al., 2017).

Deste modo, com acidez bem superior à da maioria das frutas utilizadas para a agroindustrialização e com teor muito baixo de sólidos solúveis, o araçá-boi apresenta uma relação brix/acidez em torno de 2,33 que é considerada extremamente baixa, o que contribui para reduzir a aceitabilidade do fruto pelos consumidores brasileiros na sua forma *in natura* (Sacramento et al., 2008).

O teor de compostos fenólicos totais em frutos maduros de araçá-boi, expresso em ácido gálico, varia entre 64,00 a 84,00 mg.100<sup>-1</sup> g de polpa fresca. Alguns estudos apontaram que esses compostos estão relacionados à atividade antioxidante presente nos frutos, a qual também contribuiu para a atividade antimutagênica e antígenotóxica (Vargas et al., 2005; Neri-Numa et al., 2013).

Canuto et al. (2010) encontraram correlação entre a atividade antioxidante e os teores de compostos fenólicos em araçá-boi. Estudos realizados com outras frutas também confirmam a correlação entre a atividade antioxidante e a presença de compostos fenólicos (Chun et al., 2003; Cai et al., 2004; Silva et al., 2013).

Outro estudo avaliou a atividade antioxidante de araçá-boi e sua relação com a presença de compostos fenólicos (hidrofílicos) e de carotenoides (lipofílicos), em quatro estádios diferentes de maturação (verde, pintado, maduro e sobremaduro), a partir do epicarpo (pele amarela) e do mesocarpo (polpa). Os compostos fenólicos encontrados foram os ácidos clorogênico, gálico e cafeico. Tal estudo concluiu que o fruto de araçá-boi apresenta maior atividade

antioxidante no estágio verde, a qual diminui conforme avançam os estádios de maturação, especialmente no epicarpo. Sua atividade antioxidante é principalmente do tipo hidrofílico e se deve principalmente aos compostos fenólicos, em especial ao ácido clorogênico (Cuellar et al., 2013).

Assim, considera-se importante estudar o efeito da atividade antioxidante presente no araçá-boi como elemento que possa contribuir para a preservação de outros produtos alimentícios, razão pela qual se elegeu araçá-boi como fruta para o desenvolvimento de um revestimento comestível para uso em queijos.

### 2.3. Potencial de uso do araçá-boi como base para revestimento comestível

Segundo Fernández-Trujillo et al. (2011) o araçá-boi, enquanto fruta tropical, apresenta elevado potencial econômico. Contudo, de modo geral, tem valor comercial limitado, porque apesar da polpa suculenta, a elevada acidez dificulta o consumo *in natura*.

Estudos realizados na Bahia (Sacramento et al., 2008), Mato Grosso (Celina, 2010) e Minas Gerais (Santos et al. (2017) avaliaram o potencial do araçá-boi para a indústria.

Assim, o fruto vem ganhando atenção na fabricação de sucos, refrescos, néctar, sorvetes, cremes, geleias (Rogez et al., 2004; Sacramento et al., 2008), biscoitos, mousses, sobremesas, (Hernández et al., 2006; Carrillo et al., 2009; Sandoval e Garzón, 2009), coquetéis, como flavor em doces, iogurte, energéticos e xarope (Fernández-Trujillo et al., 2011).

A polpa congelada de araçá-boi é a forma mais comum de aproveitá-lo e, portanto, a avaliação de suas características é importante. Em estudo realizado por Mejía et al. (2006), o pH, acidez total, sólidos solúveis e as propriedades antioxidantes da polpa mantiveram-se por até 30 dias de armazenagem sob congelamento. Os resultados desses autores sugerem que é possível conservar as características do araçá-boi para obtenção de revestimento comestível, mesmo que os frutos sejam congelados após a colheita, até sua utilização.

Segundo Millán et al. (2007), o tratamento térmico da polpa durante 5 a 10 minutos com temperatura no centro da polpa atingindo 65 a 77 °C também

afeta a concentração do ácido ascórbico, embora esta perda seja compensada pela manutenção da textura durante a estocagem.

Por esta razão, o tratamento térmico do suco do araçá-boi para obtenção do revestimento comestível foi considerado nesta pesquisa a fim de se obter um material de estrutura mais estável, mesmo podendo haver alguma perda de componentes e alteração de aroma e sabor.

Além disso, considerou-se que a presença de substâncias pécticas, de compostos fenólicos e de ácido ascórbico e a acidez elevada, associados à atividade antioxidante do araçá-boi, apontavam para o potencial de usos ainda não explorados para este fruto como, por exemplo, servir como base para o desenvolvimento de revestimento comestível e sua aplicação sobre queijo ou outro alimento, com potencial para a preservação de características físico-químicas e incorporação de componentes funcionais ao produto.

#### 2.4. Revestimentos comestíveis em queijos

Os queijos apresentam-se como um alimento complexo, devido a muitas reações bioquímicas e biológicas que ocorrem desde a produção até a armazenagem, e que influenciam em suas características físicas, sensoriais e químicas, tais como textura, flavor e cor (Robertson, 2012).

Por serem alimentos constituídos principalmente de caseína, gordura, e água, a deterioração causada por reações oxidativas e também por micro-organismos pode ocorrer mesmo em queijos embalados, e em baixo nível de O<sub>2</sub> e elevado nível de CO<sub>2</sub> (Cerqueira et al., 2009; Costa et al., 2018).

A preservação das características em queijos tem sido objeto de estudos em todo o mundo, com o uso de tecnologias que incluem a aplicação de revestimentos comestíveis utilizando diferentes materiais. Zeína foi testada em queijo Kashar adicionada ou não de ácido gálico (composto fenólico), o qual possibilitou preservação contra a atividade antioxidante nesse queijo (Ünalán et al., 2013). A zeína também foi testada em queijo Minas Padrão com curto tempo de maturação (Pena-Serna et al., 2016) e uma resina foi testada em queijo Canastra (Paiva e Costa Junior, 2012).



A grande maioria desses estudos sobre revestimentos comestíveis em queijos utiliza os polissacarídeos como material principal. Exemplos incluem: metilcelulose em queijo Kashar (Ayana e Turhan, 2009); galactomanana em queijo “Regional” (Cerqueira et al., 2010); quitosana em queijo Saloio semiduro (Fajardo et al., 2010), em queijo típico da Mongólia (Mei et al., 2013), em queijo Mozzarella (Zhong et al., 2014) e em queijo Manchego (Elguea-Culebras et al. 2019); quitosana associada à proteína do soro em ricota (Di Pierro et al., 2011); quistosana e amido em queijo da Mongólia (Mei et al., 2013); quitosana associada a alginato e à proteína de soja em Mozzarella (Ramos et al., 2012; Zhong et al., 2014); amido em queijo argentino Port Salt (Ollé Resa et al., 2016) e, por fim, pectina como parte das fibras solúveis de tangerina em um queijo espanhol (Artiga-Artigas et al., 2017).

A pectina é um polissacarídeo presente na parede celular de vegetais, carregado negativamente, possui ação ligante, é solúvel em água, capaz de formar géis e possui propriedades reológicas mais significativas em condições ácidas do que em condições neutras e alcalinas (Flutto, 2003; Han, 2014).

Neste sentido, devido à elevada acidez do suco de araçá-boi (Hernández et al., 2007; Santos et al., 2017), porém baixo teor de pectina (Filgueiras et al., 2002), esta apresenta-se como potencial componente a ser adicionado ao suco de araçá-boi para elaboração de revestimento comestível, pois tem apresentado bons resultados na conservação de minipães, frutas frescas e minimamente processadas, peito de frango e tofu (Rojas-Graü et al., 2009; Valdés et al., 2015; Wei et al., 2017; Noori et al., 2018; Chakravartula et al., 2019).

Contudo, o uso da pectina como material de revestimento comestível para queijos ainda é incipiente, tendo sido relatada apenas como sendo a principal das fibras solúveis de tangerina que compuseram um revestimento usado em um queijo espanhol de baixo teor de gordura (Artiga-Artigas et al., 2017).

A escolha do método de aplicação de revestimentos em queijos depende do tipo e do tamanho do queijo, o que pode afetar o custo e a eficiência do revestimento. A aplicação deve, então, ser adaptada ao processo de fabricação podendo ser ao final da fabricação, antes da maturação ou após a mesma (Ollé Resa, 2013; Zhong et al., 2014).

Neste sentido, é considerado como melhor método de aplicação aquele que promove a total cobertura do queijo e contribui para a maior extensão da sua

vida de prateleira. Além disso, a escala de produção também deverá ser considerada. Em pequenas agroindústrias, a pincelagem pode ser usada para evitar o uso de tanques para imersão ou de equipamentos dispendiosos para aspersão. Por outro lado, fatores como superfície irregular, custo e simplicidade de execução, fazem da imersão o melhor método, pois permitem revestir toda a superfície sendo o excesso removido por drenagem ou secador (Mastromatteo et al., 2015; Yangilar e Yildiz, 2016).

Assim, em razão do processo de fabricação em pequena escala do queijo escolhido para este trabalho, além das características do próprio queijo em termos de textura e regularidade de sua superfície, o método escolhido para a aplicação do revestimento comestível neste trabalho foi a pincelagem, por possibilitar maior rapidez na secagem da superfície do queijo.

## 2.5. A escolha do queijo para a proposta deste trabalho

A escolha do tipo de queijo sobre o qual se pretendeu aplicar o revestimento comestível de aralá-boi também foi um ponto importante para a adequação do estudo ora proposto.

No Brasil, tradicionalmente em Minas Gerais, e também em outros Estados brasileiros, o queijo Minas é um produto importante cultural, social e economicamente, em seu modo de fazer original/artesanal e industrial (Ferreira et al., 1992; Meneses, 2006).

No caso da fabricação artesanal, não ocorre o tratamento térmico do leite antes da coagulação. O queijo assim produzido teve sua comercialização recentemente regulada pela Lei nº 13.680 de 2018, sendo permitida em todo o território nacional, com características e métodos tradicionais ou regionais próprios, exigindo-se o emprego das boas práticas agropecuárias e de fabricação, desde que submetidos à fiscalização de órgãos de saúde pública dos Estados e do Distrito Federal. Além disso, esta lei passa a exigir que o produto artesanal seja identificado por selo único com a indicação ARTE conforme regulamentado pelo Decreto nº 9.918, de 18 de julho de 2019 (Meneses, 2006; Brasil, 2018; Brasil, 2019).

Mais recentemente, o queijo Minas Padrão teve sua identidade e requisitos de qualidade definidos, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, por meio da Instrução Normativa (IN) nº 66, de 21 de julho de 2020, em vigor a partir de 03 de agosto de 2020 (Brasil, 2020).

Segundo essa IN, o queijo Minas Padrão é o produto obtido por coagulação do leite pasteurizado, por meio de coalho, outras enzimas coagulantes apropriadas, ou com ambos, complementada pela ação de bactérias láticas específicas. É um queijo maturado, de massa crua ou semicozida, dessorada, prensada e salgada. Deve ter formato cilíndrico, podendo ou não apresentar casca, a qual, se existente, deve ser fina, de cor branco creme, lisa e sem trincas. Seu tempo de maturação é de, no mínimo, 20 (vinte) dias em temperatura superior a 10 °C e inferior a 16 °C.

E, ainda, de acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos (Brasil, 1996), o queijo Minas Padrão é classificado como um queijo semigordo a gordo, e de média umidade.

Deve-se destacar que a etapa de maturação é uma parte muito importante do processo de produção desse queijo, na qual ocorrem alterações físicas, químicas e sensoriais, relacionadas ao processo de amadurecimento e necessárias para a definição da identidade do produto que é caracterizado como um alimento complexo (Robertson, 2012; Minas Gerais, 2018).

Além disso, por estar presente no consumo diário pela população, sozinho, como acompanhamento ou como insumo indispensável à diversificada culinária, o queijo tipo Minas, por si só, é representativo da importância do produto como hábito alimentar e, portanto, de grande expressão cultural (Lima, 2003).

Portanto, considerando que o queijo Minas Padrão apresenta características de textura lisa e regular em sua superfície e por ser um dos queijos brasileiros mais reconhecidamente consumidos, este foi o queijo escolhido para esta pesquisa.

### 3. TRABALHOS

#### 3.1. EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, PARÂMETROS DE COR E PERFIL DE TEXTURA DO SUCO DE ARAÇÁ-BOI, VISANDO SUA APLICAÇÃO TECNOLÓGICA<sup>1</sup>

##### RESUMO

O araçá-boi (*E. stipitata*) é rico nutricional e funcionalmente, contendo vitamina C, proteínas, carboidratos, fibras, sais minerais e compostos fenólicos (antioxidantes). Fruto muito ácido e pouco consumido *in natura*, é utilizado apenas em sucos, geleias e sorvetes. Neste trabalho, avaliou-se o efeito do tratamento térmico sobre características físico-químicas, parâmetros de cor e perfil de textura do suco de araçá-boi visando aplicá-lo tecnologicamente para melhorar as propriedades funcionais de produtos alimentícios. Suco de frutos maduros foi submetido à fervura e amostras foram retiradas após 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos e avaliadas em triplicata para: sólidos solúveis, pH, acidez titulável,

---

<sup>1</sup> Publicado em 15/11/2020 como capítulo de livro: Holtz, S. G.; Bernardina, R. G. D.; Pretti, I. R.; Borghi, E. J. A.; Oliveira, D. B. Efeito do tratamento térmico sobre características físico-químicas, parâmetros de cor e perfil de textura do suco de araçá-boi, visando sua aplicação tecnológica. In: Cordeiro, C. A. M. (Org.). **Tecnologia de alimentos: tópicos físicos, químicos e biológicos**. Guarujá: Científica Digital, 2020. v.3. (Cap, 15, pp. 217-237). ISBN: 978-65-87196-27-5. DOI (capítulo): 10.37885/200901476.

relação brix/acidez, atividade de água, umidade, atividade antioxidante, compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides, pectinas, parâmetros de cor e perfil de textura. Houve aumento linear dos sólidos solúveis, acidez titulável, compostos fenólicos, carotenoides, flavonoides e pectinas. Atividade de água e umidade reduziram linearmente. O pH e a relação brix/acidez reduziram até 40 minutos, aumentando novamente até os 60 minutos de fervura. A atividade antioxidante aumentou e atingiu pico com 46 minutos. Houve escurecimento do suco até os 40 minutos. Na textura, a dureza reduziu até 40 minutos. Adesividade, fraturabilidade, coesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade não alteraram significativamente. Concluiu-se que é possível utilizar tecnologicamente o suco de araçá-boi fervido como ingrediente para melhorar propriedades funcionais de produtos alimentícios, não devendo a fervura ultrapassar 46 minutos, a fim de aproveitar sua máxima atividade antioxidante. A depender da sua aplicabilidade, agentes que incrementem o perfil de textura poderão ser adicionados ao suco de araçá-boi.

**Palavras-chave:** *E. stipitata*; tratamento térmico; desenvolvimento de novos produtos.

#### ABSTRACT

Araçá-boi (*E. stipitata*) is a nutritionally and functionally rich fruit, containing vitamin C, proteins, carbohydrates, minerals and phenolic compounds (antioxidants). It is a fruit very acid but with little consumption *in natura*, and it is utilized only for juices, jellies, and ice creams. This work, it was evaluated the effect of the thermic treatment on the physicochemical characteristics, color parameters and texture profile of the araçá-boi juice aiming its technological application for improving the functional properties of food products. Juice from ripened fruits was boiled and samples were retired at 0, 10, 20, 30, 40, 50, and 60 minutes and they were evaluated for: soluble solids, pH, titratable acidity, brix/acidity ratio, water activity, moisture, antioxidant activity, phenolic compounds, flavonoids, carotenoids, total pectins, color parameters and texture profile. Soluble

solids, titratable acidity, phenolic compounds, carotenoids, flavonoids and total pectins enhanced linearly. Water activity and moisture decreased linearly. The pH values and the brix/acidity ratio decreased until 40 minutes and increased again until 60 minutes of boiling. Antioxidant activity reached the top at 46 minutes. There was browning of the juice until 40 minutes. In the texture, the hardness decreased until 40 minutes. Adhesivity, fracturability, cohesivity, elasticity, gumminess and chewiness did not modify significantly. We concluded that it is possible technologically to use the araçá-boi boiled juice as an ingredient to improve the functional properties of food products, but the boiling does not must be over 46 minutes for better utilization of its antioxidant activity. Depending on its applicability, some agents that increment the juice texture profile will be added.

Keywords: *E. stipitata*; thermic treatment; new products development.

## INTRODUÇÃO

O araçá-boi (*Eugenia* sp. McVaugh), originário da Amazônia, pertence à família Myrtaceae, e são conhecidas as subespécies sororia (peruana) e a stipitata (brasileira). Seu fruto é uma baga globosa, de casca fina, aveludada e amarela, formato arredondado ou achatado, polpa amarelo-claro, sabor muito ácido e pesa de 30 a 800 g (Falcão et al., 1988; Sacramento et al., 2008).

A composição centesimal dos frutos é muito rica: 90 % de umidade; 0,20-0,35 g.100g<sup>-1</sup> de lipídios; 0,6 g.100g<sup>-1</sup> de proteínas; 8,9 g. 100g<sup>-1</sup> de carboidratos; 5,0-6,5 g. 100g<sup>-1</sup> de fibras; 0,4 mg. 100g<sup>-1</sup> de β-caroteno (superiores aos da laranja) (Aguiar, 1983). Estão presentes as vitaminas A (7,75 mg. 100g<sup>-1</sup>); B1 (9,84 mg. 100g<sup>-1</sup>) e C (7,68-23,3 mg. 100g<sup>-1</sup>), e destacam-se os teores de minerais como K (27,84 mg. 100g<sup>-1</sup>); P (7,4 mg. 100g<sup>-1</sup>); Ca (5,72 mg. 100g<sup>-1</sup>); Mg (2,52 mg. 100g<sup>-1</sup>); Na (1,64 mg. 100g<sup>-1</sup>) e cinzas (0,3 g. 100g<sup>-1</sup>) (Aguiar, 1983; Canuto et al., 2010; Rogez et al., 2004). O teor de fibras em peso úmido é de 5,0-6,5 % (Fernández-Trujillo et al., 2011) chegando a 39 % em matéria seca (Rogez et al., 2004).

Seu teor de sólidos solúveis, inferior ao da maioria dos frutos tropicais (Sacramento et al., 2008), está entre 4,1-5,7 °Brix (Filgueiras et al., 2002), significando que a presença de açúcares é baixa. Seu pH varia de 2,6-4,0 (Canuto et al., 2010; Garzón et al., 2012), pela presença do ácido ascórbico (31,78-33,70 mg. 100g<sup>-1</sup>) (Filgueiras et al., 2002), succínico (39,5 µmol.g<sup>-1</sup>), cítrico (3,3 µmol.g<sup>-1</sup>) e málico, que é o ácido predominante (244,5 µmol.g<sup>-1</sup>) (Hernández et al. 2007). A acidez titulável varia de 1,80-2,98 mg.kg<sup>-1</sup> de ácido cítrico (Hernández et al. 2007; Santos et al., 2017).

Assim, com acidez superior à da maioria das frutas utilizadas na indústria e com teor muito baixo de sólidos solúveis, o araçá-boi apresenta uma relação brix/acidez em torno de 2,33, que é considerada extremamente baixa. Isso reduz a aceitabilidade do fruto pelos consumidores na sua forma in natura (Sacramento et al., 2008), pois o fruto é muito ácido, sem sabor doce.

Além da riqueza nutricional e elevada acidez, o araçá-boi apresenta atividade antioxidante pela presença de compostos fenólicos, dentre os quais os ácidos clorogênico, gálico e cafeico (Cuellar et al., 2013; Neri-Numa et al., 2013; Vargas et al., 2005).

Mesmo assim, o araçá-boi ainda tem sua aplicação limitada, principalmente, à fabricação de polpa congelada, a partir da qual se produzem sucos, refrescos, geleias, mousses, doces e xaropes (Carrillo et al., 2009; Fernández-Trujillo et al., 2011; Hernández et al., 2006; Rogez et al., 2004; Sacramento et al., 2008; Sandoval & Garzón, 2009).

O tratamento térmico da polpa de 65-77 °C por 5-10 minutos afeta o ácido ascórbico, porém mantém a textura durante a estocagem (Millán et al., 2007). O aquecimento prolongado também afeta seu sabor e aroma (Fernández-Trujillo et al., 2011). Estudos que avaliem o potencial do araçá-boi para outras aplicações tecnológicas ainda não foram desenvolvidos.

Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar o efeito do tratamento térmico sobre características físico-químicas, parâmetros de cor e perfil de textura do suco de araçá-boi visando aplicá-lo tecnologicamente e melhorar propriedades funcionais de produtos alimentícios.

## MATERIAL E MÉTODOS

Conduziram-se os experimentos no IFES Campus Itapina, Colatina-ES, Brasil, com frutos de araçá-boi maduros, provenientes da Unidade Experimental de Fruticultura, colhidos na safra de julho de 2019, e conduzidos à Unidade de Processamento de Vegetais / Coordenadoria de Produção Agroindustrial, para obtenção do suco. As análises físico-químicas foram realizadas nessa Unidade e no Laboratório de Química do Campus. Análises de Cor e de Textura foram, respectivamente, conduzidas nos Laboratórios de Operações Unitárias e de Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES, em Alegre-ES.

### Obtenção do suco de araçá-boi

Os frutos foram selecionados, lavados, sanitizados em solução clorada a 200 ppm e despulpados em despulpadora Itametal® modelo Bonina. A polpa foi acondicionada em sacos de polietileno com capacidade para 2 kg e congelada a -18 °C, sendo assim mantida até sua utilização.

Para obtenção do suco, descongelou-se a polpa em refrigeração a 10 °C seguindo-se passagem em peneiras com poros de 1 e 0,5 mm, respectivamente, a fim de homogeneizá-la e retirar o máximo de partículas sólidas em suspensão.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições, sendo cada uma delas constituída por 2 kg do suco de araçá-boi duplamente peneirado.

### Tratamento térmico do suco

Cada repetição do suco de araçá-boi foi aquecida em um recipiente de aço inoxidável (30 cm Ø) até a fervura ( $100 \pm 2$  °C) em agitador magnético (400 °C e 800-1200 rpm). Amostras de 100g do suco foram retiradas nos tempos 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos de tratamento térmico, colocadas em frascos de polipropileno e refrigeradas a 3-4 °C até o momento das análises.



## Análises Físico-Químicas

Os sólidos solúveis (SS) foram determinados adicionando-se quatro gotas da amostra diretamente no prisma do refratômetro digital portátil Atago® modelo Pocket PAL-3, sendo o resultado expresso em graus Brix (°Brix) (Barros et al., 2017; Instituto Adolfo Lutz – IAL, 2008).

Para determinar o pH, diluíram-se 5,00 g de cada amostra em 50 mL de água destilada. Mediu-se o pH em potenciômetro digital Oakton® e expressou-se o resultado com duas casas decimais. Para a acidez titulável, adicionaram-se quatro gotas do indicador fenolftaleína 1% ao suco diluído e titulou-se com solução de NaOH 0,1 M até coloração rósea, obtendo-se os resultados em mg de ácido málico / 100 g de suco (Barros et al., 2017; IAL, 2008), que é o ácido predominante (Hernández et al., 2007).

Para calcular a relação Brix/Acidez das amostras, dividiram-se os valores de sólidos solúveis (°Brix) pelos valores da acidez titulável em ácido málico (Hernández et al. 2007; IAL, 2008).

Determinou-se a atividade de água ( $A_w$ ) em analisador LabSwift, Novasina®. Adicionaram-se 5,00 g da amostra na cubeta cilíndrica de 4 x 1 cm ( $\emptyset$  x altura), e esta foi inserida na câmara hermética do aparelho. Durante a medição, apenas a água livre da amostra umidifica ou desumidifica o ar dentro da câmara, ocorrendo esta troca até que a pressão parcial da saturação do vapor de água seja igual a zero, sinalizando o fim da leitura mediante sinal sonoro. O resultado é mostrado no aparelho em valores com três casas decimais (Novasina, 2021).

Em balança determinadora de umidade Shimadzu®, pesaram-se 5,000 g de cada amostra, aquecendo-a a 200 °C até sua completa carbonização. Os resultados de umidade foram expressos em porcentagem (%), com duas casas decimais (Barros et al., 2017).

Usou-se o método do sequestro do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) para medir a atividade antioxidante, adaptado de Neri-Numa et al. (2013), Zielinski et al. (2014) e Pretti et al. (2018). Preparou-se uma solução 0,3 mM de DPPH, diluindo-se 0,0120 g do composto em etanol para 100 mL. Prepararam-se extratos etanólicos (1:4) com 10,00 g de cada amostra, filtrando-se em papel filtro Quanty® com poros de 28  $\mu$ m. Após, preparou-se uma mistura de 1:7 de cada extrato (0,5 mL de extrato : 3,5 mL de solução de DPPH), permitindo-se reação no

escuro por 30 minutos. Absorbância a 517 nm lida em espectrofotômetro Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis (software Cary Win UV), e os resultados dados em porcentagem de sequestro do DPPH, calculados pela equação (1):

$$\text{Atividade antioxidante (\%)} = \left[ \frac{(A_{517\text{nm}}\text{DPPH} - A_{517\text{nm}}\text{Amostra})}{A_{517\text{nm}}\text{DPPH}} \right] \times 100 \quad (1)$$

Onde:

$A_{517\text{nm}}$  = Absorbância a 517 nm

Compostos fenólicos totais foram determinados pelo método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, baseado na redução do ácido fosfomolibdico-fosfotúngstico pelas hidroxilas fenólicas, produzindo um complexo de coloração azul formado em meio alcalino, conforme Barros et al. (2017) e Zielinski et al. (2014), com adaptações. Preparou-se uma curva padrão a partir de uma solução de 0,5 mg / mL de ácido gálico, com uma série de sete microtubos contendo alíquotas de 7,8125 a 500  $\mu\text{L/mL}$  desta solução, completando-se para 2 mL com etanol. Em seguida, transferiu-se 0,5 mL de cada microtubo para tubos de ensaio, adicionados de 8 mL de água destilada e 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu, agitados em vórtex seguindo-se repouso por 3 minutos. Após, adicionou-se 1,0 mL de solução aquosa de carbonato de sódio a 5%, com nova agitação em vórtex seguida de reação no escuro por 1 hora. Após, com a leitura da Absorbância a 750 nm em espectrofotômetro, plotaram-se os dados para obtenção da equação da reta. Em seguida, com 10,00 g de cada amostra prepararam-se extratos etanólicos (1:4) e transferiram-se alíquotas de 0,5 mL de cada extrato para tubos de ensaio, adicionando-se os mesmos reagentes usados na curva padrão, seguindo-se a reação por 1 hora no escuro e a leitura da Absorbância. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g EAG}$  (equivalente a ácido gálico) / g de suco.

A quantificação dos flavonoides seguiu as metodologias de Barreto et al. (2009) e Perdigão (2012), com modificações. Em balões de 25 mL, preparou-se uma curva padrão com alíquotas de 0,25; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mL de uma solução etanólica de quercetina 25 mg/mL, completando-se com etanol para 2 mL. Após,

em cada balão adicionou-se 0,6 mL de ácido acético glacial, 10,0 mL de solução de piridina: água destilada (1:4) e 2,5 mL de solução etanólica a 6,5% de cloreto de alumínio. Completaram-se todos os balões com etanol para 25 mL, permitindo-se reação durante 30 minutos. Fez-se a leitura da Absorbância em espectrofotômetro e plotaram-se os dados para obtenção da equação da reta. Extratos etanólicos (1:10) do suco de araçá-boi foram filtrados em papel filtro Quanta® com poros de 28 µm. Após, transferiu-se 1 mL de cada extrato para balões de 25 mL, adicionando-se as mesmas soluções usadas na curva padrão, seguindo-se a reação por 30 minutos. A Absorbância foi lida a 420 nm, expressando-se os resultados em µg EQ / g de suco.

Carotenoides foram determinados conforme Nellis et al. (2017) e Virgolin et al. (2017), com adaptações. Em cápsula de porcelana, maceraram-se 3,00 g do suco com 30 mL de acetona, obtendo-se extratos (1:10), seguindo-se filtração a vácuo com funil de Buchner para kitassato de 250 mL. Transferiu-se o filtrado para um funil de separação contendo aproximadamente 20 mL de éter de petróleo. Seguiram-se três lavagens com água destilada para remover totalmente a acetona por meio de uma reação de saponificação. Na última lavagem, adicionou-se sulfato de sódio anidro diretamente no funil de separação, auxiliando a separação de fases, resultando em um extrato etéreo (fase superior) e água (fase inferior) que foi descartada. Transferiu-se o extrato etéreo para balão de 25 mL, completando-se o volume com éter de petróleo. Leu-se a Absorbância a 450 nm para betacaroteno, cuja quantificação foi calculada mediante a equação (2) e os resultados expressos em µg de β-caroteno / g de suco.

$$\text{Teor de betacaroteno } (\mu\text{g.g}^{-1}) = \frac{A \times V \times 10000}{A^{1\%}_{1\text{cm}} \times M \times 100} \quad (2)$$

Onde:

A = Absorbância no devido comprimento de onda (450 nm para betacaroteno e 470 nm para licopeno);

V = Volume final da solução (25 mL);

A<sup>1%</sup><sub>1cm</sub> = Coeficiente de extinção ou de absorvidade molar de um pigmento em um

<sup>1cm</sup> determinado solvente específico: 2592 para betacaroteno e 3450 para licopeno;

M = massa da amostra tomada para a análise.

Quantificaram-se as pectinas totais conforme Holt (1954), Carvalho et al. (2006) e Begum et al. (2017), com adaptações. Diluíram-se 20 g das amostras em 200 mL de água destilada (1:10), fervendo-se com agitação por uma hora e repondo-se a água perdida durante a fervura. Filtrou-se o extrato em algodão, completando-se para 250 mL com água destilada em balão. Pipetou-se alíquota de 50 mL em Erlenmeyer de 500 mL, adicionando-se 150 mL de água destilada e 5 mL de NaOH 1N, com agitação constante, seguindo-se repouso por 12 h. Após, adicionaram-se 25 mL de solução de ácido acético 1 N seguindo-se repouso de 5 minutos. Após, com agitação, adicionaram-se 50 mL de solução de cloreto de cálcio 1 N, levando-se à fervura por 1 minuto seguido de repouso mínimo de 1 h. Filtrou-se em papel filtro Quanty® com poros de 11 µm, previamente seco e tarado em cápsula de porcelana. Seguiu-se a lavagem com água destilada quente até remoção completa do cloreto livre (água límpida) testando-se com solução de nitrato de prata 1%. Após, secou-se o papel filtro em estufa a 100°C por 3 h, seguido de esfriamento em dessecador e pesagem. O cálculo foi feito pela equação (3) e os resultados expressos em g de pectato de Ca / 100 g de amostra.

$$\text{g de pectato de cálcio \%} = \frac{\text{g de pectato de Ca}}{\text{vol. ou peso da amostra}} \times 100 \quad (3)$$

#### Parâmetros de cor

Usou-se o colorímetro Konica Minolta®, modelo Spectrophotometer CM-5. Colocaram-se cerca de 3 mL de cada amostra na cubeta de quartzo com 1 cm<sup>2</sup> x 3 cm (aresta x altura), para determinar os parâmetros: L (Luminosidade), onde: 0 = preto e 100 = claridade total; a\* (componente vermelho/verde), onde: +a\* =

vermelho e  $-a^*$  = verde;  $b^*$  (componente amarelo/azul), onde:  $+b^*$  = amarelo e  $-b^*$  = azul.

Os componentes  $a^*$  e  $b^*$  foram utilizados para calcular o parâmetro  $C^*$  (Chroma = pureza da cor) =  $(a^2 + b^2)^{1/2}$ , onde valores mais altos indicam cor mais viva e o  $h^*$  (hue = tonalidade da cor) =  $\text{Tan}^{-1} (b^*/a^*) - 180^\circ$  (quando  $a^* > 0$ ) ou  $\text{Tan}^{-1} (b^*/a^*) + 180^\circ$  (quando  $a^* < 0$ ), onde valores mais próximos de 90 indicam a tonalidade amarela e mais próximos de 0, a tonalidade vermelha (Lawless & Heymann, 2010; Mamede et al., 2013; Zielinski et al, 2014).

### Perfil de textura

Usou-se o método TPA (*Texture Profile Analysis*) segundo Rosenthal (2001) e Trihn e & Glasgow (2012), com adaptações. Colocaram-se 30 mL de amostra na cubeta cilíndrica de 40 x 50 mm ( $\varnothing$  x altura) do Texture Analyzer Brookfield CT3, utilizando-se célula de carga de 10 kg e probe TA11/1000, a qual aprofundou-se 20 mm na amostra por dois ciclos seguidos a uma velocidade de 2 mm/s. Determinaram-se os seguintes parâmetros: dureza, adesividade, gomosidade, coesividade, elasticidade, índice de elasticidade e mastigabilidade.

### Análises estatísticas

Com o software R Core Team (2019), fez-se a análise de variância dos dados pelo teste F (5% de probabilidade) e, havendo efeito significativo dos diferentes tempos de fervura, fez-se a análise de regressão (5% de probabilidade). Escolheu-se o modelo de regressão baseado na significância dos coeficientes angulares e nos valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de SS do suco de araçá-boi aumentou linearmente (Figura 1a), e o valor inicial foi de 5,1 °Brix. Tal valor no suco, que foi duplamente peneirado, foi superior aos valores encontrados na literatura (Canuto et al. (2010); Gomes et al. (2010); Virgolin et al. (2017); Iturri et al. (2021), que variaram entre 3,00 e 4,60 4,60 °Brix. Este resultado pode estar relacionado à homogeneização do suco promovida pelo duplo peneiramento antes do tratamento térmico, favorecendo maior acurácia da leitura no refratômetro, quando comparado à polpa na qual há mais partículas em suspensão. O modelo linear ajustado mostra que, mesmo após fervura prolongada do suco, os SS mantiveram-se sem degradação, alcançando 11,5 °Brix, o que pode indicar boa viscosidade para utilização posterior do suco.

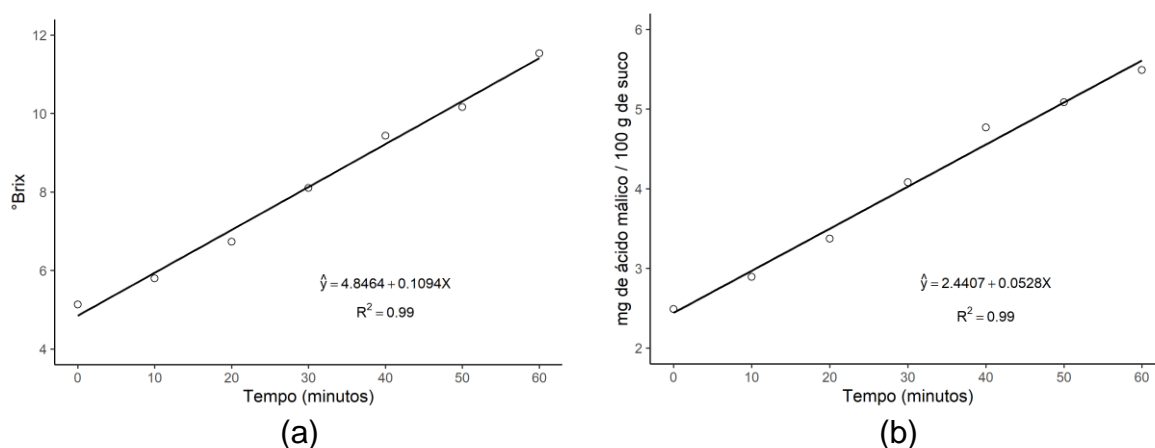


Figura 1. Efeito do tratamento térmico (100 ± 2 °C / 0-60 minutos) sobre o teor de sólidos solúveis (SS) (a) e de acidez titulável (AT) (b).  
Fonte: Da autora (2020).

Na AT observou-se também aumento linear de 2,48 até 5,49 mg de ácido málico / 100 g (Figura 1b). Lima et al. (2002) apontaram que frutas e produtos de frutas de elevada acidez (acima de 1,00%) são de interesse para a indústria alimentícia, pois reduzem o uso de acidificantes com finalidade conservadora. Millán et al. (2007) tratando termicamente a polpa de araçá-boi a 80 °C por 15 minutos seguindo-se diferentes tipos de congelamento e posterior

descongelamento, obtiveram valor máximo quando a polpa não sofreu congelamento nem descongelamento após o tratamento térmico, chegando a 3,28 mg de ácido málico / 100 g. Assim, o resultado obtido no presente trabalho indica que o congelamento e descongelamento da polpa de araçá-boi antes da obtenção do suco e de seu tratamento térmico, pode ter promovido alguma perda dos ácidos presentes, resultando em menor AT, inicialmente. Canuto et al. (2010), Gomes et al. (2010), Iturri et al. (2021) e Virgolin et al. (2017) encontraram, respectivamente, na polpa de araçá-boi AT de 1,80, 2,88, 2,90 e 2,83 mg de ácido cítrico / 100 g. Contudo, não se comparam tais resultados aos deste trabalho pois, neste, a AT foi calculada em ácido málico, predominante sobre os ácidos ascórbico, cítrico e succínico, também presentes no araçá-boi (Figueiras et al., 2002; Hernández et al., 2007).

O pH do suco de araçá-boi foi igual a 3,05 no início do tratamento, 2,97 ao final, e atingiu seu menor valor (2,90) aos 30 minutos de fervura (Figura 2a). Avaliando a polpa de araçá-boi, Hernández et al. (2007) encontraram, igualmente, o valor de 2,90 para o pH, enquanto Gomes et al. (2010), Iturri et al. (2021) e Virgolin et al. (2017) encontraram valores inferiores, sendo 2,51, 2,70 e 2,67, respectivamente. Em resíduos da fabricação do suco desse fruto, Barros et al. (2017) encontraram pH igual a 3,06, significando que nesses resíduos a acidez também é elevada.

Conforme o modelo ajustado para o pH (Figura 2a), a diminuição do pH ocorreu até os 30 minutos. Após esse tempo, possivelmente houve alguma degradação de ácidos do suco como efeito da fervura, promovendo ligeiro aumento do pH até o final do processo, porém mantendo-o ainda com valor inferior ao início do tratamento térmico.

Considerando os valores de pH neste trabalho, o suco do araçá-boi é um produto microbiologicamente seguro em razão de que o pH mínimo para crescimento de praticamente todas as bactérias patogênicas está acima de 3,0, com raríssimas exceções (Banwart, 1998).

Seguindo o mesmo modelo de ajuste, a relação Brix/Acidez do suco de araçá-boi apresentou valores próximos no início e no final da fervura (2,07 e 2,10, respectivamente), inferiores ao de Sacramento et al. (2008) (2,33), e atingiu seu mínimo (1,98) aos 40 minutos, mostrando-se pouco maior que 1,6 encontrado por Iturri et al. (2021).

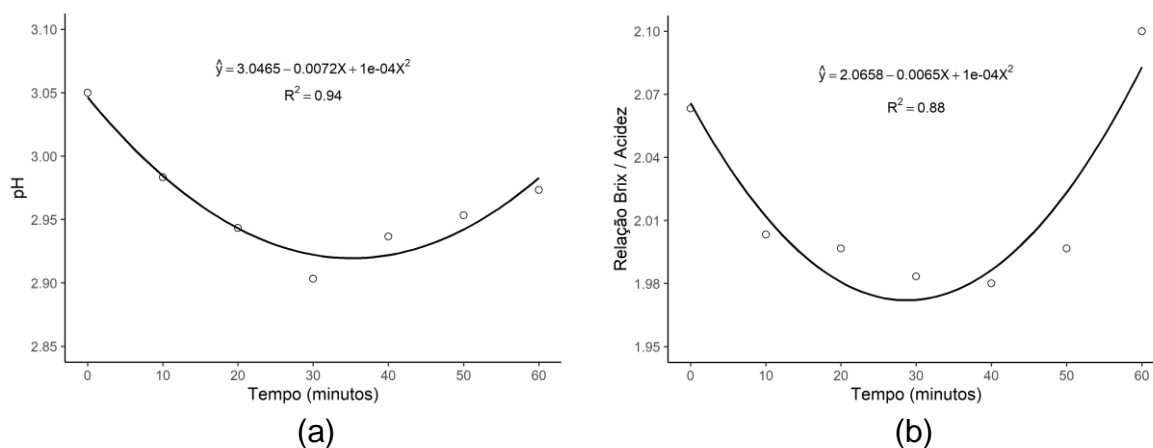


Figura 2. Efeito do tratamento térmico (100 ± 2 °C / 0-60 minutos) sobre pH (a) e relação Brix/acidez (b).  
Fonte: Da autora (2020).

Embora neste trabalho os SS e a AT tenham sido ajustados no modelo linear crescente (Figura 1a e 1b), a variação da relação Brix/Acidez ajustou-se no modelo quadrático, pois os valores da acidez titulável foram ligeiramente maiores entre 30 e 50 minutos de fervura, resultando em relação Brix/Acidez menor nesses tempos, tornando a aumentar depois. Tal variação, embora significativa, foi pequena. Na prática, teria pouco efeito em termos de garantir a aceitabilidade do suco por consumidores, pois a acidez do suco continuou elevada após o tratamento. Assim, considera-se que a baixa relação Brix/Acidez é fator corroborativo com a aplicação tecnológica do suco de araçá-boi, pois, segundo Silva et al. (2012), tal relação é a forma mais representativa para avaliar o sabor de frutas e seus produtos do que as medidas de sólidos solúveis e de acidez isoladas.

$A_w$  e umidade reduziram linearmente (Figuras 3a e 3b). Tal comportamento era esperado, em razão da perda de água em forma de vapor à medida que avança o tempo de fervura de líquidos, bem como do aumento linear dos sólidos solúveis e dos outros componentes, discutidos a seguir.

Os valores da  $A_w$  do suco reduziram de 0,884 para 0,875 durante o tratamento (Figura 3a). Banwart (1998) descreveu para sucos de frutas  $A_w$  média de 0,970. López-Malo e Alzamora (2015) consideraram que a atividade de água reduzida, quando combinada a outros fatores, contribui para segurança e preservação dos alimentos. Segundo esses autores, a faixa de valores de  $A_w$



observados neste trabalho, é baixa o suficiente para inibir o crescimento de bactérias Gram-negativas, células vegetativas de *Bacillus*, *Lactobacillus*, a maioria dos cocos, algumas leveduras bem como o crescimento e produção de toxina por todos os tipos de *Clostridium botulinum*.

A umidade inicial do suco foi de 95,87% (Figura 3b), sendo superior àquela encontrada na polpa de araçá-boi por Canuto et al. (2010) (90,1 %), Garzón et al. (2012) (93,6 %), Iturri et al. (2021) (92,7 %) e Virgolin et al. (2017) (94,42 %). Isso, possivelmente, ocorreu, pois o duplo peneiramento da polpa retirou partículas sólidas em suspensão, resultando em maior proporção aquosa no suco a qual, em seguida, diminuiu durante a fervura até 89,06 % (Figura 3b). Em resíduos da fabricação de suco deste fruto, Barros et al. (2017) encontraram umidade inferior a esta (79,05%), uma vez que nesses resíduos basicamente encontram-se os sólidos úmidos, restantes do despulpamento.

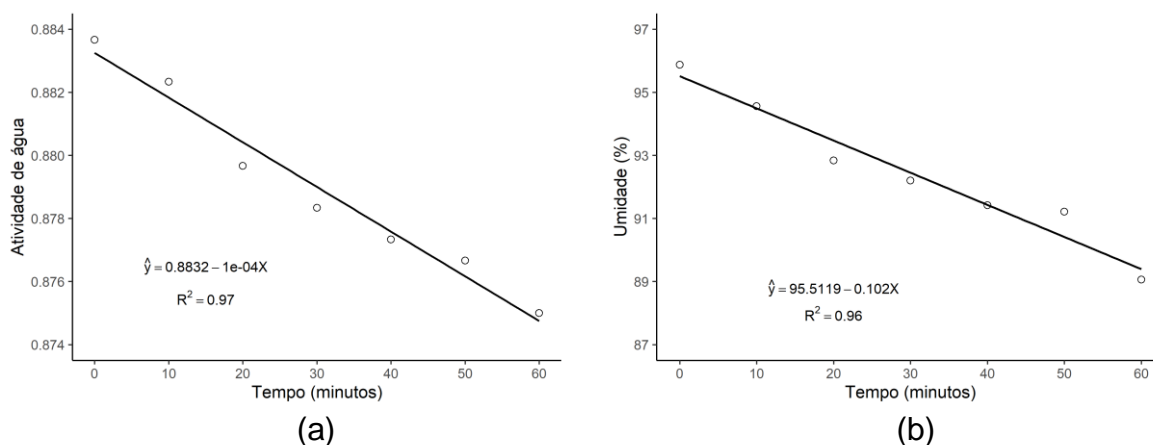


Figura 3. Efeito do tratamento térmico (100 ± 2 °C / 0-60 minutos) sobre a atividade de água (Aw) (a) e a umidade (b).

Fonte: Da autora (2020).

A atividade antioxidante do suco (Figura 4a) iniciou apresentando 59,2 % de inibição do radical DPPH e aumento significativo até os 40 minutos de fervura (93,6 % de inibição) estabilizando-se após esse tempo. O cálculo feito pela equação apresentada no gráfico resultou em pico da atividade antioxidante aos 46 minutos de fervura, não havendo alteração significativa após esse tempo.

Melo et al. (2008) compararam a atividade antioxidante de polpa congelada de 12 frutas diferentes e classificaram-nas conforme o percentual de sequestro do radical DPPH, considerando como polpas com elevada, média e baixa atividade antioxidante as que apresentaram acima de 70 %, entre 50 e 70 % e abaixo de 50 %, respectivamente.

Neste caso, pelos resultados aqui observados, o suco de araçá-boi pode ser considerado como apresentando média atividade antioxidante no tempo zero de fervura, passando a apresentar elevada atividade antioxidante já aos 10 minutos do tratamento, com 73,6 % de inibição do DPPH, atingindo valores máximos entre 30-60 minutos.

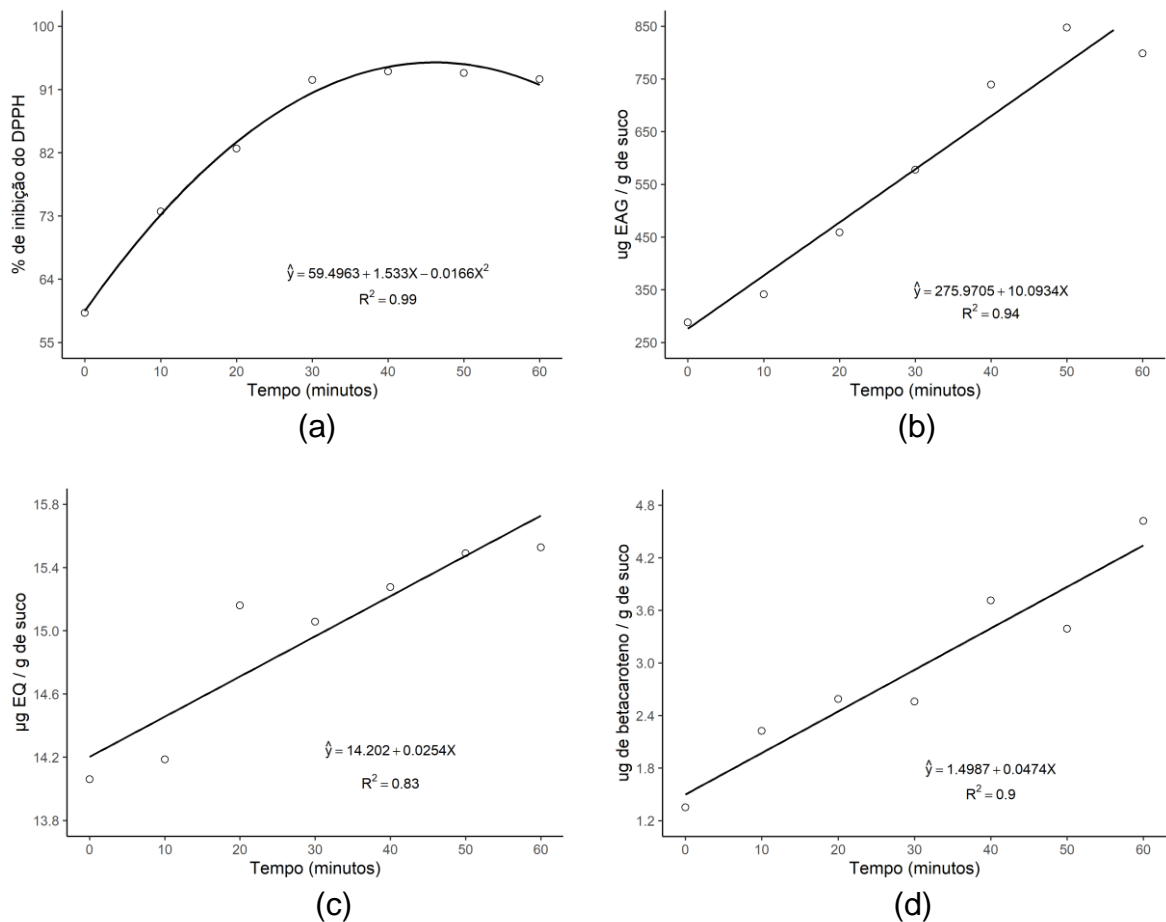


Figura 4. Efeito do tratamento térmico ( $100 \pm 2$  °C / 0-60 minutos) sobre a atividade antioxidante (a), compostos fenólicos (b), flavonoides (c) e carotenoides (d).

Fonte: Da autora (2020).

Neri-Numa et al. (2013) encontraram elevada atividade antioxidante, por sequestro do DPPH, na polpa de araçá-boi congelada. Comparando-se com os resultados encontrados neste trabalho, pode-se considerar que a atividade antioxidante foi moderada no início do tratamento térmico do suco em razão de que parte dos compostos responsáveis por tal atividade, os quais estavam associados às partículas sólidas previamente contidas na polpa, foram retirados durante o duplo peneiramento da polpa para obtenção do suco homogêneo. Contudo, tal perda foi compensada com o tratamento térmico devido à evaporação de água e à preservação desses compostos mesmo durante a fervura.

A quantificação dos compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides (Figura 4b, 4c e 4d, respectivamente), mostrou-se linearmente crescente, em função do tempo de fervura do suco.

Os compostos fenólicos são um grupo de fitoquímicos que possuem um anel aromático com uma ou mais hidroxilas em sua estrutura, atuando como agentes redutores de forma a interromper a cadeia de reações de oxidação por meio da doação de elétrons ou de H aos radicais livres, tornando-os estáveis, ou por meio da complexação com metais iniciadores da oxidação lipídica (Godoy & Rodriguez-Amaya, 1994; Núñez-Sellés, 2005).

Segundo Rufino et al. (2010) e Vasco et al. (2008), frutas que apresentam conteúdo <100 mg EAG (equivalente Ácido Gálico) / 100 g de polpa podem ser classificadas como de baixo teor de compostos fenólicos, enquanto as que apresentam entre 100-500 mg EAG / 100 g e >500 mg EAG / 100g de polpa são classificadas como de teor médio e de alto teor de compostos fenólicos, respectivamente.

Assim, mesmo considerando-se baixo o teor de compostos fenólicos no início do tratamento térmico do suco (288 µg EAG / g ou 28,80 mg EAG / 100 g), tal valor foi superior ao de Garzón et al. (2012), que foi de 19,30 mg EAG / 100 g de polpa de araçá-boi, porém inferior ao de Iturri et al. (2021), que foi de 125 mg EAG / 100 g de polpa. Barros et al. (2017) estudando resíduos da fabricação de suco de araçá-boi obtiveram, respectivamente, 42,81 e 41,49 mg EAG / 100 g de resíduo. Neste trabalho, valores próximos (458,9 µg EAG / g ou 45,89 mg EAG / 100 g de suco) (Figura 4a) foram obtidos aos 20 minutos de fervura do suco, chegando-se ao final da fervura com 798,8 µg EAG / g (79,88 mg EAG / 100 g de

suco), valores tais ainda considerados baixos, conforme Rufino et al. (2010) e Vasco et al. (2008).

Em seus estudos, Melo et al. (2008), observaram que as polpas que apresentaram os maiores teores de compostos fenólicos foram também as que apresentaram maior atividade antioxidante, representada pela maior porcentagem de sequestro do DPPH. Dentre as polpas estudadas, as de acerola, goiaba e de seriguela apresentaram maior atividade antioxidante. Canuto et al. (2010) verificaram que os fenóis totais contribuíram mais do que o ácido ascórbico para a atividade antioxidante em polpa de araçá-boi e de outras frutas.

Outros estudos com polpas de frutas tropicais realizados por Garzón et al. (2012), Neri-Numa et al. (2013), também encontraram forte relação entre o conteúdo de compostos fenólicos e a atividade antioxidante, ratificando os resultados deste trabalho, onde os valores de compostos fenólicos foram superiores aos de flavonoides e de carotenoides no suco de araçá-boi tratado termicamente.

Com relação aos flavonoides, os valores encontrados no início do tratamento foram de 14,06  $\mu\text{g}$  EQ (equivalente Quercetina) / g (ou 1,41 mg EQ / 100g) de suco, aumentando linearmente até atingir 15,52  $\mu\text{g}$  EQ / g (ou 1,55 mg EQ / 100g) de suco (Figura 4c) no fim da fervura. Neri-Numa et al. (2013) encontraram 5,16 mg de Quercetina / 100 g de polpa de araçá-boi. Barros et al. (2017) obtiveram em resíduos da fabricação de suco de araçá-boi 2,52 mg de flavonoides totais / 100 g resíduos, dos quais 2,47  $\mu\text{g}$  / g e 5,79  $\mu\text{g}$  / g de resíduos corresponderam à Quercetina em extrato aquoso e metanólico, respectivamente. Os valores de flavonoides aqui observados mostraram que neste trabalho, os compostos fenólicos foram os principais fitoquímicos envolvidos na atividade antioxidante do suco de araçá-boi.

Os valores de carotenoides no suco de araçá-boi variaram de 1,73-4,62  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno / g de suco (ou 0,17-0,46 mg de  $\beta$ -caroteno / 100 g de suco). Tais valores mostraram-se inferiores aos de Denardin et al. (2015), que foram 6,27  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno / g de polpa, porém superiores aos de Garzón et al. (2012), que foi 0,04  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno / g de polpa. Estes últimos autores consideraram o araçá-boi como diferenciado das outras frutas, por causa do seu padrão único de carotenoides tanto na polpa quanto na casca do fruto, em função das elevadas proporções de luteína, e também zeinoxantina, zeaxantina,  $\beta$ -criptoxantina e  $\beta$ -

caroteno. Eles também consideraram que, devido aos efeitos benéficos à saúde, o araçá-boi pode ser usado como componente nutracêutico na produção de alimentos funcionais.

Conforme apresentado na Figura 5(a), os compostos bioativos no suco de araçá-boi mostraram correlação positiva com a atividade antioxidante, que é devido, principalmente, ao conteúdo de compostos fenólicos, seguido pelos teores de flavonoides e de carotenoides, sendo tal correlação igual a 0,85, 0,79 e 0,72, respectivamente. Barreto et al. (2009), estudando diferentes frutas tropicais, também observaram tal correlação, sendo 0,99 para compostos fenólicos, 0,87 para flavonoides e 0,08 para carotenoides. Para o ácido cítrico (não avaliado neste trabalho) os autores encontraram correlação negativa igual a -0,02.

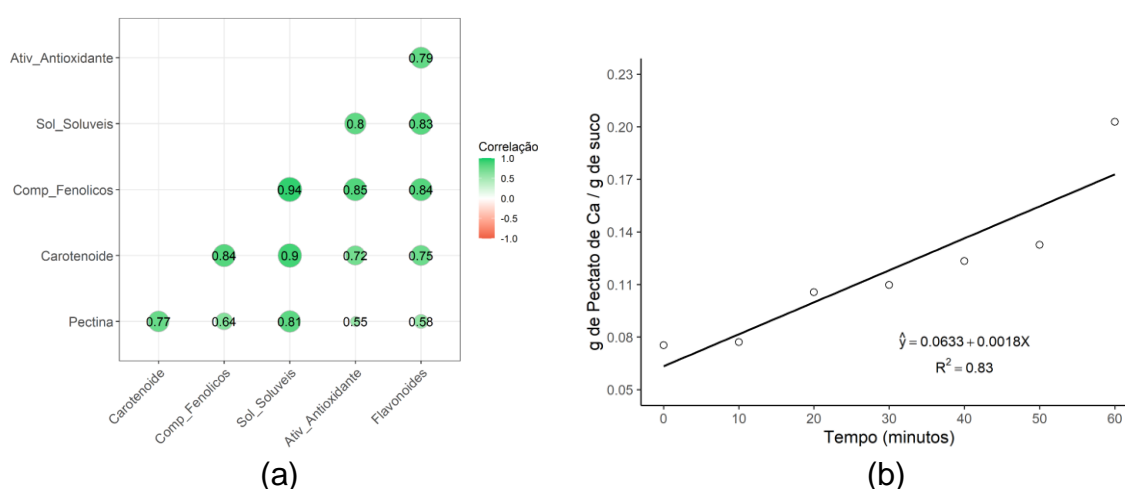


Figura 5. Correlação entre atividade antioxidante, sólidos solúveis, compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides e pectinas (a). Efeito do tratamento térmico (100 ± 2 °C / 0-60 minutos) sobre as pectinas totais (b).  
Fonte: Da autora (2020).

O teor de pectinas totais aumentou linearmente e variou de 0,075-0,203 g de pectato de Ca / 100 g de suco (Figura 5b). Segundo Begum et al. (2017), o teor de pectinas em frutas, pode variar conforme a parte analisada (casca, pele, polpa e resíduos), o estágio de maturação e a variedade da fruta. Esses autores consideraram que as frutas tropicais são importantes fontes de pectina, especialmente quando da obtenção desse polímero para a indústria, tanto na polpa quanto nos resíduos agroindustriais.

Flutto (2003) descreve que as pectinas são fibras solúveis em água e insolúveis na maioria dos solventes orgânicos e essa dissolução é influenciada pelo pH, temperatura, força iônica da solução e dureza da água. Baldini et al. (2017) encontraram em araçá-boi valores de fibras solúveis iguais a 9,84 % (fruto liofilizado), 4,81 % (em peso úmido) e 39,98 % (em peso seco). Filgueiras et al (2002) avaliaram o teor de pectinas totais e pectinas solúveis em frutos de araçá-boi em estado “de vez” e maduros, e encontraram teores maiores nos frutos maduros, sendo 0,39% de pectinas totais e 0,08% de pectinas solúveis.

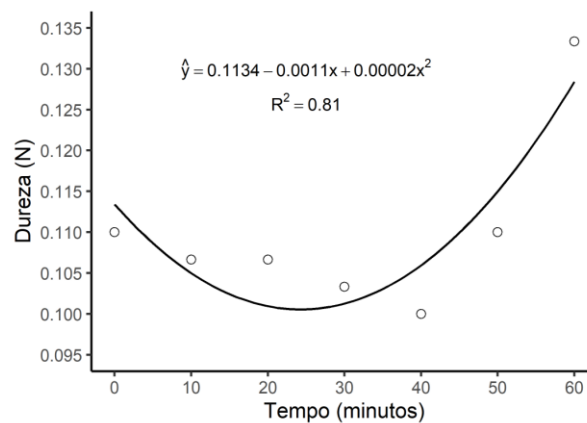


Figura 6. Efeito do tratamento térmico ( $100 \pm 2$  °C / 0-60 minutos) sobre o parâmetro dureza, na análise do perfil de textura do suco de araçá-boi. Fonte: Da autora (2020).

Tabela 1 – Perfil de textura do suco de araçá-boi em função do tratamento térmico ( $100 \pm 2$  °C / 0-60 minutos)

Tempo (min)	Adesividade (mJ)	Fraturabilidade (N)	Coesividade (*)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (N)	Mastigabilidade (mJ)
0	0,10	0,05	0,90	11,25	0,10	1,13
10	0,23	0,03	0,89	9,84	0,09	1,00
20	0,20	0,02	0,96	10,07	0,10	1,10
30	0,26	0,01	0,88	11,71	0,09	1,10
40	0,23	0,02	0,91	10,80	0,06	0,83
50	0,10	0,04	1,05	10,37	0,12	0,90
60	0,16	0,01	0,92	11,92	0,12	1,46
CV (%)	83,36	62,12	16,60	8,66	27,00	50,60

Fonte: Da autora (2020).

De acordo com o teste F (5% de probabilidade), as médias das variáveis Adesividade, Fraturabilidade, Coesividade, Elasticidade, Gomosidade e Mastigabilidade não são diferentes.

(\*) Expressa sem unidade de medida.

Neste trabalho, observou-se que entre os teores de sólidos solúveis (SS) e de pectinas houve correlação positiva igual a 0,81 (Figura 5a), mostrando que uma parte dos sólidos solúveis presentes no suco de araçá-boi é representada pelas pectinas.

Segundo Flutto (2003), soluções pécticas são viscosas, embora as pectinas não promovam tanta viscosidade como outras gomas, tal como a goma arábica. Tal informação é interessante uma vez que, mesmo aumentando o teor de pectinas durante a fervura do suco, seu perfil de textura não se alterou significativamente, conforme mostrado na Tabela 1, exceto no parâmetro Dureza. Esta reduziu até os 40 minutos de fervura (Figura 6), aumentando novamente em seguida, enquanto adesividade, fraturabilidade, coesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade não alteraram. Isso pode estar relacionado ao fato de que, segundo esse mesmo autor, apenas as soluções que contenham mais de 1% de pectinas exibem comportamento pseudoplástico, e isso também depende do tipo e concentração da pectina, teor de cálcio e pH da solução.

Millán et al. (2007) avaliaram a textura da polpa de araçá-boi aquecida a até 80 °C por 15 minutos e submetida, posteriormente, a diferentes velocidades de congelamento e de descongelamento. Eles observaram que o aquecimento não modificou grandemente as propriedades relacionadas com a textura da polpa. Contudo, o processo de congelamento e descongelamento da polpa após o tratamento térmico afetou sua textura, e o congelamento rápido seguido pelo descongelamento lento foi o tratamento que gerou menor deterioração dos atributos de textura física avaliados.

Apesar disso, neste trabalho, mesmo realizando o congelamento lento da polpa antes da obtenção do suco, tal processo pode não ser o principal fator para o resultado encontrado no perfil de textura do suco e, sim, o peneiramento para retirada de partículas sólidas em suspensão, antes do tratamento térmico, tornando-o mais homogêneo.

Os parâmetros de cor do araçá-boi são apresentados na Figura 7. A luminosidade ( $L^*$ ) (Fi. 7a) apresentou valores entre 6,64-0,89, considerados baixos se comparados aos de Canuto et al. (2010) ( $L = 40,7$ ) e de Iturri et al. (2021) ( $L = 56,0$ ), possivelmente em razão da maior transparência do suco comparada à polpa devido à maior proporção de partículas sólidas presentes nesta.

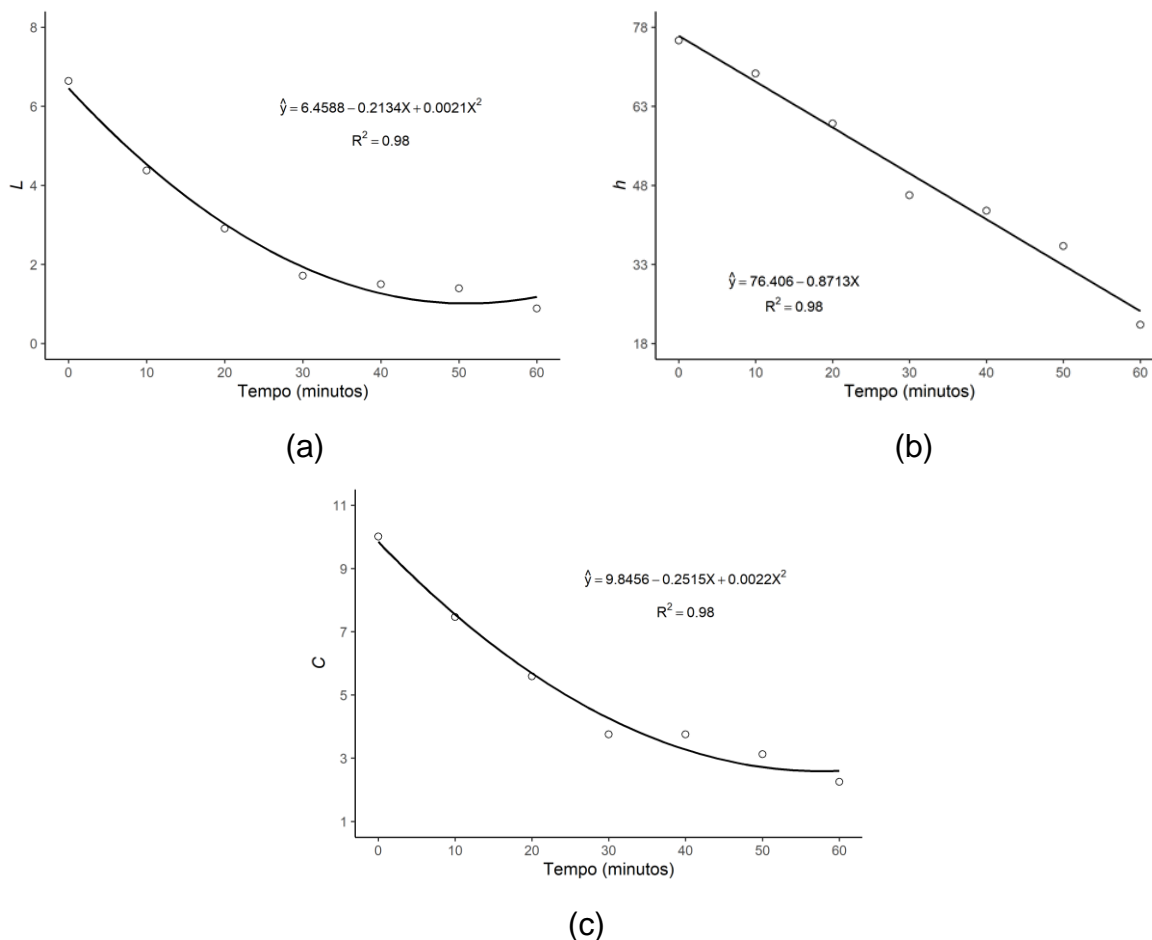


Figura 7. Efeito do tratamento térmico ( $100 \pm 2$  °C / 0-60 minutos) sobre a luminosidade (a), tonalidade (b) e cromaticidade da cor (c) do suco de araçá-boi. Fonte: Da autora (2020).

A tonalidade da cor (h) e a cromaticidade (C) variaram de 75,49-21,54 (Fig 7b) e 10,01-2,25 (Figura 7c), respectivamente. Canuto et al. (2010) encontraram  $h = 49,5$  para a polpa de araçá-boi, o qual está dentro da faixa de valores encontrada neste trabalho. Para a cromaticidade esses autores encontraram 29,8, valor este superior aos deste trabalho, possivelmente em razão de o suco ser menos concentrado e, portanto, com menor intensidade de amarelo. Segundo Hernández et al. (2007), quanto mais próximo de 90,0 for a tonalidade da cor (h), mais amarelo e quanto mais próximo de zero, mais vermelho é o produto avaliado. Isso corrobora os resultados aqui encontrados, uma vez que foi visivelmente perceptível a modificação da cor do suco durante o tratamento térmico, o qual mostrou-se mais escuro ao final.



## RESUMO E CONCLUSÕES

O tratamento térmico do suco de araçá-boi resultou em um produto cuja elevada acidez, baixo pH, baixa relação Brix/Acidez, teor de compostos bioativos e atividade antioxidante se mostraram favoráveis à sua aplicação tecnológica como ingrediente para melhorar a conservação e as propriedades funcionais de produtos alimentícios.

Deve-se observar que para garantir o aproveitamento da máxima atividade antioxidante, o suco de araçá-boi não requer tratamento térmico mediante fervura por período superior a 46 minutos.

A depender da sua aplicabilidade, agentes que incrementem o perfil de textura poderão ser adicionados ao suco de araçá-boi, garantindo melhor viscosidade, adesividade, gomosidade, dentre outras características.

## AGRADECIMENTOS

A UENF, ao IFES Campus Itapina e ao Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES, pelo apoio técnico-científico e a Coordenadoria de Capacitação de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, que possibilitaram a execução dos trabalhos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, J. P. L. (1983). Araçá-boi (*Eugenia stiptata*, McVaug): aspectos e dados preliminares sobre a sua composição química. *Acta Amaz.*, Notas e Comunicações, 13(5-6), 963-954.  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59671983000600953](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59671983000600953).
- Baldini, T. F.; Neri-Numa, I. A.; Sacramento, C. K.; Schmiele, M.; Bolini, H. M. A.; Pastore, G. M.; Bicas, J. L. (2017). Elaboration and characterization of apple

nectars supplemented with araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh — Myrtaceae). *Beverages*, 3(59). <http://doi:10.3390/beverages3040059>.

Banwart, J. G. (1998) *Basic food Microbiology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6453-5>.

Barreto, G. P. M.; Benassi, M. T.; Mercadante, A. Z. (2009). Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. *Journal of Brazilian Chemical Society*, 20(10), 1856-1861. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-50532009001000013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-50532009001000013).

Barros, R. G. C.; Andrade, J. K. S.; Denadai, M.; Nunes, M. L.; Narain, N. (2017). Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues. *Food Research International*, 102, 84-92. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.082> em 12/04/21.

Begum, R.; Yusof, Y. A.; Aziz, M. G.; Uddin, M. B. (2017). Screening of fruit wastes as pectin source. *J. Environ. Sci. & Natural Resources*, 10(1), 65-70. <http://10.3329/jesnr.v10i1.34696>.

Canuto, G. A. B.; Xavier, A. A. O.; Neves, L. C.; Benassi, M. T. (2010). Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. *Rev. Bras. Frutic.*, 32(4), 1195-1205. <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v32n4/AOP12910.pdf>.

Carrillo, M. P.; Hernández, M. S.; Hernández, C.; Jiménez, C.; Jiménez, P. Cardona, J. (2009). Calidad e innovación en la cadena de valor de frutales nativos, arazá y copoazú. In: Hernández, M. S. (Org.). *Frutas amazónicas: competitividad y innovación*. (pp. 55-76). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. <https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/Frutas%20amazonicas.%20competitividad%20e%20innovacion.pdf>.

Carvalho, G. G. P.; Fernandes, F. E. P.; Pires, A. J. V. (2006). Métodos de determinação dos teores de amido e pectina em alimentos para animais. *Revista Eletrônica de Veterinária REDVET*, 7(1). [https://www.researchgate.net/publication/26423545\\_Metodos\\_de\\_determinacao\\_dos\\_teores\\_de\\_amido\\_e\\_pectina\\_em\\_alimentos\\_para\\_animais\\_Determination\\_methods\\_of\\_starch\\_and\\_pectin\\_levels\\_in\\_animal\\_feeds#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/26423545_Metodos_de_determinacao_dos_teores_de_amido_e_pectina_em_alimentos_para_animais_Determination_methods_of_starch_and_pectin_levels_in_animal_feeds#fullTextFileContent).

Cuellar, F. A.; Ariza, E.; Anzola, C.; Restrep, P. (2013). Research of antioxidant capacity of araçá (*Eugenia stipitata* McVaugh) during the ripening. *Revista Colombiana de Química*, 42(2), 213-325. [https://www.researchgate.net/publication/287115387\\_Research\\_of\\_antioxidant\\_capacity\\_of\\_araca\\_Eugenia\\_stipitata\\_Mc\\_Vaugh\\_during\\_the\\_ripening](https://www.researchgate.net/publication/287115387_Research_of_antioxidant_capacity_of_araca_Eugenia_stipitata_Mc_Vaugh_during_the_ripening).

Denardin, C. C.; Hirsch, G. E.; Rocha, R. F.; Vizzoto, M.; Henriques, A. T.; Moreira, J. C. F.; Guma, F. T. C. R.; Emanuelli, T. (2015). Antioxidant capacity

and bioactive compounds of four Brazilian native fruits. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23(3), 387–398. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfda.2015.01.006>.

Falcão, M. A.; Chávez Flores, W. B.; Ferreira, S. A. N.; Clement, C. R.; Barros, M. J. B.; Brito, J. M. C.; Santos, T. C. T. (1988). Aspectos fenológicos e ecológicos do "araçá-boi" (*Eugenia stipitata* McVaugh) na Amazônia Central. I. Plantas juvenis. *Acta Amaz.*, 18(3-4), 27-38. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59671988000400027](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59671988000400027).

Fernández-Trujillo, J. P.; Hernández, M. S.; Carrillo, M.; Barrera, J. (2011). Arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). In: E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: Açai to citrus* (Vol.2, pp. 98-117). Woodhead Publishing. <https://www.sciencedirect.com/book/9781845697341/postharvest-biology-and-technology-of-tropical-and-subtropical-fruits>.

Figueiras, H. A. C.; Alves, R. E.; Moura, C. F. H.; Araújo, N. C. C.; Almeida, A. S. (2002). Quality of fruits native to Latin America for processing: arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Acta Hort.*, 575, 543-547. <http://10.17660/ActaHortic.2002.575.63>.

Flutto, L. (2003). Pectin: properties and determination. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2.ed. pp. 4440-4449. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00901-9> em 06/04/21.

Garzón, G. A.; Narváez-Cuenca, C. E.; Kopec, R. E.; Barry, A. M.; Riedl, K. M.; Schwartz, S. J. (2012). Determination of carotenoids, total phenolic content, and antioxidant activity of Arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh), an Amazonian fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(18), 4709-4717. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf205347f>.

Godoy, H. T. & Rodriguez-Amaya, D. B. (1994). Occurrence of cis-isomers of provitamin A in Brazilian fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 42(6), 1306–1313. <https://doi.org/10.1021/jf00042a011>.

Gomes, R. B.; Viana, E. S.; Jesus, J. L.; Silveira, S. M.; Fonseca, M. D.; Sacramento, C. K. (2010). Avaliação físico-química de geleia de arazá-boi com banana. *Embrapa Mandioca e Fruticultura*. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26536/1/040-Ronald-Eliseth-ok.pdf>.

Hernández, M.S.; Barrera, J.; Bardales, X.L.; Carrillo, M.P. (2006) Manejo y transformación de frutales nativos de la Amazonia. *Revista Colombia Amazónica*, Agosto (extra), p. 191-204. [https://www.portalces.org/sites/default/files/12\\_manejo\\_y\\_transformacin\\_de\\_frutales\\_nativos\\_de\\_la\\_amazonia.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/12_manejo_y_transformacin_de_frutales_nativos_de_la_amazonia.pdf) em 07/06/20.

Hernández, M. S.; Martínez, O.; Fernández-Trujillo, J. P. (2007). Behavior of arazá fruit quality traits during growth, development and ripening. *Scientia Hort.*, 111,

220-227.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423806004304>.

Holt, R. (1954). Volumetric determination of pectin as calcium pectate. *Analyst*, 79, 623-627. <http://doi:10.1039/AN9547900623>.

IAL – Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos* (4.ed. 1.ed. digital). <http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>.

Iturri, M. S.; Calado, C. M. B.; Prentice, C. (2021). Microparticles of *Eugenia stipitata* pulp obtained by spray-drying guided by DSC: An analysis of bioactivity and in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 334(127557). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127557>.

Lawless H. & Heymann H. (2010). Color and appearance. In: *Sensory Evaluation of Food*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5_12).

Lima, E. D. P. A.; Lima, C. A. A.; Aldrigue, M. L.; Gondim, P. J. S. (2002). Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias* spp.) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(2), p.338-343. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452002000200013>.

López-Malo, A. & Alzamora, S. M. (2015). Water activity and microorganism control: past and future. In: Gutiérrez-López G.; Alamilla-Beltrán, L.; del Pilar Buera, M.; Welti-Chanes, J.; Parada-Arias, E.; Barbosa-Cánovas, G. (eds) *Water stress in biological, chemical, pharmaceutical and food systems*. Food Engineering Series. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2578-0\\_18](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2578-0_18).

Mamede, M. E. O.; Suzarth, M.; Jesus, M. A. C. L.; Cruz, J. F. M.; Oliveira, L. C. (2013). Avaliação sensorial e colorimétrica de néctar de uva. *Alim. Nutr.= Braz. J. Food Nutr.*, 24(1), 65-72. <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/65/2157>.

Melo, E. A.; Maciel, M. I. S.; Lima, V. L. A. G.; Araujo, C. R. (2008). Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. *Alim. Nutr.*, 19(1), 67-72. [https://www.researchgate.net/publication/49599787\\_Teor\\_de\\_fenolicos\\_totais\\_e\\_capacidade\\_antioxidante\\_de\\_polpas\\_congeladas\\_de\\_frutas](https://www.researchgate.net/publication/49599787_Teor_de_fenolicos_totais_e_capacidade_antioxidante_de_polpas_congeladas_de_frutas).

Millán, E.; Restrepo, L. P.; Narváez, C. E. (2007). Efecto del escaldado, de la velocidad de congelación y de descongelación sobre la calidad de la pulpa congelada de arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Agronomía Colombiana*, 25(2), 333-338. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652007000200017](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652007000200017) em 03/04/21.

Nellis, S. C.; Correia, A. F. K.; Spoto, M. H. F. (2017). Extração e quantificação de carotenoides em minitomate desidratado (Sweet Grape) através da aplicação

- de diferentes solventes. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, e2016156. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.15616>.
- Neri-Numa, I. A.; Carvalho-Silva, L. B.; Morales, J. P.; Malt, L. G.; Muramoto, M. T.; Ferreira, J. E. M.; Carvalho, J. E.; Ruiz, A. L. T. G.; Maróstica Júnior, M. R.; Pastore, G. M. (2013). Evaluation of antioxidante, antiproliferative and antimutagenic potential of araçá-boi fruit (*Eugenia stipitata* McVaugh – Mirtaceae) of the Brazilian Amazon Forest. *Food Research International*, 50(1), 70-76. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996912003912>.
- Novasina. (2021). *LabSwift-aw: portable measurement instrument for accurate and fast water activity ( $a_w$ ) determination.* (4p.) <http://www.potencialzero.com/media/27660/pro-labswift-aw-e.pdf> em 01/04/21.
- Núñez-Sellés, A. J.; (2005). Antioxidant Therapy: Myth or Reality? *J. Braz. Chem. Soc.*, 16(4): 699-710. <https://www.scielo.br/pdf/jbchs/v16n4/25341.pdf>.
- Perdigão, T. L. (2012). Avaliação morfofisiológica, fitoquímica e mutagênica de *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg exposta a diferentes concentração de alumínio [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo]. (Respositório UFES). <https://repositorio.ufes.br/handle/10/5738>.
- Pretti, I. R.; Luz, A. C.; Jamal, C. M.; Batitucci, M. C. P. (2018). Variation of biochemical and antioxidante actividty with respect to the phenological stahge of *Tithonia diversifolia* Hemsl. (Asteraceae) populations. *Industrial Crops & Products*, 121, 241–249. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.080>.
- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing.* R Foundation for Statistical Computing. <http://www.r-project.org/index.html>.
- Rogez, H.; Buxant, R.; Mignolet, E.; Souza, J. N. S.; Silva, E. M.; Larondelle, Y. (2004). Chemical composition of the pulp of three typical Amazonian fruits: araçá-boi (*Eugenia stipitata*), bacuri (*Platonia insignis*) and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). *European Food Research Technology*, 218, 380-384. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-003-0853-6>.
- Rosenthal, A. J. (2001). Relación entre medidas instrumentales y sensoriales de la textura de alimentos. In: Rosenthal, A. J. *Textura de los alimentos: medida y percepción.* (pp. 1-17). Acribia. [https://www.researchgate.net/publication/31764889\\_Textura\\_de\\_los\\_alimentos\\_medida\\_y\\_percepcion\\_AJ\\_Rosenthal\\_tr\\_por\\_A\\_Ibarz\\_Ribas](https://www.researchgate.net/publication/31764889_Textura_de_los_alimentos_medida_y_percepcion_AJ_Rosenthal_tr_por_A_Ibarz_Ribas).
- Rufino, M. S. M.; Alves, R. E.; Brito, E. D.; Pèrez-Giménez, J.; Saura-Calixto, F.; Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121: 996–1002. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>.
- Sacramento, C. K.; Barreto, W. S.; Faria, J. C. (2008). Araçá-boi: uma alternativa para agroindústria. *Bahia Agrícola*, 8(2), 22-24.

<http://www.seagri.ba.gov.br/content/araçá-boi-uma-alternativa-para-agroindústria>.

- Sandoval, E. R. & Garzón, P. B. (2009). Evaluating the cooking process for obtaining hard candy from arazá (*Eugenia stipitata*) pulp. *Revista Ingeniería e Investigación*, 29(2), 35-41. [https://www.researchgate.net/publication/262755690\\_Evaluating\\_the\\_cooking\\_process\\_for\\_obtaining\\_hard\\_candy\\_from\\_araza\\_Eugenia\\_stipitata\\_pulp](https://www.researchgate.net/publication/262755690_Evaluating_the_cooking_process_for_obtaining_hard_candy_from_araza_Eugenia_stipitata_pulp).
- Santos, V.; Ramos, J. D.; Tostes, N. V.; Silva, F. O. R.; Almeida, L. G. F. (2017). Caracterização física e química de frutos de araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh) em Lavras – MG. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer 14(26), 167-180. <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2017b/agrar/caracterizacao%20fisica%20e%20quimica.pdf>.
- Silva, D. F. P.; Siqueira, D. L.; Rocha, A.; Salomão, L. C. C.; Matias, R. G. P.; Struiving, T. B. (2012). Diversidade genética entre cultivares de mangueiras, baseada em caracteres de qualidade dos frutos. *Revista Ceres*, 59(2), p.225-232. <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v11n2p159-163>.
- Trihn, K. T. & Glasgow, S. (2012). On the texture profile analysis test. (pp. 1-13). Institute of Food Nutrition and Human Health. [https://www.researchgate.net/publication/316093466\\_On\\_the\\_texture\\_profile\\_analysis\\_test](https://www.researchgate.net/publication/316093466_On_the_texture_profile_analysis_test).
- Vargas, A. M.; Camelo, A. P. R.; Cuenca, C. E. N. (2005). Capacidade antioxidante durante la maduración de arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Rev. Colombiana de Química*, 34, 57-65. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28042005000100005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042005000100005).
- Vasco, C.; Ruales, J.; Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111, 816–823. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054>.
- Virgolin, L. B.; Seixas, F. R. F.; Janzantti, N. S. (2017). Composition, content of bioactive compounds, and antioxidant activity of fruit pulps from the Brazilian Amazon biome. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(10), 933-941. <http://10.1590/S0100-204X2017001000013>.
- Zielinski, A. A. F.; Ávila, S.; Ito, V.; Nogueira, A.; Wosiacki, G.; Haminiuk, C. W. I. (2014). The association between chromaticity, phenolics, carotenoids, and in vitro antioxidante activity of frozen fruit pulp in Brazil: an application of chemometrics. *Journal of Food Science*, 79(4): C510-6. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12389>.

### **3.2. ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL A PARTIR DE ARAÇÁ-BOI VISANDO SUA UTILIZAÇÃO EM QUEIJO**

#### **RESUMO**

Entre as frutas Amazônicas, o araçá-boi (*E. stipitata* McVaugh) destaca-se por suas propriedades nutricionais e funcionais, acidez e atividade antioxidante elevada e é usado em sucos e geleias ou como componente secundário em outros produtos. O apelo à agregação de valor e à inovação leva à busca de sua aplicação em novas tecnologias em alimentos. Uma delas é o revestimento comestível, muito estudado sobre diferentes tipos de alimentos, com proposta atual de uso de materiais naturais, de baixo custo e biodegradáveis. Como matrizes para revestimentos comestíveis destacam-se: proteínas, fibras, lipídios e polissacarídeos, aos quais podem ser associadas substâncias funcionais. A pectina é um polissacarídeo muito usado em revestimentos para frutas *in natura* e minimamente processadas, frango, peixe e tofu. Porém, como revestimento sobre queijos seu uso ainda é incipiente. O objetivo deste trabalho foi elaborar e caracterizar um revestimento comestível a partir do araçá-boi visando sua aplicação sobre queijos. Com base em metodologia de trabalho prévio, suco obtido da polpa duplamente peneirada foi fervido por 45 minutos, adicionando-se 1 % de pectina cítrica aos 35 minutos, e refrigerado a 4°C. Entre o suco e o revestimento, compararam-se: características físico-químicas [pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação Brix/acidez (RBA), densidade relativa (DR), umidade, atividade de água (Aw), atividade antioxidante, compostos

fenólicos, carotenoides, flavonoides e pectinas totais]; parâmetros de cor; perfil de textura e contagem de bolores e leveduras. No revestimento, diminuíram significativamente o pH (2,84), a umidade (90,62%) e a  $A_w$  (0,890). Aumentaram significativamente SS (11,18 °Brix), AT (5,55 mg ácido málico.100 g<sup>-1</sup>), RBA (2,01), DR (1,08 g/mL), e atividade antioxidante (87,08% de inibição do DPPH), sendo esta devida ao teor de compostos fenólicos (530,08 µg EAG.g<sup>-1</sup>) mais elevado que o de carotenoides (0,62 µg EQ.g<sup>-1</sup>) e de flavonoides (1,97 µg β-caroteno.g<sup>-1</sup>). O aumento significativo de pectinas totais (0,36 mg pectato de Ca.g<sup>-1</sup>) promoveu escurecimento do revestimento, mas não alterou o perfil de textura, exceto para a resiliência, havendo, porém, espessamento do revestimento. A contagem de bolores e leveduras não diferiu entre suco e revestimento, observando-se menos colônias com características de bolores do que de leveduras, as quais podem ser nativas do fruto de araçá-boi. Concluiu-se que a metodologia de elaboração do revestimento comestível de araçá-boi possibilita resultados reprodutíveis, indicando a viabilidade de sua futura aplicação sobre queijos.

**Palavras-chave:** *E. stipitata*; pectina; atividade antioxidante.

## ABSTRACT

Among Amazonian fruits, araçá-boi (*E. stipitata* McVaugh) presents nutritional and functional properties, high acidity and antioxidant activity and it is used in juices and jellies or as secondary ingredient in other food products. Adding value and innovation appeal, leads to searching for its application on new food technologies. The edible coating is a technology too much studied on different types of foods and its current proposal is the use of natural, low cost and biodegradable materials. Proteins, fibers, lipids and polysaccharids are usual bases, which can be associated with some materials with functional properties. Pectin is a polysaccharid largely utilized in edible coatings for *in natura* and fresh cut fruits, poultry, fish and *tofu*. However, as edible coating for cheese, pectin use is still incipient. The aim of this work was to elaborate and characterize an edible coating from araçá-boi fruit for its application on cheeses. Based on a previous



methodology, araçá-boi juice was boiled for 45 minutes being added citrus pectin 1 % after 35 minutes, followed by cooling at 4°C. The edible coating physicochemical characteristics (pH, soluble solids, titratable acidity, brix/acidity ratio, relative density, moisture, water activity, antioxidant activity, phenol compounds, carotenoids, flavonoids and total pectins), color parameters, texture profile analysis, moulds and yeasts counting were compared with initial juice. In the edible coating reduced significantly the pH (2,4), moisture (90,62%), and  $A_w$  (0,890). Significant increase was observed in soluble solids contents (11,18 °Brix), titratable acidity (5,55 mg malic acid.100g<sup>-1</sup>), Brix/Acidity ratio (2,01), relative density (1,08 g/mL), and antioxidante activity (87,08% DPPH inhibition) being this due the phenolic compounds content (530,08 µg GAE.g<sup>-1</sup>) that was higher than carotenoids (0,62 µg QE.g<sup>-1</sup>) and flavonoid (1,97 µg β-caroten.g<sup>-1</sup>) contents. Significant increase in the total pectins (0,36 mg calcium pectate.g<sup>-1</sup>) promoted browning of the edible coating, but did not changed the texture profile, with exception to the resilience parameter. However, edible coating thickening was observed. The moulds and yeasts counting was not diferente between juice and edible coating, and less mould than yeasts colonies were observed, and these yeasts colonies can be native from araçá-boi fruits. We concluded that the tested methodology for the edible coating elaboration promoted reproducible results, indicating the viability for its future application on cheeses.

**Keywords:** *E. stipitata*; Pectin; New products development.

## INTRODUÇÃO

Frutas silvestres da Amazônia brasileira, do gênero *Eugenia* (família Myrtaceae), como a pitanga (*E. uniflora* L.), a uvaia (*E. pyriformis* Cambess), a grumixama (*E. brasiliensis* Lam.) e o araçá-boi (*E. stipitata* McVaugh), apresentam excelentes características nutricionais, funcionais e econômicas, constituindo-se como importante oportunidade quando o foco é a agregação de valor e a inovação (Araújo et al., 2019).

Dentre estas frutas, o araçá-boi, introduzido no Espírito Santo por volta dos anos 2000 em cultivo implantado no IFES Campus Itapina para fins de pesquisas sobre controle de mosca-das-frutas (Binda et al., 2011; Fontes et al., 2012) e dissimilaridade genética (Souza et al., 2012), foi alvo recente de estudos sobre fenologia e o desenvolvimento de geleia e licor (Morais, 2020), caracterização de farinha (Bernardina et al., 2020) e efeito do tratamento térmico sobre o suco do fruto visando sua aplicação tecnológica (Holtz et al., 2020).

Devido ao seu alto teor de fibras (6,5%), ácidos orgânicos como succínico, cítrico, ascórbico e málico (principal) (Filgueiras et al., 2002; Hernández et al. 2007); elevada acidez (Hernández et al., 2007; Santos et al., 2017); vitaminas A, B1 e C, minerais como K, P, Ca, Mg e Na, além de baixo teor de lipídios e açúcares (Rogez et al., 2004; Canuto et al., 2010). Além disso, os frutos maduros apresentam-se com alto rendimento de polpa (88,57%), porém baixo conteúdo de amido (0,6 %) e de pectinas totais (0,39 %) (Filgueiras et al., 2002), o que implica em baixa viscosidade no suco desses frutos.

Destaca-se, também, no araçá-boi a presença de componentes bioativos naturais, que são moléculas biossintetizadas a partir do metabolismo secundário dos vegetais, com função de proteção, polinização, pigmentação, entre outras (Harborne e Baxter, 1999; Hasler e Blumberg, 1999; Patra, 2012; Saxena et al., 2013; Huang et al., 2016). A bioatividade dessas moléculas é definida como a capacidade de interagir com um ou mais componentes de um tecido vivo e de apresentar uma larga faixa de prováveis efeitos nesses tecidos vivos, inclusive do corpo humano, destacando-se atividades antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana, conservante, etc. (Guaadaoui et al., 2014).

Compostos bioativos de destaque no araçá-boi incluem: flavonoides (miricetina, kaempferol, epicatequina e quercetina), carotenoides ( $\alpha$  e  $\beta$ -criptoxantina, zeaxantina, luteína, fitoeno e  $\beta$ -caroteno) e compostos fenólicos (ácidos vanílico, elágico, clorogênico, cafeico e gálico), e estes últimos são muito relacionados à atividade antioxidante na polpa deste fruto, quando comparados aos flavonoides e carotenoides (Vargas et al., 2005; Melo et al., 2008; Barreto et al. 2009; Cuellar et al., 2013; Neri-Numa et al., 2013; Araújo et al., 2019). A atividade antioxidante é elevada na polpa (Neri-Numa et al., 2013) e média no suco peneirado deste fruto, podendo elevar-se mediante tratamento térmico do suco por até 46 minutos, indicando que os compostos fenólicos presentes no fruto

resistem à fervura prolongada, o que também contribui para elevar teores de carotenoides, flavonoides, sólidos solúveis e acidez (Holtz et al., 2020).

O araçá-boi é bastante ácido, com pH entre 2,6-4,0 (Canuto et al., 2010; Garzón et al., 2012) e baixo teor de sólidos solúveis (4,1-5,7 °Brix) (Filgueiras et al., 2002). Por isso, o fruto apresenta uma relação brix/acidez em torno de 2,33, que é considerada extremamente baixa, o que reduz a aceitabilidade do fruto pelos consumidores na sua forma in natura (Sacramento et al., 2008). Por esta razão, não é consumido fresco, mas tem sido usado industrialmente em diversos produtos e formulações, destacando-se sucos, néctar, bebidas energéticas, sorvetes, geleias, xaropes, doces, mousses, iogurte e farinha (Rogez et al., 2004; Hernández et al., 2006; Sacramento et al., 2008; Carrillo et al., 2009; Sandoval e Garzón, 2009; Fernández-Trujillo et al., 2011; Viana et al., 2011; Viana et al., 2012; Bernardina et al., 2020;).

Assim, é evidente o potencial do uso do suco do araçá-boi para fins tecnológicos, visando o incremento na conservação e nas propriedades funcionais de produtos alimentícios, com foco em inovação (Holtz et al., 2020).

Tecnologias como o uso de filmes e revestimentos comestíveis sobre alimentos têm sido utilizadas há algumas décadas e consistem, respectivamente, de um filme que pode ser usado para envolver o alimento ou de uma fina camada de material comestível que cobre diretamente o alimento, sem modificar seus componentes originais ou método de processamento (Wihodo e Moraru, 2013; Azeredo e Walddron, 2016; Zink et al., 2016).

Os revestimentos comestíveis são materiais de cobertura aplicados ao alimento a fim de: melhorar sua aparência formar barreira à transmissão de gases, à migração de umidade, ao oxigênio, ao CO<sub>2</sub> e a aromas; retardar a maturação e prolongar a vida útil e a qualidade dos alimentos; preservar as características sensoriais como sabor e aroma; prevenir reações de oxidação; manter pigmentos e atuar como agentes antimicrobianos (Aguirre-Joya et al., 2018; Ulusoy et al., 2018; Yemenicioglu, 2018).

Por serem elaborados com substâncias de ocorrência natural, os revestimentos comestíveis constituem uma forma de oferecer uma fonte saudável, de baixo custo e biodegradável para a preservação dos alimentos, além de carrear nutrientes essenciais que são consumidos junto com os alimentos (Hassan et al., 2018).

Biopolímeros naturais, moléculas orgânicas compostas por monômeros que se repetem e são produzidos por organismos vivos (Hassan et al., 2019), podem ser extraídos de diferentes fontes, puros ou adicionados de outras substâncias naturais para compor revestimentos comestíveis, conforme citado por Santos et al. (2020) em uma compilação de estudos. Além das proteínas como o colágeno e a gelatina, e dos lipídios como o glicerol, os polissacarídeos destacam-se pela inúmera variedade de fontes e de polímeros utilizados para revestimentos comestíveis, como amidos de banana, de arroz e de mandioca, quitosana, goma xantana, fibras e pectina.

A pectina é um polissacarídeo componente na parede celular de vegetais, carregado negativamente, com ação ligante, capacidade de formar géis e com propriedades reológicas significativamente melhores em condições ácidas quando comparadas às condições neutras e alcalinas, bem como na presença de cátions multivalentes (Han, 2014).

E, uma vez que o suco de araçá-boi apresenta elevada acidez (Hernández et al., 2007; Santos et al., 2017) e baixo teor de pectina (Filgueiras et al., 2002), esta apresenta-se como componente que pode ser adicionado ao suco de araçá-boi para elaboração de revestimento comestível.

A pectina tem apresentado bons resultados em revestimentos comestíveis, resultando em melhor conservação de minipães, frutas frescas e minimamente processadas, tomates, peito de frango e tofu (Rojas-Graü et al., 2009; Valdés et al., 2015; Wei et al., 2017; Noori et al., 2018; Chakravartula et al., 2019; Sucheta et al., 2019). Em queijos, os polissacarídeos mais utilizados como revestimentos são quitosana, ágar, galactomana, goma-guar (Cerqueira et al., 2009; Fajardo et al., 2010; Ramos et al., 2012; Zhong et al., 2014; Elguea-Culebras et al., 2019). Contudo, o uso da pectina como revestimento para queijos ainda é incipiente, sendo relatado apenas como parte da composição de um revestimento de fibras solúveis de tangerina, usado em um queijo espanhol de baixo teor de gordura (Artiga-Artigas et al., 2017).

Além disso, o uso de biopolímeros, em formulações com proporções adequadas e a incorporação de agentes bioativos para compor revestimentos comestíveis também é importante para obter revestimentos com propriedades físico-químicas e ativas desejáveis (Yemenicioglu, 2018).

Assim, considerando as tendências atuais de inovação e a utilização de uma base natural para revestimento comestível que seja diferente das usualmente estudadas e que apresente elevado teor de compostos com propriedades funcionais, este trabalho teve como objetivo elaborar e caracterizar revestimento comestível à base de suco de araçá-boi visando sua futura aplicação em queijo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido no IFES Campus Itapina, utilizando-se frutos maduros de araçá-boi (*E. stipitata* McVaugh) provenientes da Unidade de Fruticultura colhidos na safra de julho de 2019 e, imediatamente conduzidos à Unidade de Vegetais da Coordenadoria de Produção Agroindustrial do Campus.

### Obtenção do suco de araçá-boi

Para esta etapa, seguiu-se a metodologia de Holtz et al. (2020). Procedeu-se seleção, lavagem e sanitização com solução clorada dos frutos, seguindo-se despulpamento em despulpadora Itametal® modelo Bonina. A polpa foi acondicionada em sacos de polietileno com capacidade para 2 kg e mantida em câmara de congelamento a -18 °C até sua utilização.

Após descongelamento em refrigerador a 10 °C, 24 kg de polpa foram peneirados manualmente por duas vezes em peneiras com poros de 1,0 e 0,5 mm, respectivamente, para se retirar o máximo de partículas sólidas em suspensão e promover melhor homogeneização da polpa.

Ao final, obtiveram-se 17,2 kg de suco, dos quais 15 kg foram utilizados como base para o revestimento comestível, 1,2 kg foi reservado e mantido a 10 °C para as análises físico-químicas, de cor e de textura e 1 kg foi reservado e mantido a -18 °C para a contagem de bolores e leveduras, posteriormente.

### Elaboração do revestimento comestível

A elaboração do revestimento comestível baseou-se no tratamento térmico do suco de araçá-boi a 100 °C durante 45 minutos contados a partir do início da fervura, de modo a promover a concentração dos seus componentes e consequente aumento de acidez, sólidos solúveis, compostos bioativos e atividade antioxidante, conforme Holtz et al. (2020), além de inativar enzimas nativas (Huang et al., 2016).

Realizou-se o tratamento térmico de 15 kg de suco de araçá-boi, em bateladas de 3 kg acondicionados em recipiente de aço inoxidável com 25 cm de diâmetro, sobre chama média em fogão industrial.

Para promover o espessamento do revestimento comestível, adicionou-se pectina cítrica Proregi® em pó, na proporção de 1 % com relação à massa de suco por batelada. A pectina foi escolhida por ser uma substância que já faz parte da composição química do araçá-boi (Filgueiras et al., 2002) e por se tratar de um aditivo natural de origem vegetal, de baixo custo e biodegradável (Hassan et al., 2018). O percentual de 1 % foi escolhido no intuito de se obter um revestimento com mais de 1% de pectinas, pois, conforme Flutto (2003) apenas as soluções que contenham mais de 1% de pectinas exibem comportamento pseudoplástico.

Diluiu-se a pectina em, aproximadamente, 250 g do suco previamente aquecido e, em seguida, esta foi adicionada ao suco em fervura aos 35 minutos de tratamento térmico, para evitar sua degradação pelo calor prolongado.

Ao término do preparo das bateladas, misturou-se todo o revestimento comestível em um único recipiente para homogeneizá-lo. Ao final, foram obtidos 6,6 kg de revestimento comestível, o qual foi acondicionado em frascos de vidro âmbar esterilizados e refrigerados a 4° C até o momento das análises deste e do suco peneirado, em delineamento inteiramente casualizado, com 5 repetições.

### Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas foram conduzidas na Unidade de Processamento de Vegetais e no Laboratório de Química do IFES, no Campus Itapina.

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado adicionando-se quatro gotas de cada amostra diretamente sobre o prisma do refratômetro digital portátil Atago® modelo Pocket PAL-3, expressando-se o resultado em graus Brix (°Brix) (Instituto Adolfo Lutz – IAL, 2008; Barros et al., 2017).

O pH foi avaliado em potenciômetro digital Oakton® diluindo-se 5,00 g de cada amostra em 50 mL de água destilada e expressando-se os resultados com duas casas decimais. Para a acidez titulável (AT), cada amostra diluída foi adicionada de quatro gotas do indicador fenolftaleína a 1% e titulada com solução de NaOH 0,1 M até coloração rósea. Os resultados foram expressos em mg de ácido málico / 100 g de amostra, conforme Barros et al. (2017) e IAL (2008), pois o ácido málico é o predominante em araçá-boi (Hernández et al., 2007).

Calculou-se a relação Brix/Acidez dividindo-se os valores de SS (°Brix) pelos valores da AT em ácido málico (Hernández et al. 2007; IAL, 2008).

Determinou-se a densidade relativa, segundo Zhong et al. (2014), com adaptações. Cada amostra foi colocada em picnômetro de 50 mL previamente seco e tarado, seguindo-se pesagem em balança analítica. O peso obtido foi dividido pelo volume do picnômetro e o resultado expresso como g/mL.

A atividade de água (Aw) foi determinada em analisador LabSwift, Novasina®, adicionando-se 5,00 g de cada amostra em cubetas cilíndricas de 4 x 1 cm ( $\varnothing$  x altura), sendo cada uma inserida na câmara hermética do aparelho para a medição até emissão de sinal sonoro pelo aparelho. Esta medição é resultante da umidificação ou desumidificação do ar dentro da câmara hermética pela água livre da amostra, até que a pressão parcial da saturação do vapor de água seja igual a zero, sinalizando o fim da leitura, com resultados expressos em valores com três casas decimais (Novasina, 2021).

A umidade foi medida em balança Shimadzu® com câmara de aquecimento por infravermelho, pesando-se 5,000 g de cada amostra e fechando-se a câmara para aquecimento da amostra a 200 °C até sua completa carbonização. Os resultados foram expressos em porcentagem (%), com duas casas decimais (Barros et al., 2017).

A atividade antioxidante foi verificada pelo método de sequestro do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), com adaptações de Neri-Numa et al. (2013), Pretti et al. (2018) e Zielinski et al. (2014). Diluiu-se 0,0120 g de DPPH em etanol para 100 mL, obtendo-se uma solução a 0,3 mM desse composto. Extratos

etanólicos (1:4) foram preparados com 10,00 g de cada amostra, filtrando-se em papel filtro Quanta® com poros de 28 µm, e mantidos em tubos Falcon em congelador. Em seguida, preparou-se uma mistura de 1:7 de cada extrato (0,5 mL de extrato : 3,5 mL de solução de DPPH), permitindo-se reação no escuro por 30 minutos. A leitura da Absorbância a 517 nm (A517) foi feita em espectrofotômetro Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis (software Cary Win UV). Os resultados foram expressos em porcentagem de sequestro do DPPH, calculados pela Equação (1):

$$\text{Atividade antioxidante (\%)} = \frac{(A517_{\text{DPPH}} - A517_{\text{Amostra}})}{A517_{\text{DPPH}}} \times 100 \quad (1)$$

Compostos fenólicos totais foram determinados conforme Barros et al. (2017) e Zielinski et al. (2014), com adaptações, utilizando-se o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, que se baseia na redução do ácido fosfomolibdico-fosfotúngstico pelas hidroxilas fenólicas, produzindo um complexo de coloração azul formado em meio alcalino. A partir de uma solução 0,5 mg / mL de ácido gálico, preparou-se uma curva padrão com uma série de sete microtubos contendo alíquotas de 7,8125 a 500 µL/mL desta solução, completando-se para 2 mL com etanol. A seguir, 0,5 mL de cada microtubo foi transferido para tubos de ensaio, adicionando-se 8 mL de água destilada e 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu, com posterior agitação em vórtex e repouso por 3 minutos. Após, 1,0 mL de solução aquosa de carbonato de sódio a 5%, foi adicionada aos tubos, com nova agitação em vórtex. Permitiu-se reação no escuro por 1 hora seguida da leitura da Absorbância a 750 nm em espectrofotômetro e plotagem dos dados para obtenção da equação da reta. A seguir, extratos etanólicos (1:4) foram preparados com 10,00 g de cada amostra, e transferidas alíquotas de 0,5 mL de cada extrato para tubos de ensaio, adicionando-se os mesmos reagentes usados na curva padrão, seguindo-se a reação por 1 hora no escuro e a leitura da Absorbância. Os resultados foram expressos em µg EAG (equivalente de ácido gálico) / g de amostra.

Flavonoides foram quantificados conforme Barreto et al. (2009) e Perdigão (2012), com modificações. Preparou-se curva padrão em balões de 25



mL, contendo alíquotas de 0,25; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mL de uma solução etanólica de quercetina 25 mg/mL e completando-se com etanol para 2 mL. Adicionou-se em cada balão: 0,6 mL de ácido acético glacial, 10,0 mL de solução de piridina: água destilada (1:4) e 2,5 mL de solução etanólica a 6,5% de cloreto de alumínio. Cada balão foi completado para 25 mL com etanol, seguindo-se reação durante 30 minutos. Fez-se a leitura da Absorbância em espectrofotômetro a 420 nm, plotando-se os dados para obtenção da equação da reta. A seguir, 1 mL de extrato etanólico (1:4) de cada amostra foi transferido para balões de 25 mL, adicionando-se as mesmas soluções usadas no preparo da curva padrão, seguindo-se a reação por 30 minutos e leitura da Absorbância, expressando-se os resultados em µg EQ (micrograma de equivalente Quercetina) / g de amostra.

Carotenoides foram determinados segundo Nellis et al. (2017) e Virgolin et al. (2017), com adaptações. Extratos (1:10) foram preparados macerando-se 3 g de cada amostra com 30 mL de acetona. Seguiu-se filtração a vácuo com funil de Buchner para kitassatos de 250 mL. O filtrado foi transferido para funil de separação contendo aproximadamente 20 mL de éter de petróleo, procedendo-se três lavagens com água destilada para remover totalmente a acetona por meio de uma reação de saponificação. Na última lavagem, adicionou-se sulfato de sódio anidro diretamente no funil de separação a fim de auxiliar na separação de fases, resultando em extrato etéreo da amostra (fase superior) e água (fase inferior). Descartou-se a água e transferiu-se o extrato etéreo para balão de 25 mL, completando-se o volume com éter de petróleo. A Absorbância foi lida a 450 nm para betacaroteno, e a quantificação calculada pela Equação (2):

$$\text{Teor de betacaroteno } (\mu\text{g.g}^{-1}) = \frac{A \times V \times 1000}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times M \times 100} \quad (2)$$

Onde:

A = Absorbância no devido comprimento de onda: 450 nm para betacaroteno e 470 nm para licopeno;

V = Volume final da solução (25 mL);

$A_{1\text{cm}}^{1\%}$  = Coeficiente de extinção ou de absorvidade molar de um pigmento em um determinado solvente específico: 2592 para betacaroteno e 3450 para licopeno);

M = massa da amostra tomada para a análise.

Pectinas totais foram quantificadas segundo Begum et al. (2017), Carvalho et al. (2006) e Holt (1954), com adaptações. De cada amostra, 20 g foram diluídos em 200 mL de água destilada (1:10) e fervidos sob agitação por uma hora, com reposição da água perdida durante a fervura. Filtrou-se em algodão e transferiu-se para balão completando-se para 250 mL com água destilada. Alíquota de 50 mL desse extrato foi pipetada em Erlenmeyer de 500 mL, adicionando-se 150 mL de água destilada e 5 mL de NaOH 1N, com agitação constante, seguindo-se repouso por 12 horas. Então, adicionaram-se 25 mL de solução de ácido acético 1 N, permitindo-se repouso de 5 minutos. Após, com agitação, adicionaram-se 50 mL de solução de cloreto de cálcio 1 N, levando-se à fervura por 1 minuto seguido de repouso mínimo de 1 h. Filtrou-se em papel filtro Quanta® com poros de 11  $\mu\text{m}$ , previamente seco e tarado em cápsula de porcelana, descartando-se o filtrado. Seguiu-se lavagem do papel filtro com água destilada quente até remoção completa do cloreto livre. Para tanto, testou-se com solução de nitrato de prata 1% até obter-se água límpida após a lavagem. Em estufa, secou-se o papel filtro a 100°C por 3 h, seguindo-se esfriamento em dessecador, pesagem e cálculo dos resultados pela equação (3), os quais foram expressos em g de pectato de Ca / 100 g de amostra.

$$\text{g de pectato de cálcio \%} = \frac{\text{g de pectato de Ca}}{\text{vol. ou peso da amostra}} \times 100 \quad (3)$$

#### Contagem de bolores e leveduras

Foi realizada no Laboratório de Alimentos do IFES Campus Itapina. Pesaram-se, assepticamente, 20 g de cada amostra e prepararam-se diluições  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$ . O plaqueamento foi feito por espalhamento em superfície,

inoculando-se uma alíquota de 0,1 mL das diluições preparadas, em duplicata de placas contendo ágar Batata-Dextrose (BDA) (Oxoid®), seguindo-se a incubação em estufa a 25 °C por 5 a 7 dias. Foi feita a contagem de colônias, sendo os resultados expressos em unidades formadoras de colônias (UFC) por grama de amostra (Beuchat e Cousin, 2001; Silva et al., 2017).

#### Parâmetros de cor

As análises de cor foram realizadas no Laboratório de Operações Unitárias do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES, em Alegre-ES, em colorímetro Konica Minolta®, modelo Spectrophotometer CM-5.

Foram colocadas 3 g de amostra na cubeta de quartzo de 1 cm<sup>2</sup> x 3 cm (aresta x altura) para determinar os componentes: L\* (Luminosidade), onde: 0 = preto e 100 = claridade total; a\* (componente vermelho/verde), onde: +a\* = vermelho e -a\* = verde; b\* (componente amarelo/azul), onde: +b\* = amarelo e -b\* = azul.

Os componentes do sistema de cor utilizado (L\*a\*b\*) são reportados pela maioria dos trabalhos sobre cor em alimentos, como base para o cálculo dos demais parâmetros (Milovanovic et al., 2020).

A partir dos componentes a\* e b\* foram calculados: C\* (*Chroma* = pureza da cor) onde valores mais altos indicam cor mais viva (Equação 4) e ângulo h\* (*hue angle* = ângulo da tonalidade da cor) em que os valores mais próximos de 90° indicam a tonalidade amarelada e os mais próximos de 0°, a tonalidade avermelhada (Equação 5) (Granato et al., 2010; Zielinski et al, 2014; Milovanovic et al., 2020).

$$C^* = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (4)$$

$$h^* = \text{Tan}^{-1} (b^*/a^*) \quad (5)$$

Foram também calculados, conforme Milovanovic et al. (2020), o BI (*Browning Index* = Índice de Escurecimento) (Equação 6), que representa a pureza da cor marrom e é reportado como importante parâmetro em alimentos contendo carboidratos, em processos nos quais ocorrem escurecimentos enzimático e não-enzimático, e o YI (*Yellowing Index* = Índice de Amarelamento) (Equação 7), usado como uma medição que tem relação com o BI. O  $\Delta E$  (Diferença Total de Cor), que mede as mudanças de cor, indicando a magnitude da diferença de cor entre o revestimento e o suco, foi calculado segundo Fernandez-Avila et al. (2017) (Equação 8).

$$BI = \frac{[100(x - 0,31)]}{0,172} \quad (6)$$

Onde:

$$x = (a^* + 1,75L^*) / (5,645L^* + a^* - 3,012b^*)$$

$$YI = \frac{142,86 \times b^*}{L^*} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5} \quad (8)$$

Onde:

$\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$  = diferenças entre as medidas desses parâmetros para as amostras do revestimento e do suco.

#### Perfil de textura

O perfil de textura do suco e do revestimento comestível foi analisado no Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES, em Alegre-ES, utilizando-se o texturômetro Texture Analyzer Brookfield CT3.

Utilizou-se o método TPA (*Texture Profile Analysis*) ou Análise do Perfil de Textura, com adaptações de Rosenthal (2001) e Trihn e Glasgow (2012). Alíquotas de 30 g de amostra foram colocadas na cubeta cilíndrica de 40 x 50 mm ( $\varnothing$  x altura) do texturômetro, com célula de carga de 10 kg e probe TA11/1000. Durante dois ciclos seguidos na velocidade de 2 mm/s, a probe aprofundou-se na amostra para determinação dos parâmetros: dureza, adesividade, resiliência, fragilidade ou fraturabilidade, gomosidade, coesividade, elasticidade e mastigabilidade.

### Análise Estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os resultados das análises físico-químicas, dos parâmetros de cor, do perfil de textura e da contagem de bolores e leveduras do revestimento comestível foram comparados aos do suco de araçá-boi pelo teste t de Student em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se software R Core Team (2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os resultados das análises físico-químicas do revestimento comestível comparados aos do suco de araçá-boi. Todos os parâmetros avaliados no revestimento diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) do suco peneirado.

Análises físico-químicas em revestimentos comestíveis podem oferecer informações úteis na medida em que podem ser relacionadas às medições instrumentais, como as de cor e de textura, por exemplo. A este respeito, Rosenthal (2001) considera razoável registrar as modificações da composição química do material como uma média da sua qualidade, relacionando tais modificações à textura, por exemplo, a qual surge dos atributos mecânicos, geométricos e superficiais dos alimentos e tais atributos também dependem da sua composição química. Este autor cita trabalhos anteriores, nos quais é

destacada a importância da medição do teor de sólidos solúveis e de água presente como forma de identificar modificações em alimentos.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos do revestimento comestível e do suco de araçá-boi

AMOSTRA	pH	SS (°Brix)	AT (mg de ácido málico / 100 g)	RELAÇÃO BRUX / ACIDEZ	UMIDADE (%)	A <sub>w</sub>
REVEST.	2,84 b	11,18 a	5,55 a	2,01 a	90,63 b	0,89 b
SUCO	2,93 a	4,48 b	2,40 b	1,86 b	96,18 a	0,90 a
CV (%)	0,70	0,86	0,49	1,27	0,26	0,20
AMOSTRA	DENS. RELATIVA (g/mL)	ATIVIDADE ANTIOX. (% de inibição do DPPH)	COMP. FEN. TOTAIS (µg EAG / g)	FLAVON. (µg EQ / g)	CAROTEN. (µg de betacaroteno / g)	PECTINAS TOTAIS (mg de pectato de cálcio / 100 g)
REVEST.	1,08 a	87,08 a	530,08 a	0,62 a	1,97 a	0,36 a
SUCO	1,04 b	52,65 b	322,04 b	0,50 b	0,52 b	0,10 b
CV (%)	0,30	2,85	2,26	3,88	14,08	4,27

Fonte: Da autora (2020).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t de Student em 5% de probabilidade. SS = Sólidos solúveis; AT = Acidez titulável; A<sub>w</sub> = Atividade de água; DENS. RELATIVA = Densidade relativa; ATIVIDADE ANTIOX. = Atividade antioxidante; COMP. FEN. TOTAIS = Compostos fenólicos totais; FLAVON. = Flavonoides; CAROTEN. = Carotenoides.

Para o pH, SS, AT, relação Brix/acidez, umidade e A<sub>w</sub> do revestimento (Tabela 1) aos valores estão em acordo com os encontrados por Holtz et al. (2020) quando estes trataram o suco por fervura em tempos de 0-60 minutos. Assim, considera-se que os dados obtidos para o revestimento mostram a reprodutibilidade da metodologia de duplo peneiramento e de intensidade de fervura do suco de araçá-boi, mesmo que, inicialmente, no presente trabalho, o suco tenha apresentado valores inferiores de SS, AT e relação Brix/Acidez e valores superiores de umidade e A<sub>w</sub> com relação aos valores do suco obtidos pelos referidos autores.

A densidade relativa do revestimento aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ) com relação ao suco (1,08 g/mL) (Tabela 1), mas foi inferior aos valores encontrados por Zhong et al., (2014), os quais avaliaram características de revestimentos comestíveis de quitosana (1,474 g/mL), de alginato de sódio (1,485 g/mL) e de proteína isolada de soja (1,491 g/mL).

Contudo, é interessante destacar que o aumento significativo dos SS (11,4) e da densidade relativa (1,08) com relação ao suco (Tabela 1), tem relação com a elevação das pectinas totais bem como dos compostos bioativos avaliados (flavonoides, carotenoides e compostos fenólicos) levando à consequente elevação da atividade antioxidante do revestimento, conforme observaram Holtz et al. (2020). Além disso, o aumento do teor dos SS, densidade relativa e compostos bioativos podem ser um dos fatores que provocaram o espessamento do revestimento comestível, conforme discutido adiante. Zhong et al., (2014) estudaram diferentes formulações de revestimentos comestíveis com quitosana, alginato e proteína de soja e obtiveram valores de SS entre 1,20 e 4,6 e de densidade relativa entre 1,474 e 1,491. Neste caso, supõe-se que, junto com a pectina adicionada, os componentes já existentes no suco de araçá-boi contribuíram para o teor mais elevado de SS, mas apresentaram-se como moléculas de baixa densidade, o que resultou em densidade relativa menor do que a encontrada por esses autores.

Assim, os resultados da caracterização físico-química do revestimento de araçá-boi corroboram com a proposta metodológica de duplo peneiramento para retirada de partículas em suspensão e melhor homogeneização do suco, seguida de fervura por 45 minutos, obtendo-se um revestimento em que as propriedades iniciais do suco de araçá-boi são preservadas ou mesmo elevadas, especialmente seus compostos bioativos e sua atividade antioxidante.

Com relação aos parâmetros de cor analisados, em todos eles o revestimento comestível apresentou valores significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) aos do suco de araçá-boi (Tabela 2).

Partindo-se de um suco de cor amarelo-claro, obteve-se um revestimento que atingiu tonalidade alaranjada (Figura 1). Tal fato pode ser confirmado por duas razões: (1) maior proximidade da cor do revestimento à cor vermelha, representada pelo valor positivo do componente  $a$  (Tabela 2), que foi maior que o valor do suco; (2) menor proximidade à cor amarela, representada pelo valor positivo do componente  $b$ , que foi menor que o do suco, e pelo valor do ângulo  $h$ , que foi mais próximo de  $0^\circ$  (tonalidade avermelhada) comparado ao do que foi mais próximo de  $90^\circ$  (tonalidade amarelada). Neste ensaio, o ângulo de  $90^\circ$  foi usado como base para o ângulo  $h$ , pois representa a tonalidade amarelada (Granato et al., 2010; Milovanovic et al., 2020).

Tabela 2. Parâmetros de cor do revestimento comestível e do suco de araçá-boi

AMOSTRA	L*	a*	b*	C*	h*	BI	YI	ΔE
REVEST.	5,85 b	7,05 a	9,67 b	11,98 b	53,82 b	738, 90 a	236,25 a	20,3
SUCO	24,86 a	2,80 b	15,30 a	15,55 a	79,62 a	97,43 b	88,03 b	
CV (%)	5,96	6,04	5,59	5,35	1,26	5,90	2,30	

Fonte: Da autora (2020).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t de Student em 5% de probabilidade. L\* = luminosidade, onde L\* = 0 é preto e L\* = 100 claridade total; a\* = varia do vermelho ao verde, onde: +a\* = vermelho e - a\* = verde; b\* = coordenada que varia do amarelo ao azul, onde: +b\* = amarelo e -b\* = azul (Mamede et al., 2013); C\* (*Chrome*)= pureza ou saturação de cor; h\* (*hue angle*) = ângulo de tonalidade da cor, onde valores mais próximos a 90° = tonalidade amarela e valores mais próximos a 0° = tonalidade vermelha (Granato et al, 2010; Milovanovic et al., 2020; Zeilinski et al 2014); BI (*Browning Index* ou Índice de escurecimento) = pureza da cor marrom; YI (*Yellowing Index* ou Índice de amarelamento) = medida de cor que se relaciona ao índice de escurecimento (Fernandez-Avila et al. 2017; ΔE = Diferença total de cor (Milovanovic et al, 2020).



Figura 1. Amostras do revestimento comestível (a) e do suco (b) de araçá-boi.  
Fonte: Da autora (2020).

Além disso, houve visível escurecimento do revestimento comestível durante seu preparo (Figura 1), percebendo-se maior intensidade deste escurecimento logo após a adição da pectina cítrica nos minutos finais da fervura do suco. Os resultados da Tabela 2 confirmam esse escurecimento: o componente L aproximou-se mais do zero para o revestimento comestível, indicando menor luminosidade da cor (cor mais escura) e o BI do revestimento apresentou-se 7,6 vezes mais elevado que o do suco de araçá-boi.



Tal escurecimento pode estar mais relacionado com a adição de pectina ao suco e com o tratamento térmico do que com a elevação dos teores de carotenoides, de coloração alaranjada (Campos-Vega et al., 2013) e de flavonoides e de compostos fenólicos, de coloração amarelo-claro (King e Young, 1999).

Tanto a pectina nativa do suco do araçá-boi quanto a que foi adicionada, possivelmente sofreram escurecimento não-enzimático (reações de Maillard), produzindo compostos de cor marrom durante a fervura para obtenção do revestimento comestível, mesmo em pH final tão baixo (2,84) (Tabela 1). López-Mercado et al. (2018), estudaram a produção do composto furfural (marrom), resultante da degradação da pectina durante hidrólise ácida. Eles observaram que a pectina de casca de laranja apresentou maior formação de furfural aos 60 minutos de hidrólise ácida em temperatura de 160° C e pH 2,2, sendo esta produção de furfural superior à das pectinas de manga e de cactos. Esses autores destacaram que a maior produção de furfural depende do grau de esterificação (GE) da pectina, o qual é considerado baixo quando inferior a 50%, sendo que o GE da pectina de casca de laranja foi de 59,5%.

Assim, considera-se que o escurecimento da pectina durante a elaboração do revestimento afetou todos os outros parâmetros de cor avaliados, com destaque para a luminosidade, o BI, o YI e o  $\Delta E$  (Tabela 2).

A variação de cor percebida visualmente entre o revestimento comestível e o suco de araçá-boi pode ser explicada pela Diferença Total de Cor ( $\Delta E$ ) (Tabela 2), cujo valor pode ser considerado bastante elevado, tendo em vista que, segundo Milovanovic et al. (2020),  $\Delta E < 1$  aponta para diferenças nas cores que podem não ser perceptíveis, valores de  $\Delta E$  entre 1 e 3 referem-se a mínimas diferenças de cor que poderiam ser perceptíveis e  $\Delta E > 3$  aponta diferenças de cor que são perceptíveis ao olho humano.

Contudo, apesar de o revestimento comestível de araçá-boi ter apresentado cor visivelmente diferente e mais escura que a cor original do suco, espera-se que para o possível uso desse revestimento em queijos esta diferença se dilua, uma vez que a proporção de revestimento que a superfície desse alimento receberá, deverá formar uma fina camada.

Os resultados da Análise do Perfil de Textura (TPA) são apresentados na Tabela 3. Observou-se que o percentual de pectina cítrica adicionada ao suco de

araçá-boi, embora, tenha resultado em aumento do teor de pectinas totais no revestimento, (Tabela 1) não modificou significativamente ( $p > 0,05$ ) os parâmetros da TPA, com exceção da resiliência cuja diminuição foi significativa.

Recentemente inserida entre os parâmetros da TPA, a resiliência é definida como a capacidade de um produto recuperar sua altura original, e é medida na retirada da primeira penetração da probe, antes do início do período de espera para o segundo ciclo de medição. A resiliência tem algumas semelhanças com a elasticidade que reflete o quão bem o produto volta à sua forma original. Contudo, em muitos casos, o alimento realmente recupera sua altura de forma diferente da energia que exerce para recuperar sua forma (TTC, 2020). Talvez por esta razão, do mesmo modo que a resiliência diminuiu no revestimento com relação ao suco, a elasticidade também tenha diminuído, porém não significativamente ( $p > 0,05$ ) (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros da TPA (*Texture Profile Analysis*) ou Análise do Perfil de Textura do revestimento comestível e do suco de araçá-boi

AMOSTRA	DUREZA (N)	ADESIV. (mJ)	RESIL.	FRAGIL. (N)	COESIV.	ELASTIC. (mm)	GOMOS. (N)	MASTIG. (mJ)
REVEST.	0,096 a	0,06 a	0,94 b	0,026 a	0,974 a	8,73 a	0,094 a	0,80 a
SUCO	0,092 a	0,12 a	1,00 a	0,014 a	0,682 a	8,87 a	0,064 a	0,58 a
CV (%)	7,52	55,56	4,35	62,25	36,85	11,00	38,08	41,25

Fonte: Da autora (2020).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t de Student em 5% de probabilidade; REVEST. = Revestimento comestível; ADESIV. = Adesividade; RESIL. = Resiliência; FRAGIL. = Fragilidade; COESIV. = Coesividade; ELASTIC. = Elasticidade; GOMOSID. = Gomosidade; MASTIG. = Mastigabilidade.

Esse perfil de textura apresentado pelo revestimento condiz com Flutto (2003), quando escreve que soluções pécticas são viscosas, embora as pectinas não promovam tanta viscosidade como outras matrizes. Holtz et al. (2020), estudando o efeito do tratamento térmico sobre o suco de araçá-boi, também observaram que mesmo havendo aumento linear do teor de pectinas totais, o perfil de textura do suco não se alterou significativamente ( $p > 0,05$ ), exceto o parâmetro dureza, que reduziu até os 40 minutos de fervura, aumentando novamente até os 60 minutos de fervura.

Apesar das mudanças no perfil de textura não serem significativas quando comparadas ao perfil inicial do suco, o revestimento comestível apresentou-se visivelmente mais espesso.

A esse respeito, Lawless e Heymann (2010) descreveram a chamada textura visual, considerando que muitas características superficiais de um alimento afetam não somente a percepção de sua aparência, como também a percepção de sua textura. Além disso, a textura visual tem alguma sobreposição com características de aparência tais como brilho, luminosidade, reflectância, rugosidade, uniformidade, floculação, suavidade, umidade superficial, dentre outras.

Esses autores citam, ainda, antigos estudos sobre viscosidade de fluidos, a qual pode ser avaliada visualmente pelo derramamento do fluido de um recipiente, pela inclinação de um recipiente ou pela avaliação do espalhamento do fluido sobre uma superfície horizontal (Lawless e Heymann, 2010).

Considera-se, então, que o leve espessamento no revestimento comestível, tem sua relação com o aumento significativo do teor das pectinas totais (Tabela 1), em função da adição de 1 % de pectina cítrica ao suco inicial. Flutto (2003) descreve que apenas as soluções que contenham mais de 1% de pectinas exibem comportamento pseudoplástico, e isso também depende do tipo e concentração da pectina, do teor de cálcio e do pH da solução. Diante disso, supõe-se que parte das pectinas nativas pode ter sido degradada durante a fervura prolongada, com conseqüente perda, de modo que o percentual de pectinas aumentou, mas foi insuficiente para promover mudanças significativas no perfil de textura do revestimento.

O pH do revestimento apresentou-se bastante baixo (2,93) (Tabela 1), também pode ter contribuído para o discreto espessamento observado. Segundo Flutto (2003), existe uma faixa ótima de valores de pH (3,0-4,0) para a formação de gel pelas pectinas. Se o pH é baixo, há pouca repulsão entre as moléculas de pectina e, assim, elas interagem melhor para formar gel, quando as pectinas são altamente esterificadas. Entretanto, quando o pH está abaixo dos valores ótimos, a força do gel será pouca para a formação de um polímero organizado.

Outro fator que pode ter contribuído, porém não sendo considerado o mais importante para o discreto espessamento do revestimento comestível, é a velocidade do congelamento da polpa de araçá-boi antes da obtenção do suco.

Millán et al. (2007) submetendo a polpa de araçá-boi aquecida até 80 °C por 15 minutos e, posteriormente, a diferentes velocidades de congelamento e de descongelamento, observaram que o aquecimento não alterou significativamente as propriedades físicas da polpa de araçá-boi como firmeza, viscosidade, coesividade e consistência, mas o congelamento rápido e o descongelamento lento promoveram maior estabilidade dessas características.

A contagem de bolores e leveduras do revestimento comestível apresentou aumento que não diferiu significativamente ( $p > 0,05$ ) da contagem inicial do suco (Tabela 4). Os resultados da contagem desses micro-organismos apresentaram-se acima do padrão microbiológico definido pela Instrução Normativa (IN) nº60 de 23 de dezembro de 2019 (Brasil, 2019), a qual estabelece em  $10^2$  UFC / mL o número máximo de bolores e leveduras para sucos submetidos a processos tecnológicos para redução microbiana e que necessitam de refrigeração.

Tabela 4. Contagem de bolores e leveduras do revestimento comestível e do suco de araçá-boi

AMOSTRA	UFC / g
REVEST.	$2,1 \times 10^2$ a
SUCO	$3,4 \times 10^2$ a
CV (%)	51,00

Fonte: Da autora (2020).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t de Student em 5% de probabilidade. REVEST. = Revestimento comestível; UFC / g = Unidades Formadoras de Colônias por grama de amostra.

Supõe-se que o aumento na contagem desses micro-organismos, mesmo com a adoção de boas práticas de manipulação, possa ter ocorrido devido à presença de fungos contaminantes na pectina que foi adicionada ao suco 10 minutos antes do final da fervura, sendo o tempo restante de tratamento térmico insuficiente para eliminar tais contaminantes. Pode, ainda, ter ocorrido devido à contaminação cruzada do revestimento por micro-organismos ambientais após a fervura, durante o envase, o que pode ter sido facilitado em razão das condições

ambientais por ocasião da execução deste experimento em uma estação chuvosa, úmida e com temperatura ambiente em torno de 30 °C, favorecendo a proliferação de bolores no ambiente de processamento.

É importante ressaltar que neste trabalho não se propôs nenhum tipo de identificação de gênero ou espécie de bolores e leveduras. Entretanto, cabe relatar que durante a contagem de bolores e leveduras em placas, foi possível observar o crescimento de algumas colônias espalhadas e com aparência de bordaduras, que se repetiram com frequência (Figura 2) e que não tinham aparência típica de bolores uma vez que, a olho nu, não se observaram filamentos nem esporos nessas colônias, mesmo após alguns dias da contagem, quando as placas foram mantidas sob refrigeração. Mediante tal observação supôs-se que essas colônias possivelmente sejam de leveduras e que talvez sejam nativas do próprio fruto do araçá-boi.

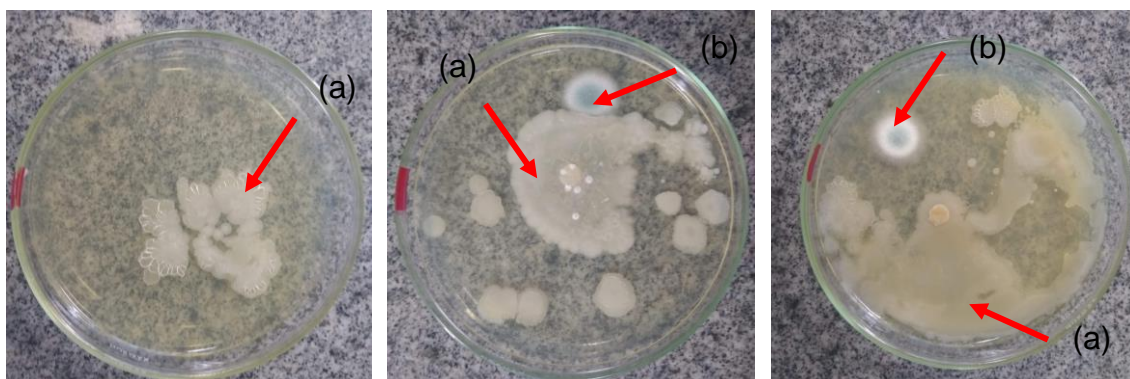


Figura 2. Colônias em placas de ágar BDA, obtidas durante a contagem de bolores e leveduras do suco de araçá-boi: colônia sem aparência de colônia típica de fungo filamentoso (a); colônia com aparência de colônia típica de fungo filamentoso (b).

Fonte: Da autora (2020).

Com relação a este aspecto, Vegas et al. (2020), estudando leveduras associadas a dez frutas nativas da Amazônia, incluindo a pitanga (*Eugenia uniflora*) que pertence ao mesmo gênero do araçá-boi (*E. stipitata*), encontraram mais de uma espécie de levedura em oito das dez espécies analisadas. O maior número de espécies diferentes de leveduras foi encontrado em cidra (*Citrus medica*), pois, segundo os autores, esta fruta apresenta pH muito baixo e, por

isso, mais apropriado ao crescimento desse tipo de micro-organismo. Eles escreveram que embora a superfície das frutas amazônicas seja um ambiente hostil, tais frutas podem constituir-se como uma fonte boa de novas e diferentes espécies e linhagens de leveduras, as quais parecem ser influenciadas principalmente pela natureza das frutas e do seu ambiente.

Esses autores detectaram, ainda, em muitas das leveduras isoladas das frutas amazônicas, características peculiares como a rara atividade de enzimas hidrolíticas, o que não era esperado, pois, segundo eles, parece que essas leveduras tendem a usar as primeiras fontes de carbono disponíveis como açúcares simples, principalmente glicose. Eles referiram-se a tal fato como uma estratégia econômica dessas leveduras.

Diante disso, em razão dos baixos valores de pH obtidos neste trabalho para o suco e o revestimento comestível, é provável que, assim como o fruto de araçá-boi, o suco e o revestimento constituam-se como ambientes com condições mais apropriadas ao crescimento de leveduras do que de bolores e, possivelmente, de outros micro-organismos que não resistam a essa condição de pH. Além disso, considera-se que esses micro-organismos não representariam perigo em alimentos caso o revestimento seja aplicado, uma vez que, segundo Beier (2021), nesses valores de pH observados o crescimento de micro-organismos patogênicos transmitidos por alimentos, representado principalmente pelas bactérias, é inibido em pH baixo, especialmente em presença de ácidos orgânicos, como é o caso do araçá-boi.

## RESUMO E CONCLUSÕES

As características físico-químicas obtidas para o revestimento comestível a partir do araçá-boi revelaram que a metodologia utilizada para sua obtenção, com adição de pectina, possibilitou a preservação de importantes propriedades e elevação de compostos bioativos e da atividade antioxidante presente no suco.

A cor do revestimento foi resultante de reações de Maillard em razão da adição de pectina durante a sua elaboração.

O espessamento apresentado pelo revestimento comestível de araçá-boi, embora não significativo na análise do perfil de textura, é importante, pois poderá melhorar sua capacidade de espalhamento sobre a superfície do alimento ao qual se propõe a sua aplicação.

Colônias de leveduras sobressaíram-se com relação às de bolores, no suco e no revestimento comestível e, aparentemente, se tratam de leveduras nativas do araçá-boi, mas que não representariam perigo de patogenicidade para os alimentos sobre os quais o revestimento seja aplicado.

Os resultados apontaram para a viabilidade da metodologia de elaboração do revestimento comestível de araçá-boi com adição de pectina, uma vez que houve aumento significativo dos teores dos compostos bioativos e da atividade antioxidante no revestimento comestível, comparado ao suco inicial de araçá-boi, indicando sua aplicabilidade com vistas à preservação de queijos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre-Joya, J.A.; Leon-Zapata, M.A.; Alvarez-Perez, O.B.; Torres-León, C.; Nieto-Oropeza, D.E.; Ventura-Sobrevilla, J.M.; Aguilar, M.A.; Ruelas-Chacón, X.; Rojas, R.; Ramos-Aguiñaga, E.R.; Aguilar, C.N. (2018) Basic and applied concepts of edible packaging for foods. In: Grumezescu, A.M.; Holban, A.M. *Handbook of food bioengineering, v. 9: Food packaging and preservation*, Cap1. London: Academic Press, p.1-61.
- Araújo, F.F.; Neri-Numa, I.A.; Farias, D.P.; Cunha, G.R.M.C; Pastore, G.M. (2019). Wild Brazilian species of *Eugenia* genera (Myrtaceae) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. *Food Research International*, 121:57-72.
- Artiga-Artigas, M.; Acevedo-Fani, A.; Matín-Belloso, O. (2017) Improving the shelf life of low-fat cut cheese using nanoemulsion-based edible coatings containing oregano essential oil and mandarin fiber. *Food Control*, 76: 1-12.
- Azeredo, H.M.C & Waldron, K.W. (2016) Crosslinking in polysaccharide and protein films and coatings for food contact – a review. *Trends and Food Science and Technology*, 52:109-122.
- Barreto, G.P.M., Benassi, M.T.; Mercadante, A.Z. (2009) Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. *Journal of Brazilian Chemical Society*, São Paulo, 20(10): 1856-1861.

- Barros, R.G.C.; Andrade, J. K. S.; Denadai, M.; Nunes, M. L.; Narain, N. (2017). Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues. *Food Research International*, 102, 84-92.
- Begum, R.; Yusof, Y. A.; Aziz, M. G.; Uddin, M. B. (2017). Screening of fruit wastes as pectin source. *J. Environ. Sci. & Natural Resources*, 10(1), 65-70.
- Beier, R.C. (2021) Interactions and inhibition of pathogenic foodborne bacteria with individual dissociated organic acid species: a review. *Journal of Food Chemistry and Nanotechnology*, 7(1): 4-17.
- Bernardina, R.G.D.; Holtz, S.G.; Pretti, I.R.; Cruz, L.L.; Oliveira, D.B. (2020). Aproveitamento tecnológico do araçá-boi (*Eugenia stipitata*) como farinha para alimentação. In: Cordeiro, C.A.M. (Org.). Tecnologia de Alimentos: tópicos físicos, químicos e biológicos – v.3. Guarujá: Científica Digital, 54-62.
- Beuchat, L. R. & Cousin, M. A. Yeasts and molds. In: DOWNES, F. P. & ITO, K. (eds.). (2001) *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 4.ed. Washington, D.C.: APHA, 2001. p. 209-215.
- Binda, R.D.; Fontes, P. S. F.; Fontes, A.G.; Holtz, A. M.; Pires, A. A. (2011) Influencia de diferentes materiais de ensacamento no controle da mosca-das-frutas e na qualidade dos frutos de araçá-boi. *Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação*, 6. Vitória: Instituto Federal do Espírito Santo.
- Brasil. (2019) Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019*. Brasília.
- Campos-Vega, R.; Oomah, B.D. (2013) Chemistry and Classification of Phytochemicals. In: Tiwari, B.K.; Brunton, N.P.; Brennan, C.S. (Eds.) *Handbook of plant food phytochemicals*, Cap 2. John Wiley & Sons, p. 5-48.
- Canuto, G.A.B.; Xavier, A.A.O.; Neves, L.C.; Benassi, M.T. (2010) Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. *Rev. Bras. Frutic.*, 32(4): 1195-1205.
- Carrillo, M.P.; Hernández, M.S.; Hernández, C.; Jiménez, C.; Jiménez, P. Cardona, J. (2009) Calidad e innovación en la cadena de valor de frutales nativos, arazá y copoazú. In: Hernández, M. S. (Org.). *Frutas amazónicas: competitividade y innovación*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi, p. 55-76.
- Carvalho, G.G.P.; Fernandes, F.E.P.; Pires, A.J.V. (2006). Métodos de determinação dos teores de amido e pectina em alimentos para animais. *Revista Eletrônica de Veterinária REDVET*, 7(1).
- Cerqueira, M.A.; Lima, A.M.; Souza, B.W.S; Teixeira, J.A.; Moreira, R.A.; Vicente, A.A. (2009). Functional polysaccharides as edible coatings for cheese. *J. Agric. Food Chem.*, 97: 1456–1462.



- Chakravartula, C.C.; Balestra, F.; Fabbri, A.; Dalla Rosa, M. (2019). Evaluation of the effect of edible coating on mini-buns during storage by using NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 263:46-52.
- Cuellar, F.A.; Ariza, E.; Anzola, C.; Restrep, P. (2013) Research of antioxidant capacity of araza (*Eugenia stipitata* McVaugh) during the ripening. *Revista Colombiana de Quimica*, 42(2): 213-325.
- Elguea-Culebras, G.O.; Bourbon, A.I.; Costa, M.J.; Muñoz-Tebar, N.; Carmona, M.; Molina, A.; Sánchez-Vioque, R.; Berruga, M.I.; Vicente, A.A. (2019) *Food Hydrocolloids*, 89: 272-282.
- Fajardo, P.; Martins, J.; Fuciños, C.; Pastrana, L.; Teixeira, J.; Vicente, A. (2010) Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese. *Journal of Food Engineering*, 101(4): 349-356.
- Fernandez-Avila, C.; Gutierrez-Merida, C.; Trujillo, A.J. (2017) Physicochemical and sensory characteristics of a UHT milk-based product enriched with conjugated linoleic acid emulsified by Ultra-High-Pressure Homogenization. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 39: 275–283.
- Fernández-Trujillo, J.P.; Hernández, M.S.; Carrillo, M.; Barrera, J. (2011) Arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). In: YAHIA, E. M. (Ed.). *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: volume 2: Açaí to citrus*. Oxford: Woodhead Publishing, p. 98-117.
- Filgueiras, H.A.C.; Alves, R.E.; Moura, C.F.H.; Araújo, N.C.C.; Almeida, A.S. (2002) Quality of fruits native to Latin America for processing: arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Acta Hort.*, 575: 543-547.
- Flutto, L. (2003). Pectin: properties and determination. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2.ed. pp. 4440-4449.
- Fontes, P.S.F.; Fontes, A.G.; Binda, R.D.; Holtz, A.M.; Pires, P.D.Z.; Pires, A.A. (2012). Avaliação do ensacamento de frutos como estratégia de controle das moscas-das-frutas do araçazeiro-boi. *Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura*, 22, Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Fruticultura, p. 2135-2138.
- Harborne, J.B.; Baxter, H.; Moss, G.P. (ed.) (1999) *Phytochemical dictionary: a handbook of bioactive compounds from plants*. 2.ed. London: Taylor & Francis, 960p.
- Hasler, C.M. e Blumberg, J.B. (1999) Symposium on Phytochemicals: Biochemistry and Physiology. *Journal of Nutrition*, 129: 756S-757S.
- Hassan, M.E.; Bai, J.; Dou, D.-Q. (2019) Biopolymers: definition, classification and applications. *Egypt.J.Chem.*, 62(9): 1725-1737.

- Huang, Y.; Xiao, D.; Burton-Freeman, B.M.; Edirisinghe, I. (2016) Chemical Changes of Bioactive Phytochemicals during Thermal Processing. *Reference Module in Food Science*.
- Garzón, G.A.; Narváez-Cuenca, C.E.; Kopec, R.E.; Barry, A.M.; Riedl, K.M.; schwartz, S.J. (2012) Determination of carotenoids, total phenolic content, and antioxidant activity of Arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh), an Amazonian fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(18): 4709-4717.
- Granato, D.; Ribeiro, J.C.B.; Castro, I.A.; Masson, M.L. Sensory evaluation and physicochemical optimisation of soy-based desserts using response surface methodology. *Food Chemistry*, 121:899–906.
- Guaadaoui, A.; Benaicha, S.; Elmajdoub, N.; Bellaoui, M.; Hamal, A. (2014) What is a bioactive compound? A combined definition for a preliminary consensus. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 3, 174-179.
- Han, J.H. (2014) Edible films and coatings: a review. In: Han, J.H. (org.) *Innovations in food packaging*. 2.ed. Academic Press, p.213–255.
- Hassan, B.; Chatha, S.A.S.; Hussain, A.I.; Zia, K.M.; Akhtar, N. (2018) Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109:1095-1107.
- Hernández, M.S.; Barrera, J.; Bardales, X.L.; Carrillo, M.P. (2006) Manejo y transformación de frutales nativos de la Amazonia. *Revista Colombia Amazónica*, Agosto (extra), p. 191-204.
- Hernández, M.S.; Martínez, O; Fernández-Trujillo, J.P. (2007) Behavior of arazá fruit quality traits during growth, development and ripening. *Scientia Hort.*, 111: 220-227.
- Holt, R. (1954). Volumetric determination of pectin as calcium pectate. *Analyst*, 79, 623-627.
- Holtz, S.G.; Bernardina, R.G.D.; Pretti, I.R.; Borghi, E.J.A; Oliveira, D.B. (2020). Efeito do tratamento térmico sobre características físico-químicas, parâmetros de cor e perfil de textura do suco de araçá-boi, visando sua aplicação tecnológica. In: Cordeiro, C.A.M. (Org.). *Tecnologia de Alimentos: tópicos físicos, químicos e biológicos – v.3*. Guarujá: Científica Digital, 217-237.
- Huang, Y.; Xiao, D.; Burton-Freeman, B.M.; Edirisinghe, I. (2016). Chemical Changes of bioactive phytochemicals during thermal processing. In: *Reference module in Food Science*. Elsevier.
- IAL – Instituto Adolfo Lutz. (2008) *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4.ed. 1.ed. digital. 1000p.
- King, A. & Young, G. (1999) Characteristics and Occurrence of Phenolic Phytochemicals. *Journal of the American Dietetic Association*, 99(2): 213-218.

- Lawless H. & Heymann H. (2010). Color and appearance. In: Sensory Evaluation of Food. Springer.
- López-Mercado, J.; Nambo, A.; Toribio-Nava, M.H.; Melgoza-Sevilla, O.; Cázarez-Barragán, L.; Cajero-Zul, L.; Guerrero-Ramírez, L.; Handy, B.E.; Cardenas-Galindo, M. (2018) High and low esterification degree pectins decomposition by hydrolysis and modified Maillard reactions for furfural production. *Clean Technologies and Environmental Policy*, online, July.
- Melo, E.A.; Maciel, M.I.S.; Lima, V.L.A.G.; Araujo, C. R. (2008). Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. *Alim. Nutr.*, 19(1), 67-72.
- Millán, E.; Restrepo, L.P.; Narváez, C.E. (2007) Efecto del escaldado, de la velocidad de congelación y de descongelación sobre la calidad de la pulpa congelada de arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Agronomía Colombiana*, 25(2): 333-338.
- Milovanovic, B.; Djekic, I.; Mlocinovic, J.; Djordjevic, V.; Lorenzo, J.; Barba, F. Mörlein, D.; Tomasevic, I. (2020) What is the color of milk and dairy products and how is it measured? *Foods*, 9(11): 1629.
- Morais, M.T.F. (2020) Fenologia e desenvolvimento de geleia e licores de araçá-boi no estado do Espírito Santo. Tede (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual Norte Fluminense “Darcy Ribeiro” – UENF, 96p.
- Nellis, S. C.; Correia, A. F. K.; Spoto, M. H. F. (2017). Extração e quantificação de carotenoides em minitomate desidratado (Sweet Grape) através da aplicação de diferentes solventes. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, e2016156.
- Neri-Numa, I.A.; Carvalho-Silva, L.B.; Morales, J.P.; Malt, L.G.; Muramoto, M.T.; Ferreira, J.E.M.; Carvalho, J.E.; Ruiz, A.L.T.G.; Maróstica Júnior, M.R.; Pastore, G.M. (2013) Evaluation of antioxidante, antiproliferative and antimutagenic potential of araçá-boi fruit (*Eugenia stipitata* McVaugh – Mirtaceae) of the Brazilian Amazon Forest. *Food Research International*, 50(1): 70-76.
- Noori, S.; Zeynali, F.; Almasi, H. (2018) Antimicrobial and antioxidante efficiency of nanoemulsion-based edible coating containing ginger (*Zingiber officinale*) essential oil and its effect on safety and quality attributes of chicken breast fillets. *Food Control*, 84: 312-320.
- Novasina. (2021). LabSwift-aw: portable measurement instrument for accurate and fast water activity (aw) determination. (4p.).
- Patra, A.K. (2012) *Dietary phytochemicals and microbes*. London: Springer. 400p.
- Perdigão, T. L. (2012) *Avaliação morfofisiológica, fitoquímica e mutagênica de Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg exposta a diferentes concentrações de*

alumínio. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Vitória – ES, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 82p.

- Pretti, I.R.; Luz, A.C.; Jamal, C.M.; Batitucci, M.C.P. (2018). Variation of biochemical and antioxidant activity with respect to the phenological stage of *Tithonia diversifolia* Hemsl. (Asteraceae) populations. *Industrial Crops & Products*, 121, 241–249.
- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Ramos, Ó.L.; Pereira, J.O.; Silva, S.I.; Fernandes, J.C.; Franco, M.I.; Lopes-Da-Silva, J.O. (2012) Evaluation of antimicrobial edible coatings from a whey protein isolate base to improve the shelf life of cheese. *Journal of Dairy Science*, 95(11): 6282-6292.
- Rogez, H.; Buxant, R.; Mignolet, E.; Souza, J.N.S.; Silva, E.M.; Larondelle, Y. (2004) Chemical composition of the pulp of three typical Amazonian fruits: araçá-boi (*Eugenia stipitata*), bacuri (*Platonia insignis*) and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). *European Food Research Technology*, 218: 380-384.
- Rojas-Graü, M.A.; Soliva-Fortuny, R.; Martín-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci. Tech.*, 20(10): 438-447.
- Rosenthal, A. J. (2001). Relación entre medidas instrumentales y sensoriales de la textura de alimentos. In: Rosenthal, A. J. *Textura de los alimentos: medida y percepción*. (pp. 1-17). Acribia.
- Sacramento, C.K.; Barreto, W.S.; Faria, J.C. (2008) Araçá-boi: uma alternativa para agroindústria. *Bahia Agrícola*, 8(2): 22-24.
- Sandoval, E.R. & Garzón, P.B. (2009) Evaluating the cooking process for obtaining hard candy from arazá (*Eugenia stipitata*) pulp. *Revista Ingeniería e Investigación*, 29(2): 35-41.
- Santos, B.M.M.; Pizato, S.; Cortez-Vega, W.R. (2020) Natural edible films and coatings applied in food: a bibliographic review. *Research, Society and Development*, 9(9), e578997613.
- Santos, V.; Ramos, J.D.; Tostes, N.V.; Silva, F.O.R.; Almeida, L.G.F. (2017) Caracterização física e química de frutos de araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh) em Lavras – MG. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 14(26): 167-180.
- Saxena, M.; Saxena, J.; Nema, R.; Singh, D.; Gupta, A. (2013) Phytochemistry of medicinal plants. *J. Pharmacogn. Phytochem*, 1(6): 168-182.

- Silva, N.; Junqueira, V.C.A.; Silveira, N.F.A.; Taniwaki, M.H.; Gomes, R.A.R.; Okazaki, M.m. (2017) *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água*. 5.ed. Blücher. 536p.
- Souza, P.H.M.; Pinheiro, A.P.B.; Viganô, M.; Fontes, P.S.F. (2012) Estudo da dissimilaridade genética de acessos de araçazeiros boi com base em características quantitativas e qualitativas de frutos. *Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do IFES*, 7. Serra: Instituto Federal do Espírito Santo.
- Sucheta, C.K.; Sharma, N., Yadav, S.K. (2019) Composite edible coatings from commercial pectin, corn flour and beetroot powder minimize post-harvest decay, reduces ripening and improve sensory liking of tomatoes. *Int. J. Bio. Macromol.*, 133: 284-293.
- Trihn, K.T. & Glasgow, S. (2012). On the texture profile analysis test. (pp. 1-13). Institute of Food Nutrition and Human Health.
- TTC – Texture Technologies Corp. (2020) TPA measurements. *In: Overview of Texture Profile Analysis*. Hamilton.
- Ulusoy, B.H.; Yildirim, F.K.; Hecer, C. (2018) Edible films and coatings: a good idea from past to future. *Journal of Food Technology Research*, 5(1): 28-33.
- Valdés, A.; Burgos, N.; Jiménez, A.; Garrigós, M.C. (2015) Natural pectin polysaccharides as edible coatings. *Coatings*, 5: 865-886.
- Vargas, A.M.; Camelo, A.P.R.; Cuenca, C.E.N. (2005) Capacidad antioxidante durante la maduración de arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Rev. Colombiana de Química*, 34: 57-65.
- Vegas, C.; Zavaleta, A.I.; Canales, P. Esteve-Zarzoso, B.E. (2020) Yeasts associated with various amazonian native fruits. *Polish Journal of Microbiology*, 69 (3), 251–261.
- Viana, E.S.; Jesus, J.L.; Fonseca, M.D.; Silveira, S.M.; Reis, R.C.; Sacramento, C.K. (2012) Caracterização físico-química e sensorial de geleia de mamão com araçá-boi. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal-SP, 34(4): 1154-1164.
- Viana, E.S.; Jesus, J.L.; Sacramento, C.K. (2011) *Geleia de banana com araçá-boi*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2p. (Folder).
- Virgolin, L. B.; Seixas, F. R. F.; Janzantti, N. S. (2017). Composition, content of bioactive compounds, and antioxidant activity of fruit pulps from the Brazilian Amazon biome. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(10), 933-941.
- Wei, F.; Ye., F.; Li, S.; Wang, L.; Li, J.; Zhao, G. (2017) Layer-by-layer coating of chitosan/pectin effectively improves the hydration capacity, water suspendability and tofu gel compatibility of okara poder. *Food Hydrocolloids*, 77: 465-473.

- Wihodo, M. & Moraru, C.I. (2013) Physical and chemical methods used to enhance the structure and mechanical properties of protein films: A review. *Journal of Food Engineering*, 114(3): 292-302.
- Yemenicioglu, A. (2018) Basic strategies and testing methods to develop effective edible antimicrobial and antioxidant coating. In: Tiwari, A. *Handbook of antimicrobial coatings*. Elsevier. p. 63-88.
- Zhong, Y.; Cavender, G.; Zhao, Y. (2014) Investigation of different coating application methods on the performance of edible coatings on Mozzarella cheese. *Food Science and Technology*, 56: 1-8.
- Zielinski, A. A. F.; Ávila, S.; Ito, V.; Nogueira, A.; Wosiacki, G.; Haminiuk, C. W. I. (2014). The association between chromaticity, phenolics, carotenoids, and in vitro antioxidant activity of frozen fruit pulp in Brazil: an application of chemometrics. *Journal of Food Science*, 79(4): C510-6.
- Zink, J.; Wyrobnik, T.; Prinz, T.; Schmid, M. (2016) Physical, chemical and biochemical modifications of protein-based films and coatings: An extensive review. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(9): 1376.

### 3.3. APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL A BASE DE ARAÇÁ-BOI EM QUEIJO MINAS PADRÃO

#### RESUMO

O queijo Minas Padrão é o mais conhecido e consumido no Brasil, apresentando massa amarela e textura macia. A maturação é essencial para desenvolver suas características físico-químicas e sensoriais, mas apenas o período mínimo de 20 dias é definido na legislação. Sua preservação durante a maturação e a estocagem pode incluir tecnologias como a aplicação de revestimentos comestíveis, que podem ser adicionados de substâncias funcionais e antioxidantes, e são preparados a partir de polímeros naturais como, por exemplo, os polissacarídeos. A pectina é um polissacarídeo natural de frutas, que mostra bons resultados como revestimento em alguns produtos, inclusive queijos. Uma tendência na elaboração desses revestimentos é a inovação com o uso de substâncias bioativas naturais. Utilizou-se o araçá-boi (*E. stipitata*), fruto brasileiro com elevada acidez e atividade antioxidante, como base para um revestimento comestível visando aplicação em queijo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do revestimento comestível de araçá-boi sobre o queijo Minas Padrão, durante a maturação e estocagem. Preparou-se o revestimento com suco de araçá-boi fervido e adicionado de pectina cítrica. Os queijos foram fabricados com leite integral não padronizado no teor de gordura. Após a secagem da superfície dos queijos, aplicou-se o revestimento com 1, 2 e 3 camadas de revestimento

comestível e controle. Durante a maturação (0-28 dias) e a estocagem dos queijos (29-60 dias) propuseram-se a contagem de bolores e leveduras, e as análises físico-químicas, de cor e de textura instrumental. Utilizou-se a metodologia de superfície de resposta como análise univariada com delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas no tempo. A análise multivariada incluiu análises de correlações de Pearson, de agrupamento e de coordenadas principais. O crescimento de leveduras e de bolores não foi considerado efeito do revestimento comestível, mas um evento comum no queijo Minas Padrão. O pH foi compatível com o metabolismo da lactose residual no início da maturação com diminuição dos valores, seguindo-se aumento dos valores devido à proteólise até o final da estocagem dos queijos. Não houve correlação significativa entre pH e AT. A AT correlacionou-se com a atividade antioxidante que, por sua vez, foi devida aos compostos fenólicos mais do que aos carotenoides, indicando que o revestimento potencializou a atividade antioxidante do queijo durante o período avaliado, apesar do índice de peróxidos (IP) não ter apresentado correlação com a atividade antioxidante. A cor foi mais alaranjada nos queijos com mais camadas, devido ao acúmulo de carotenoides do revestimento na sua superfície. A textura foi firme tendendo a macia, conforme descrito na legislação em vigor para o queijo Minas Padrão. Segundo a análise de agrupamento, alguns tempos foram determinantes para a formação dos grupos, independente dos tratamentos nos queijos. Pela análise de coordenadas principais a textura, umidade e luminosidade foram mais expressivas durante a maturação, e o índice de peróxido, carotenoides, atividade antioxidante e parâmetros de cor, mais expressivos aos 21, 28 e 60 dias, o que pode ajudar a prever o tempo máximo de maturação do queijo Minas Padrão, não previsto na legislação atual.

**Palavras-chave:** Maturação de queijo; revestimento comestível; análise de superfície de resposta; análise multivariada.



## ABSTRACT

Minas Padrão is the most well-known and consumed Brazilian cheese, presenting yellow color and soft texture. The ripening is an essential step to developing its physicochemical and sensorial characteristics, but only the 20 days minimum time is defined by the legislation. Its preservation during the ripening and storage can include technologies, such as edible coatings, which can be added of functional and antioxidant substances, and they are prepared from natural polymers as for example, the polyssacharids. The pectin is a natural polyssacharid from fruits, with great results as edible coating on food products, like cheeses. One trend for the edible coating elaboration is the innovation with use of natural bioactive substances. The araçá-boi (*E. stipitata*), a Brazilian fruit with high acidity and antioxidant activity, were utilized as a basis for an edible coating, aiming its application on cheese. The objective of this work was to evaluate the effect of the edible coating from araçá-boi on the Minas Padrão cheese, during the ripening and storage. The edible coating was prepared with boiled araçá-boi juice and added of citrus pectin. Cheeses were manufactured with full fat pasteurized milk. After the drying surface of the cheeses, the edible coating was applied, with 1, 2, and 3 edible coating layers and the control. During the cheeses ripening (days 0-28) and storage (days 29-60) were proposed the moulds and yeasts counting, and the physicochemical, color parameters and texture profile analysis. Response surface methodology was used as a univariate analysis with a completely randomized design and plots subdivided over time. The multivariate analysis included the Pearson's correlation, cluster and principal coordinates analysis. The growth of yeasts and moulds was not considered as an effect from the edible coating, but a common event on this cheese. The pH decreasing was compatible with the metabolism of lactose in the ripening and then, there was an increase in these values due the proteolysis till the end of the storage. There was no significant correlation between the pH and titratable acidity. But, this acidity was correlated with the antioxidant activity, which was more dependent from phenolic compounds than the carotenoids, indicating that the araçá-boi edible coating with three layers potentialized the antioxidant activity of the cheese during the evaluated period, although the peroxide index did not correlate with the antioxidant activity. The  $h$  angle showed the orangish hue on cheeses with more layers, due the carotenoids

from the edible coating accumulated on cheeses surface. The texture was firm trending to soft, following the legislation description for the Minas Padrão cheese. By the cluster analysis, some times were determinant to the cluster formation, independently of the cheese treatments. By the principal coordinates analysis, the texture, moisture and luminosity were more expressive during the cheese ripening, and the peroxide index, carotenoids, antioxidant activity and color parameters were more expressive at days 21<sup>th</sup>, 28<sup>th</sup> and 60<sup>th</sup>. These results can be useful for predicting of the maximum time to the Minas Padrão storage, in the conditions of this work, because this time is not provided by the nowadays legislation.

**Keywords:** Cheese ripening; edible coating; surface response analysis; multivariate analysis.

## INTRODUÇÃO

Queijos são alimentos com produção e consumo amplamente distribuídos no mundo. Embora o processo básico de fabricação seja comum a quase todos os queijos, há variações na origem do leite, nas técnicas de processamento e no tempo de maturação, gerando uma variedade de cerca de 1.000 tipos diferentes, sendo que só na França são fabricados aproximadamente 400 deles (Perry, 2004).

No Brasil, o queijo Minas figura como produto importante cultural, social e economicamente, em seu modo de fazer original/artesanal ou industrial (Ferreira et al., 1992; Meneses, 2006).

Os queijos Minas, de origem tipicamente brasileira, começaram a ser fabricados no século XIX em Minas Gerais. Na versão original e artesanal, o queijo Minas é produzido sem tratamento térmico do leite antes da coagulação, com características e métodos tradicionais ou regionais próprios, e teve sua comercialização regulada pela Lei nº 13.680 de 2018, sendo permitida em todo o território nacional, exigindo-se o emprego das boas práticas agropecuárias e de fabricação, desde que submetido à fiscalização de órgãos de saúde pública dos Estados e do Distrito Federal. Para tanto, esta lei passa a exigir que o produto

artesanal seja identificado por selo único com a indicação “ARTE” (de artesanal) conforme Decreto nº 9.918, de 18 de julho de 2019 (Meneses, 2006; Brasil, 2018; Brasil, 2019).

Dentro da classe dos queijos minas, encontram-se o queijo Minas frescal, com alto teor de umidade e de consumo rápido, e entre os queijos curados ou maturados, encontram-se o queijo minas meia-cura e o Minas Padrão (Costa et al., 2019).

Na versão pasteurizada, o queijo Minas Padrão, assume identidade e requisitos de qualidade definidos, recentemente, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, por meio da Instrução Normativa (IN) nº 66, de 21 de julho de 2020. Segundo essa IN, este queijo é o produto obtido por coagulação do leite pasteurizado, por meio de coalho, outras enzimas coagulantes apropriadas, ou com ambos, complementada pela ação de bactérias lácticas específicas. É um queijo maturado, de massa crua ou semicozida, dessorada, prensada e salgada. Deve ter formato cilíndrico, podendo ou não apresentar casca, a qual, se existente, deve ser fina, de cor branco creme, lisa e sem trincas. Seu tempo de maturação é de, no mínimo, 20 (vinte) dias em temperatura superior a 10 °C (dez graus Celsius) e inferior a 16 °C (dezesesseis graus Celsius) (Brasil, 2020). É, ainda, classificado como um queijo semigordo a gordo e de média umidade (Brasil, 1996).

A fim de se contemplar o aspecto inovador, acredita-se que a elaboração de um revestimento comestível natural e com características bioativas para aplicação em queijos, um revestimento comestível elaborado a partir de um suco de fruta, adicionado de pectina, promova o incremento de propriedades físico-químicas como o aumento da atividade antioxidante e do conteúdo de componentes bioativos presentes no suco deste fruto.

O araçá-boi é um fruto amazônico muito utilizado em geleias, sucos e néctares (Rogez et al., 2004), que apresenta baixo pH, elevada acidez e atividade antioxidante e com presença de componentes bioativos tais como compostos fenólicos, carotenoides, flavonoides (Hernández et al., 2007; Aune et al., 2017; Oz e Kafkas, 2017; Santos et al., 2017), porém com baixo teor de pectina (Filgueiras et al., 2002). Assim, a partir de metodologia utilizada por nossa equipe para a elaboração de um revestimento à base do suco de araçá-boi, obteve-se o incremento de características presentes no suco deste fruto, como acidez,

compostos bioativos e atividade antioxidante, o que tornou viável sua aplicação sobre queijos.

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do revestimento comestível de araçá-boi sobre as características físico-químicas, parâmetros de cor e perfil de textura do queijo Minas Padrão, durante seu período de maturação e armazenamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

A execução do experimento foi feita no IFES Campus Itapina, utilizando-se frutos maduros de araçá-boi (*E. stipitata* McVaugh) provenientes da Unidade de Fruticultura colhidos na safra de julho de 2019, para a elaboração do revestimento comestível na Unidade de Vegetais, o qual foi aplicado em queijo Minas Padrão produzido na Unidade de Laticínios do Campus.

### Elaboração do revestimento comestível

A polpa de araçá-boi foi obtida a partir de frutos maduros, higienizados e despulpados. Realizou-se duplo peneiramento da polpa, com peneiras de furos de 1,0 e 0,5 cm, respectivamente, a fim de homogeneizá-lo pela retirada de partículas em suspensão.

Seguiu-se tratamento térmico do suco a 100 °C durante 45 minutos contados a partir do início da fervura, a fim de concentrá-lo. Pectina cítrica Proregi® em pó, em grau alimentício, na proporção de 1 % com relação à quantidade inicial de suco, previamente diluída em uma porção do suco já aquecido, foi adicionada aos 35 minutos de fervura do mesmo, a fim de evitar sua degradação pelo calor prolongado.

Ao final da fervura, o revestimento comestível foi acondicionado em frascos de vidro âmbar esterilizados e mantidos a 4° C até o momento da sua aplicação sobre os queijos.

## Fabricação dos queijos

A fabricação do queijo Minas Padrão seguiu o protocolo proposto por Costa et al. (2019), com modificações.

O leite produzido no Campus Itapina, não padronizado, tratado por pasteurização lenta (65 °C / 30 minutos) e resfriado a 35 °C, foi adicionado de fermento lácteo mesofílico Ricaferm MT3 (Ricanata®) contendo as espécies *Lactococcus lactis* (subespécies *cremoris* e *lactis*) e *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, em dose recomendada pelo fabricante, permitindo-se incubação por 30 minutos. Adicionou-se cloreto de cálcio (Ricanata®) (40 mL /100 L) e coagulante microbiano Rhizoren 2250 GR (Igea®), em dose conforme o fabricante, seguindo coagulação em 30-40 minutos. Fez-se o corte da coalhada em grãos de 1,0-1,5 cm<sup>2</sup> de aresta. Procederam-se duas agitações, sendo a primeira feita lentamente por 20 minutos e a segunda com aumento de 1 °C a cada 2-3 minutos até atingir 36-37 °C, obtendo-se ponto característico para sua massa. Seguiram-se dessoragem total e pré-prensagem por 20 minutos, no tanque de coagulação, e enformagem em formas cilíndricas de 2,0 kg com dessorador, obtendo-se 32 unidades de queijo. A prensagem foi feita em prensa comum, com pesos cilíndricos de 20 kg sobre as formas, em três etapas: a primeira durante 20-30 minutos, a segunda durante 90 minutos e a terceira por 20 minutos sem o dessorador, realizando-se viragem dos queijos dentro das formas nos intervalos entre as prensagens. A salga foi feita em salmoura (20% m/v) a 4 °C por 18 horas.

Os queijos recém-retirados da salmoura foram levados à Unidade de Vegetais para montagem do experimento.

## Aplicação do revestimento comestível sobre os queijos

Cada unidade de queijo foi fracionada ao meio caracterizando o formato “meia-lua”, definido por Brasil (2020), totalizando 64 metades. Permitiu-se secagem da superfície em câmara tipo B.O.D. a 11±1 °C e umidade relativa (UR) de 85-90% por 72 horas, antes da aplicação do revestimento comestível. A maturação ocorreu a 11±1 °C e UR de 85-90% até os 28 dias, contados a partir

do dia da retirada da salmoura (dia zero). Mantiveram-se os queijos nestas mesmas condições de temperatura e UR até 60º dia, considerando-se o período entre o 28º e o 60º dia como estocagem dos queijos, sem embalagem.

Após a secagem da superfície das metades dos queijos, seguiu-se a aplicação do revestimento comestível de aração-boi, feita por pincelagem, pois esta promove maior redução na perda de umidade do que a imersão e a aspensão (Ayranci e Tunç, 1997; Ulusoy et al., 2018).

A pincelagem foi realizada individualmente na superfície das metades dos queijos, constituindo-se uma, duas ou três camadas de revestimento, com intervalo de 10-12 horas entre a aplicação da segunda e a terceira camadas para secagem das metades que as receberam. A parte inferior dos queijos, em contato com a prateleira da câmara, foi pincelada com o revestimento após a secagem de toda a superfície, promovendo-se a viragem das metades e, em seguida, permitindo-se também a secagem. Este procedimento foi feito até o término das aplicações da segunda e da terceira camadas nos respectivos queijos, permitindo-se secagem total até o 6º dia de maturação. A partir do 7º dia, amostras começaram a ser retiradas para as análises propostas.

### Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram conduzidas na Unidade de Processamento de Vegetais e no Laboratório de Química do Campus Itapina.

Mediu-se o pH em potenciômetro digital Oakton®. Amostras de 10,00 g de cada tratamento foram maceradas e diluídas em 10 mL de água destilada, seguindo-se filtragem. Os resultados foram expressos com duas casas decimais. Este mesmo extrato foi utilizado para se medir a acidez titulável por titulação volumétrica, adicionando-se quatro gotas do indicador fenolftaleína a 1% e titulando-se com solução de NaOH N/9 (solução Dornic) até coloração rósea. O cálculo foi realizado e os resultados expressos em mg de ácido láctico / 100 g de amostra, conforme IAL (2008).

Para a determinação da atividade de água ( $A_w$ ) em analisador LabSwift, Novasina®, adicionaram-se 5,00 g de cada tratamento nas cubetas cilíndricas de 4 x 1 cm ( $\varnothing$  x altura), sendo cada uma inserida na câmara hermética do aparelho

até emissão de sinal sonoro. A medida da  $A_w$  resulta da umidificação ou desumidificação do ar dentro da câmara hermética pela água livre da amostra, até que a pressão parcial da saturação do vapor de água atinja o zero, o que indica o fim da leitura. Os resultados foram expressos com três casas decimais (Novasina, 2021).

Determinou-se a umidade em balança Shimadzu® com câmara de aquecimento por infravermelho. Pesaram-se 10,000 g de cada amostra e fechou-se a câmara permitindo aquecimento a 200 °C até completa carbonização da amostra. Expressaram-se os resultados em porcentagem (%), com duas casas decimais (Barros et al., 2017).

Usou-se o método de sequestro do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) para medir a atividade antioxidante com adaptações de Neri-Numa et al. (2013), Zielinski et al. (2014) e Pretti et al. (2018). Preparou-se uma solução 0,3mM de DPPH diluindo-se 0,0120 g deste composto em etanol para 100 mL. Com 10,00 g de cada tratamento, prepararam-se extratos etanólicos (1:2) filtrando-os em papel filtro Quanta® com poros de 28 µm e mantendo-os congelados em tubos Falcon. Preparou-se uma mistura de 2:1 de cada extrato (4,0 mL de extrato : 2,0 mL de solução de DPPH), permitindo-se reação no escuro por 30 minutos. Leu-se a Absorbância a 517 nm ( $A_{517}$ ) em espectrofotômetro Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis (software Cary Win UV) e os resultados expressos em porcentagem de sequestro do DPPH, calculados pela Equação (1):

$$\text{Atividade antioxidante (\%)} = \frac{(A_{517}\text{DPPH} - A_{517}\text{Amostra}) \times 100}{A_{517}\text{DPPH}} \quad (1)$$

Usou-se o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu segundo Zielinski et al. (2014) e Barros et al. (2017), com adaptações, para se determinar os compostos fenólicos. Este método baseia-se na redução do ácido fosfomolibdico-fosfotúngstico pelas hidroxilas fenólicas, produzindo um complexo de coloração azul formado em meio alcalino. Preparou-se uma curva padrão a partir de uma solução 0,5 mg / mL de ácido gálico, com uma série de sete microtubos contendo alíquotas de 7,8125 a 500 µL/mL desta solução, completando-se para 2 mL com etanol. Em seguida, transferiu-se 0,5 mL de cada microtubo para tubos de ensaio,

adicionando-se 8 mL de água destilada e 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu. Agitou-se em vórtex e deixou-se em repouso por 3 minutos. Após, adicionou-se aos tubos 1,0 mL de solução aquosa de carbonato de sódio a 5%, com agitação em vórtex, permitindo-se reação no escuro por 1 hora. A absorbância foi lida 750 nm em espectrofotômetro, e a equação da reta obtida após plotagem dos dados. Para a análise das amostras, utilizaram-se os mesmos extratos preparados para a determinação da atividade antioxidante. Pipetou-se 0,5 mL de cada extrato para tubos de ensaio, adicionando-se os mesmos reagentes usados na curva padrão, seguindo-se reação por 1 hora no escuro e leitura da Absorbância. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g}$  EAG (equivalente ácido gálico) / g de amostra.

Os carotenoides foram determinados conforme Nellis et al. (2017) e Virgolin et al. (2017), com adaptações. Em cápsulas de porcelana, foram preparados extratos (1:10) macerando-se 5,00 g de queijo de cada tratamento com 30 mL de acetona e filtrando-se em vácuo com funil de Buchner para kitassatos de 250 mL. Transferiu-se o filtrado para funil de separação contendo, aproximadamente, 20 mL de éter de petróleo. Seguiram-se três lavagens consecutivas com água destilada para total remoção da acetona por meio de uma reação de saponificação. Na última lavagem, adicionou-se sulfato de sódio anidro diretamente no funil de separação para facilitar a separação de fases, obtendo-se extrato etéreo da amostra (fase superior) e água (fase inferior). A água foi descartada e o extrato etéreo transferido para balão de 25 mL. Completou-se o volume com éter de petróleo e fez-se a leitura da Absorbância a 450 nm para betacaroteno, e a quantificação calculada pela Equação (2):

$$\text{Teor de betacaroteno } (\mu\text{g.g}^{-1}) = \frac{A \times V \times 1000}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times M \times 100} \quad (2)$$

Onde:

A = Absorbância no devido comprimento de onda: 450 nm para betacaroteno e 470 nm para licopeno;

V = Volume final da solução (25 mL);

$A_{1\text{cm}}^{1\%}$  = Coeficiente de extinção ou de absorvidade molar de um pigmento em um determinado solvente específico: 2592 para betacaroteno e 3450 para licopeno);

M = massa da amostra tomada para a análise.



O índice de peróxidos (IP) foi determinado pelo método da oxidação do ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) pelo corante alaranjado de xilenol, conforme Pegg (2001), com adaptações, o qual se baseia na habilidade dos peróxidos lipídicos promoverem oxidação de íons ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ) a íons férricos ( $\text{Fe}^{3+}$ ) em baixo pH. A oxidação resultante foi quantificada usando-se um corante que complexa com os íons férricos ( $\text{Fe}^{3+}$ ) gerados para produzir uma cor que pode ser medida por espectrofotometria. Segundo esse autor, este método é distintamente mais vantajoso do que a titulação iodométrica, por ser capaz de determinar valores mais baixos do que 0,1 meq de oxigênio ativo / kg de amostra.

Preparou-se uma curva padrão, com uma série de cinco tubos contendo alíquotas de 0 a 2,0 mL de uma solução padrão de cloreto de ferro (III) ( $10 \mu\text{g/mL FeCl}_3$ ), 50  $\mu\text{L}$  de solução de alaranjado de xilenol 10mM e solução de clorofórmio:etanol (7:3) o suficiente para completar o volume final de 10 mL. Procedeu-se a leitura da Absorbância em espectrofotômetro a 560 nm, plotando-se os dados para obtenção da equação da reta. Em tubo Falcon de 50 mL, pesou-se 0,1000 g de cada amostra finamente triturada e homogeneizada. Adicionaram-se 9,0 mL de solução de clorofórmio:etanol (7:3) seguindo-se agitação em vórtex por 2-4 seg. e repouso por 5 minutos. Centrifugou-se a 4.000 rpm por 20 min e recolheu-se o sobrenadante para outro tubo. Adicionaram-se 50  $\mu\text{L}$  de alaranjado de xilenol e 50  $\mu\text{L}$  de solução de cloreto férrico (II), agitando-se em vórtex por 2-4 seg após cada adição. Completou-se o volume dos tubos com solução de clorofórmio:etanol para 10 mL de volume final, permitindo-se repouso por, exatamente, 5 minutos em temperatura ambiente e determinando-se a Absorbância a 560 nm. Os resultados foram calculados pela Equação (3):

$$\text{IP} = [(A_S - A_B) \times m_i] / (W \times 55,84 \times 2) \quad (3)$$

Onde:

$A_S$  = Absorbância da amostra;

$A_B$  = Absorbância do branco;

$M_i$  = inverso da inclinação da reta;

$W$  = peso da amostra.

A perda de massa foi avaliada com metades de queijos unicamente mantidos para esta finalidade durante todo o experimento, sendo estas utilizadas

para as análises realizadas no 60º dia do experimento. Pesaram-se os queijos no dia da retirada dos queijos da salmoura (dia zero) e em intervalos de dois ou três dias até o final do experimento. O cálculo da perda de massa foi realizado conforme Artiga-Artigas et al. (2017) pela diferença entre os pesos obtidos em cada dia de análise e o peso inicial dos queijos. Os resultados dessas diferenças de peso (g) foram transformados em porcentagem com relação ao peso inicial (g) que foi considerado como 100%.

### Parâmetros de cor

As análises de cor foram realizadas no Laboratório de Operações Unitárias do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES, em Alegre-ES, em colorímetro Konica Minolta®, modelo Spectrophotometer CM-5.

Amostras do queijo foram cortadas em formato cilíndrico com 5 x 1 cm ( $\emptyset$  x altura), inseridas na cubeta do aparelho com a face que representa a superfície do queijo voltada para o fundo, e colocadas sobre a superfície de leitura do aparelho (Figura 1). Determinaram-se os componentes:  $L^*$  (Luminosidade), onde: 0 = preto e 100 = claridade total;  $a^*$  (componente vermelho/verde), onde:  $+a^*$  = vermelho e  $-a^*$  = verde;  $b^*$  (componente amarelo/azul), onde:  $+b^*$  = amarelo e  $-b^*$  = azul. Tais componentes do sistema de cor utilizado ( $L^*a^*b^*$ ) são utilizados como base para o cálculo dos demais parâmetros (Milovanovic et al., 2020).



Figura 1. Amostra de queijo na cubeta de leitura (a); Cubeta com a amostra na superfície de leitura do Colorímetro (b); Leitura dos componentes de cor ( $L^*a^*b^*$ ) (c).

Fonte: Da autora (2020).

A partir dos componentes  $a^*$  e  $b^*$  calcularam-se:  $C^*$  (Chroma = pureza da cor) cujos valores mais altos indicam cor mais viva (Equação 4) e ângulo  $h^*$  (hue angle = ângulo da tonalidade da cor), cujos valores mais próximos de  $90^\circ$  indicam a tonalidade avermelhada e os mais próximos de  $0^\circ$  a tonalidade amarelada (Equação 5) (Granato et al. 2010; Milovanovic et al., 2020; Zielinski et al, 2014).

$$C^* = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (4)$$

$$h^* = \text{Tan}^{-1} (b^*/a^*) \quad (5)$$

Calcularam-se, também, o BI (Browning Index = Índice de Escurecimento) (Equação 6), que se refere à pureza da cor marrom, sendo reportado como parâmetro importante em alimentos contendo carboidratos, em processos de escurecimentos enzimático e não-enzimático (Milovanovic et al., 2020) e a Diferença Total de Cor ( $\Delta E$ ), que mensura as mudanças de cor e indica a magnitude da diferença de cor quando se compara cada amostra nos diferentes tempos com relação às amostras do dia zero (Fernandez-Avila et al., 2017). Quando o  $\Delta E < 1$  aponta para diferenças nas cores que podem não ser perceptíveis, valores de  $\Delta E$  entre 1 e 3 referem-se a mínimas diferenças de cor que poderiam ser perceptíveis e  $\Delta E > 3$  aponta diferenças de cor que são perceptíveis ao olho humano. (Equação 7).

$$BI = \frac{[100 (x - 0,31)]}{0,172} \quad (6)$$

Onde:

$$x = (a^* + 1,75L^*) / (5,645L^* + a^* - 3,012b^*)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5} \quad (7)$$

Onde:

$\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$  são as diferenças entre as medidas desses parâmetros para as amostras com relação ao dia zero de maturação.

## Análise do perfil de textura

A importância da textura na aceitabilidade geral dos alimentos varia dependendo do tipo de alimento, podendo ser considerada crítica, importante ou mínima. Em queijos, por exemplo, a textura é importante para a aceitabilidade do produto, pois sua contribuição para a qualidade geral do produto é significativa, porém não dominante (Bourne, 2002).

Diferentemente da cor e, também, do sabor, a textura de um alimento é um atributo extremamente importante, sendo, frequentemente, mais considerada como um parâmetro de qualidade do que um indicador de segurança, quando se trata da impressão do consumidor (Lawless & Heymann, 2010).

Em se tratando de atributo sensorial, a textura resulta de uma combinação de propriedades físicas que são percebidas pelos sentidos do tato, visão e audição durante o consumo. Neste experimento, os parâmetros avaliados podem ser classificados como propriedades mecânicas, verificadas principalmente como força ou trabalho do instrumento que determina, objetivamente, a textura como função da massa, do tempo e da distância. Em reologia, esses parâmetros são descritos como propriedades que estimam a resposta do queijo ao estresse ou à tensão a ele aplicada, podendo ser propriedades primárias (dureza, coesividade, adesividade e elasticidade) ou secundárias (fraturabilidade, gomosidade e mastigabilidade). O cálculo instrumental baseia-se nas percepções sensoriais subjetivas antes e durante o consumo do produto, e todos esses parâmetros têm relação com termos populares usados para descrever a textura do queijo, como macio, duro, tenro, pastoso, pegajoso, dentre outros (Bourne, 2002; Fox et al., 2017).

Foi utilizado o método TPA (*Texture Profile Analysis*) ou Análise do Perfil em texturômetro Texture Analyzer Brookfield CT3, usando o teste de dupla compressão, conforme Eroglu et al. (2015) e Sandoval-Copado et al. (2016), com adaptações. O teste consistiu em dois ciclos de medição para cada amostra, usando-se a probe cilíndrica de acrílico TA25/1000 e célula de carga de 10.000 g. As velocidades do pré-teste e as velocidades descendente/ascendente foram de 2 mm/s e de 1 mm/s, respectivamente, com tempos de retenção e de recuperação de 0 seg. e taxa de dados de 50 pontos/s. O alvo da probe foi a descida desta até comprimir 50 % da altura da amostra (1 cm).

Cubos de 8 cm<sup>3</sup> (2 cm de arestas) foram retirados sempre na mesma posição, de modo que apenas uma das faces do cubo fosse da superfície externa do queijo (casca). Durante o teste, em todas as amostras, esta face do cubo foi colocada voltada para cima, sendo a face que entrou em contato com a probe. As demais faces do cubo corresponderam à parte interna do queijo (Figura 2). As amostras foram mantidas a 15 ±2 °C até o momento do teste.

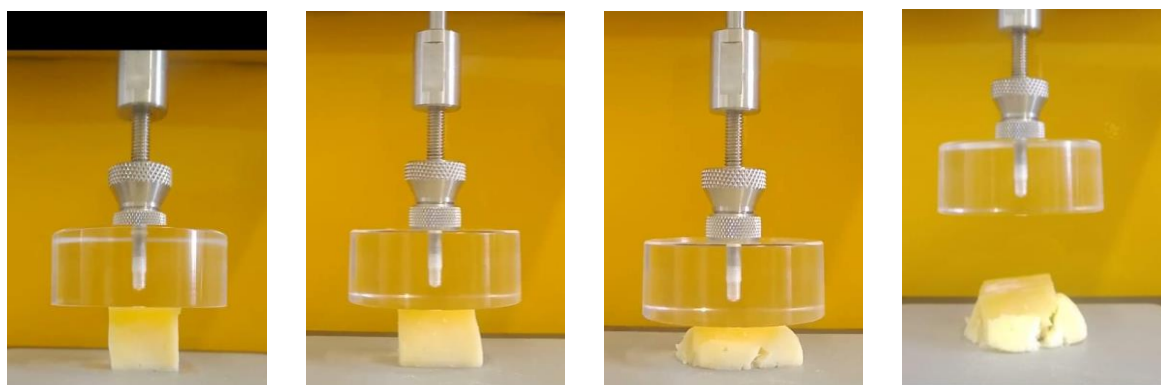


Figura 2. Teste de compressão de amostra de queijo em texturômetro.  
Fonte: Da autora (2020).

Avaliaram-se os seguintes parâmetros, assim definidos na análise do perfil textural: dureza (*hardness*) – força máxima (N) requerida para comprimir a amostra para que a mesma atinja uma determinada deformação; coesividade (*cohesiveness*) – extensão na qual a amostra pode ser deformada antes de se romper, representada pela força com que as ligações internas do alimento exercem sobre o mesmo; gomosidade (*gumminess*) – força (N) requerida para desintegrar a amostra semissólida, simulando a condição de um alimento pronto para ser engolido (dureza x coesividade); mastigabilidade (*chewiness*) – trabalho (mJ) requerido para desintegrar a amostra sólida, simulando a mastigação até o ponto em que o alimento esteja pronto para ser engolido (dureza x coesividade x elasticidade); fraturabilidade (*brittleness*) – força (N) mediante a qual a amostra se fratura com deformação relativamente baixa, significando que alimentos fraturáveis são pouco ou nunca adesivos; adesividade (*adhesiveness*) – trabalho (mJ) requerido para superar as forças atrativas entre a superfície da amostra e a base inferior da probe, para que esta seja removida da amostra após a primeira

compressão; elasticidade (*springiness*) – relação entre uma distância B (altura = mm) (medida do ponto inicial de contato da probe com a amostra na primeira compressão ao ponto de contato com a amostra na segunda compressão) e uma distância A (altura = mm) (mesma medida feita sobre um padrão completamente inelástico, como argila, por exemplo); resiliência (*resilience*) – semelhante à elasticidade, porém mede a relação entre energia/trabalho para reconformação da amostra após os dois ciclos de compressão (Trihn e Glasgow, 2012; Eroglu et al., 2015; Fox et al., 2017).

### Contagem de bolores e leveduras

Propôs-se a contagem de colônias em placas contendo meio sólido (ágar Batata-Dextrose Oxoid®). Neste método, 20 g de amostra são assepticamente pesados e diluídos seguidamente ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$ ), sendo feito o plaqueamento por espalhamento em superfície, por meio da inoculação de uma alíquota de 0,1 mL das diluições preparadas, seguindo-se a incubação em estufa a 25 °C por 5 a 7 dias, expressando-se os resultados da contagem em unidades formadoras de colônias por grama de amostra (UFC/g) (Beuchat e Cousin, 2001; Silva et al., 2017).

Esta contagem foi proposta a fim de quantificar a presença desses micro-organismos nos queijos como indicador das condições ambientais durante a execução do experimento.

### Análises Estatísticas

Foram realizadas análises univariada e multivariada. Na análise univariada o estudo foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado em arranjo de parcelas divididas, constando a quantidade de camadas de suco como parcelas e os tempos de avaliação as subparcelas. Por serem quantitativos, em ambos os fatores (número de camadas = quantitativo discreto, e tempos de avaliação = quantitativo contínuo) utilizou-se no procedimento analítico a

metodologia de superfície de resposta (Myers et al., 2009 e 2016) com os modelos descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Modelos de superfície de resposta testados

Nome	Modelo de superfície de resposta
Linear	$z = z_0 + ax + by$ <p>Onde, <math>z</math> = é a estimativa do modelo; <math>z_0</math> = é o intercepto; <math>a</math> e <math>b</math> = parâmetros do modelo; <math>x</math> = tempo; e <math>y</math> = número de camadas.</p>
Quadrático	$z = z_0 + ax + by + cx^2 + dy^2$ <p>Onde, <math>z</math> = é a estimativa do modelo; <math>z_0</math> = é o intercepto; <math>a</math> e <math>b</math> = parâmetros do modelo; <math>x</math> = tempo; e <math>y</math> = número de camadas.</p>
Gaussiano	$z = ae^{-0.5\left[\left(\frac{x-x_0}{b}\right)^2 + \left(\frac{y-y_0}{c}\right)^2\right]}$ <p>Onde, <math>z</math> = é a estimativa do modelo; <math>e</math> = exponencial neperiano; <math>a</math>, <math>b</math>, <math>x_0</math> e <math>y_0</math> = parâmetros do modelo; <math>x</math> = tempo; e <math>y</math> = número de camadas.</p>
Lorentziano	$z = \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x-x_0}{b}\right)^2\right] \left[1 + \left(\frac{y-y_0}{c}\right)^2\right]}$ <p>Onde, <math>z</math> = é a estimativa do modelo; <math>e</math> = exponencial neperiano; <math>a</math>, <math>b</math>, <math>x_0</math> e <math>y_0</math> = parâmetros do modelo; <math>x</math> = tempo; e <math>y</math> = número de camadas.</p>

Fonte: Da autora (2021).

Para determinar os parâmetros dos modelos utilizou-se a regressão de mínimos quadrados não linear por meio do método de Levenberg-Marquardt, usando-se o pacote (MINPACK.LM) (Elzhov et al., 2016). Os modelos foram selecionados com base no logaritmo de verossimilhança (LOGLIK), critério e peso de informação de Akaike (AIC e peso AIC, respectivamente) e do critério de informação Bayesiano (BIC) e pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ), sendo que, para LogLik quanto maior o valor melhor será o ajuste, enquanto para AIC e BIC quanto menor o valor e maior o peso do valor melhor é o ajuste do modelo (Konishi e Kitagawa, 2008). Para todas as análises realizadas foi utilizado o aplicativo computacional R versão 3.6.3 (R Development Core Team, 2020).

Na análise multivariada, com o intuito de verificar tratamentos (combinação entre o número de camadas e tempos de avaliação) com características similares realizaram-se procedimentos multivariados. A partir das médias das variáveis estudadas construiu-se uma matriz 24 x 23 (tratamentos x

variáveis explicativas). Essa matriz foi submetida à transformação escalar e linear de centralização e normalização para então ser calculada a distância Euclidiana, obtendo-se desta forma, uma matriz 24 x 24 de dissimilaridades, em que os valores mais elevados entre duas linhagens indicam que estes são mais distantes, enquanto menores valores indicam maior proximidade (Borcard et al., 2011; Mingoti, 2013).

Com base na matriz de dissimilaridades foi determinado o número de grupos de ligação. Para tal, utilizou-se o método de ligação média não ponderada UPGMA (do inglês *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean*) com o intuito de se obter grupos formados a partir dos tratamentos mais próximos (semelhantes). O procedimento constou da utilização de 26 critérios (Charrad et al., 2014) utilizados na seleção e validação do número de grupos de ligação para Métodos Hierárquicos Aglomerativos (Borcard et al., 2011; Legendre e Legendre, 2012; Mingoti, 2013). A partir da definição do número de grupos procedeu-se com a confecção do dendrograma a partir da matriz de dissimilaridades.

Buscou-se também compreender a influência das variáveis explicativas na formação dos agrupamentos. Desta maneira, realizou-se uma análise de coordenadas principais (PCoA) (Legendre e Legendre, 1998 e 2012;), a partir da matriz de dissimilaridades e posteriormente construiu-se um gráfico do tipo “Biplot” que permitiu compreender a influência de tais variáveis (Borcard et al., 2011; Legendre e Legendre, 1998 e 2012).

Para os procedimentos da análise multivariada utilizou-se o pacote (VEGAN) (Oksanen et al., 2017). Na determinação do número de clusters utilizou-se o pacote (NBCLUST) (Charrad et al., 2014), e na construção do dendrograma utilizou-se o pacote (COLORSPACE) (Ihaka et al., 2016). Para todas as análises realizadas foi utilizado o aplicativo computacional R versão 3.6.3 (R Development Core Team, 2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento, no 10º dia da maturação, observou-se o surgimento de colônias brancas sobre os queijos, que se espalharam de



maneira desuniforme, principalmente, sobre as superfícies inferior e superior, pois estas eram as superfícies que ficavam mais expostas durante a maturação. Tais colônias mantiveram-se em crescimento lento até, aproximadamente, o final da maturação, quando a superfície dos queijos se tornou menos úmida. Considerou-se o surgimento destas colônias brancas como decorrência da contaminação do ambiente de produção dos queijos, principalmente, da salmoura em que foi realizada a salga dos queijos, pela presença de leveduras da espécie *Geotrichum candidum*, a qual foi usada durante algum tempo no laticínio do Campus como agente protetor e competidor com outros fungos ambientais.

Associada ao crescimento das leveduras *G. candidum* sobre os queijos, observou-se intercorrência de proliferação ambiental por bolores inclusive nas paredes e superfícies internas da câmara de maturação com colônias de colorações verde-acinzentada e preto-acinzentada. Supôs-se que tal proliferação possivelmente foi favorecida pela estação do ano com elevadas pluviosidade e temperatura ambiente, o que contribuiu para a elevação da UR durante cerca de 10 dias, alcançando valores superiores a 95% dentro da câmara de maturação, o que pode ter contribuído para a proliferação desses fungos sobre superfícies de trabalho e sobre os queijos.

Assim, supôs-se que, de modo geral, o crescimento desses fungos pode ser decorrente de um fator climático/ambiental não controlado, e possivelmente não foi influenciado apenas pelo efeito do tratamento dos queijos. Isso inviabilizou a execução da contagem de bolores e leveduras em placas, conforme previsto na metodologia deste trabalho.

Abo El-Makarem et al., (2017) e Fröhlich-Wyder et al. (2018) escreveram que embora o próprio leite, os equipamentos e as embalagens sejam fontes de contaminação de queijos, o ar é, ainda, a principal fonte de contaminação. Além disso, apesar de não ser habitual a fabricação do queijo minas com adição da levedura *Geotrichum candidum*, este gênero foi relatado por Aragão (2018) como parte da microbiota que confere *terroir* ao queijo minas artesanal das microrregiões do Serro e Serra da Canastra (MG). Assim, o crescimento desses micro-organismos observados neste experimento pode ser considerado um evento comum e *G. candidum* não representa perigo, pois é uma levedura não-toxigênica (Del Corso et al., 2019).

## Perfil físico-químico dos queijos

Para todas as características físico-químicas avaliadas no queijo Minas Padrão durante a maturação (0-28 dias) e a estocagem (29-60 dias), com exceção da perda de massa, os gráficos da análise de superfície de resposta são apresentados em duas posições de visualização, para melhor compreensão do comportamento do queijo Minas Padrão quanto a essas características.

Os resultados obtidos para o pH foram ajustados ao modelo quadrático mostrado na Figura 3 (A e B), no qual se observa queda dos valores do início até o fim da maturação (25-28 dias, aproximadamente), seguindo-se novo aumento dos valores até o final da estocagem. A faixa de pH durante todo o experimento esteve entre 5,6-5,8. A queda no pH durante 30 dias de maturação foi observada por Alencar et al. (2019) quando avaliaram queijo Minas Padrão, produzidos com fermento láctico liofilizado e adição de cloreto de cálcio, do mesmo modo que os queijos produzidos para este experimento, e com valores dentro da mesma faixa.

Esse comportamento ocorre devido às modificações durante a maturação dos queijos, sendo um fenômeno complexo que envolve transformações físicas, físico-químicas e microbiológicas, pela influência de fatores ambientais bem como de enzimas e ácidos produzidos principalmente pela microbiota natural do leite (Dolci et al., 2010; Perry, 2004; Sihufe et al., 2010).

No início da maturação, o pH diminui em razão do metabolismo da lactose pelas bactérias lácticas da cultura *starter*, com produção de ácido láctico. Em seguida, ocorre desacidificação devido à proteólise pela ação enzimática do coagulante residual retido na massa do queijo ou pela ação de enzimas proteolíticas da microbiota nativa do leite que sobreviveu à pasteurização. A proteólise promove a formação de compostos nitrogenados alcalinos, favorecendo o aumento do pH até o restante da maturação. Além disso, o pH final do queijo é influenciado pela magnitude da acidificação durante sua fabricação, pela capacidade tamponante da coalhada e pela desacidificação durante a maturação, cujo tempo depende do tipo de queijo (McSweeney, 2004; Perry, 2004; Costa Júnior, et al. 2014; Alencar, 2019).

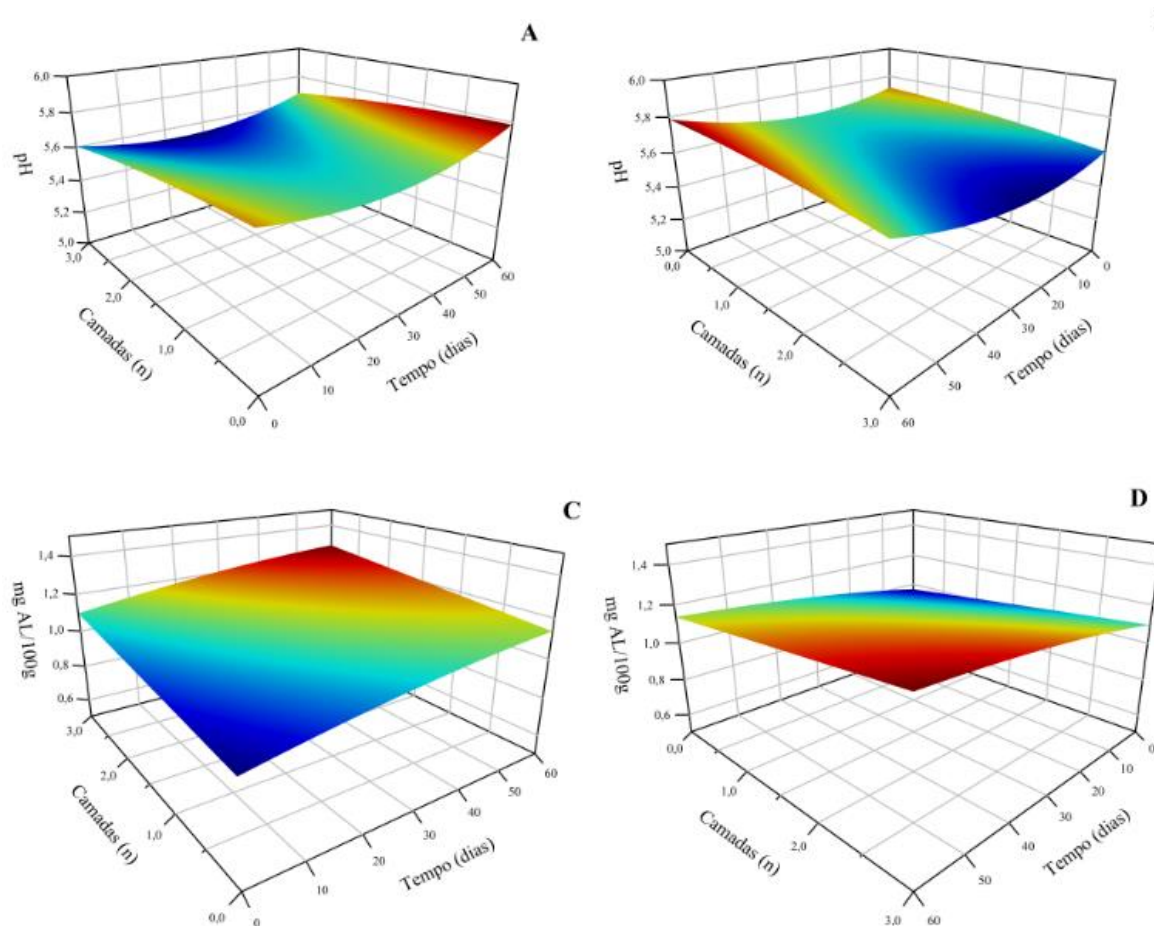


Figura 3. pH (A e B) e acidez titulável (AT) (mg de ácido láctico / 100 g) (C e D) do queijo durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias).  
Fonte: Da autora (2021).

Além disso, nota-se também na Figura 3 (A e B), que entre os tratamentos os valores de pH dos queijos foram tanto menores quanto maior foi o número de camadas de revestimento, e esse padrão manteve-se mesmo com o aumento do pH até o final da estocagem. Possivelmente, tal comportamento está relacionado à quantidade de ácidos provenientes do revestimento de araçá-boi, cujo pH foi de 2,93 (Holtz et al., não publicado), no sentido de que se acumularam em maior quantidade na superfície dos queijos proporcionalmente ao aumento do número de camadas de revestimento.

A Figura 3 (C e D) mostra que os valores da AT se ajustaram também ao modelo quadrático e foram de, aproximadamente, 0,98 a 1,3 mg de ácido láctico / 100g de queijo. De modo inverso ao pH, a AT aumentou mais pronunciadamente

até o fim da maturação (25-28 dias, aproximadamente), mantendo ligeiro aumento até o fim da estocagem (60 dias). Supõe-se que tal fato tenha contribuído para que a correlação entre a AT e o pH não fosse significativa ( $P > 0,05$ ) neste experimento (Figura 4). Além disso, a AT também apresentou maiores valores nos queijos que receberam mais camadas de revestimento, sendo este aumento mais pronunciado ao final da estocagem dos queijos. Provavelmente, isso fez com que a AT obtida tenha sido maior do que a faixa de valores encontrada por Alencar et al. (2019) em queijos Minas Padrão elaborados com fermento lácteo liofilizado e cloreto de cálcio (aproximadamente 0,55-1,05 mg de ácido láctico / 100 g), porém mais baixa que quando os queijos foram elaborados sem o fermento e o cloreto de cálcio (entre 0,95-1,65 mg de ácido láctico / 100 g).

Segundo Zeinab et al. (2017), a estação (chuvosa/seca), a temperatura e o tempo de maturação dos queijos, também podem contribuir para o aumento do percentual de acidez dos queijos. Martins et al. (2015) comparando queijos minas artesanais da região do Serro (MG) fabricados em estações chuvosa e seca e maturados por 64 dias em câmara a  $8 \pm 1$  °C, observaram que a AT manteve-se estável durante toda maturação, sendo de 1,1 mg ácido láctico / 100 g na estação seca e de 0,85 mg ácido láctico / 100 g, na estação chuvosa. O pH desses queijos também foi estável, sendo de 4,71 e 4,88 na estação seca e chuvosa, respectivamente. Esta informação corrobora o fato de que o acúmulo de ácidos provenientes do revestimento comestível de araçá-boi tenha contribuído com o aumento da AT durante o período avaliado neste experimento e a correlação não significativa desta com o pH.

O comportamento da AT parece também ter influenciado outras variáveis avaliadas neste trabalho, uma vez que esta apresentou correlação positiva mediana com a atividade antioxidante (0,44) (Figura 4) e com outros parâmetros físico-químicos, de cor e de textura, discutidos adiante.

A atividade antioxidante nos queijos ajustou-se ao modelo quadrático (Figura 5 A e B), apresentando aumento geral dos valores até um pico máximo no 45º dia, aproximadamente, e pequeno declínio até o 60º dia. Entre os tratamentos, observou-se que no início da maturação os queijos que receberam apenas uma camada de revestimento apresentaram atividade antioxidante nula, e os queijos com três camadas apresentaram os maiores valores, seguindo-se este padrão até o final da estocagem, sendo o valor máximo de, aproximadamente

37% de inibição do DPPH.

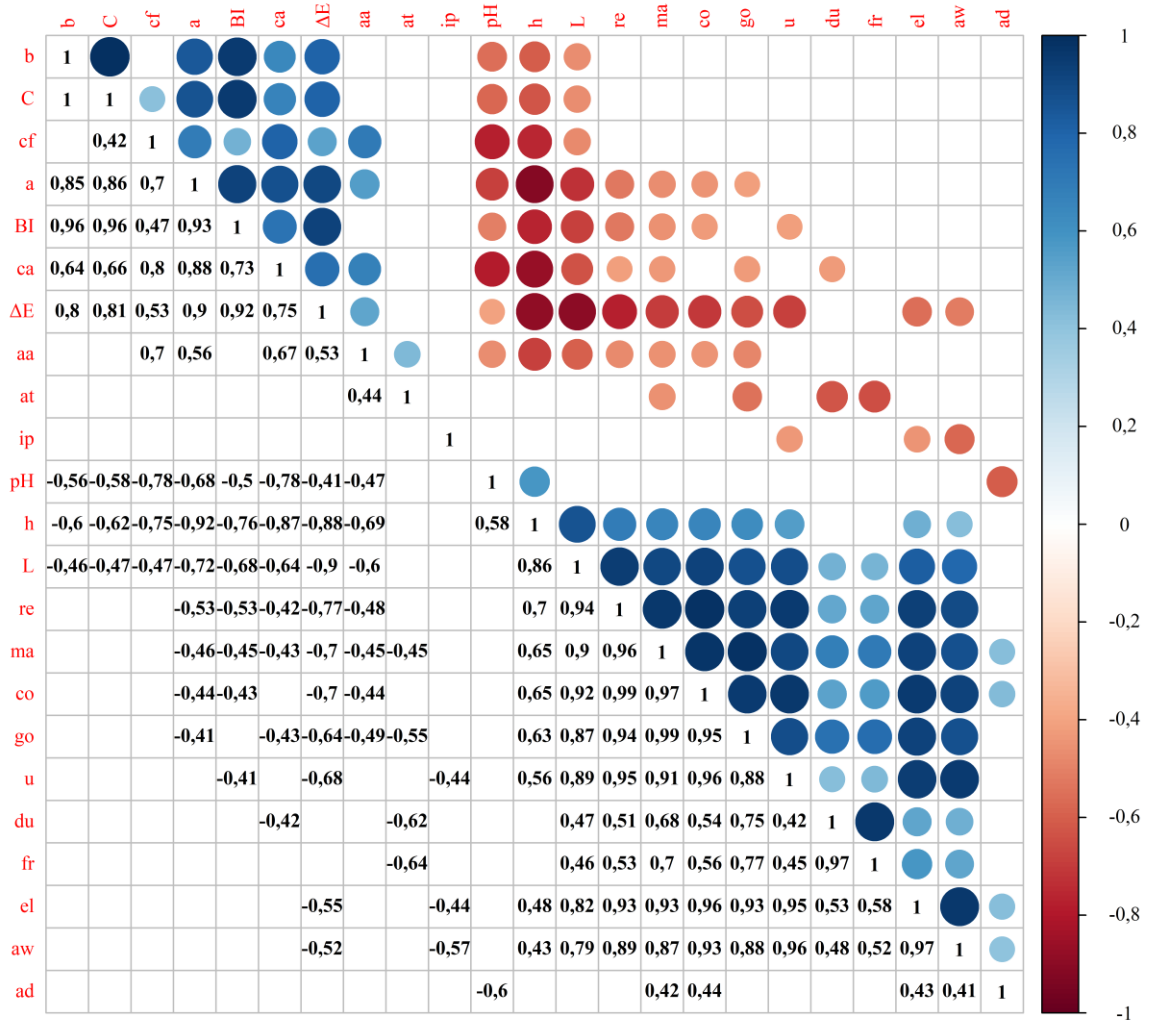


Figura 4. Gráfico das Correlações de Pearson entre as características físico-químicas (pH, at = acidez titulável; aw = atividade de água; u = umidade; aa = atividade antioxidante; cf = compostos fenólicos; ca = carotenoides; ip = índice de peróxidos), os parâmetros de cor (L = luminosidade; a = valores próximos do vermelho; b = valores próximos do amarelo; C = pureza da cor; h = tonalidade da cor; IB = índice de escurecimento; ΔE = diferença total de cor) e os parâmetros de textura (d = dureza; co = coesividade; fr = fraturabilidade; ma = mastigabilidade; go = gomosidade; el = elasticidade; re = resiliência; ad = adesividade).  
 Fonte: Da autora (2021).

Fato interessante é que, embora não tenham recebido revestimento comestível, os queijos do controle apresentaram discreta atividade antioxidante (aproximadamente 13% de inibição do DPPH). Isso pode estar relacionado à ação de antioxidantes lipossolúveis naturalmente presentes no leite, tais como  $\alpha$ -tocoferol, retinol e  $\beta$ -caroteno (Panfili et al, 1994; Van den Berg et al., 2000) que inibem a reação em cadeia da peroxidação lipídica e inativam o oxigênio *singlet* e os lipoperóxidos, prevenindo ou limitando a oxidação lipídica, a qual pode ocorrer já no início da maturação dos queijos como resposta ao estresse térmico da pasteurização do leite (Balestrieri et al., 2002).

Neste sentido, uma vez que o  $\beta$ -caroteno também faz parte da composição do revestimento comestível de araçá-boi (Holtz et al., 2020), e que seus valores tenham se ajustado ao modelo quadrático, com comportamento similar ao da atividade antioxidante durante o período avaliado neste trabalho (Figura 6 A e B), este componente pode ter contribuído com os maiores valores de atividade antioxidante encontrados nos queijos que receberam duas e três camadas do revestimento comestível (Figura 5 A e B).

Por outro lado, os compostos fenólicos, também presentes no revestimento de araçá-boi (Holtz et al., 2020), apesar de se ajustarem ao modelo Gaussiano, também mostraram os maiores valores nos queijos com maior número de camadas, partindo de valores iniciais nulos no dia zero nos queijos sem revestimento e alcançando valor máximo entre 30 e 40 dias, com posterior decréscimo até o 60º dia (Figura 5 C e D). Branciarri et al. (2014) relataram que os compostos fenólicos presentes no queijo podem ser advindos, principalmente, da dieta do animal. Contudo, possivelmente o leite a partir do qual se obtiveram os queijos deste experimento continha baixo teor desses compostos e, portanto, suas concentrações não foram detectadas nos queijos sem revestimento de araçá-boi. Assim, considera-se que os valores de compostos fenólicos detectados nos queijos foram efeito do revestimento.

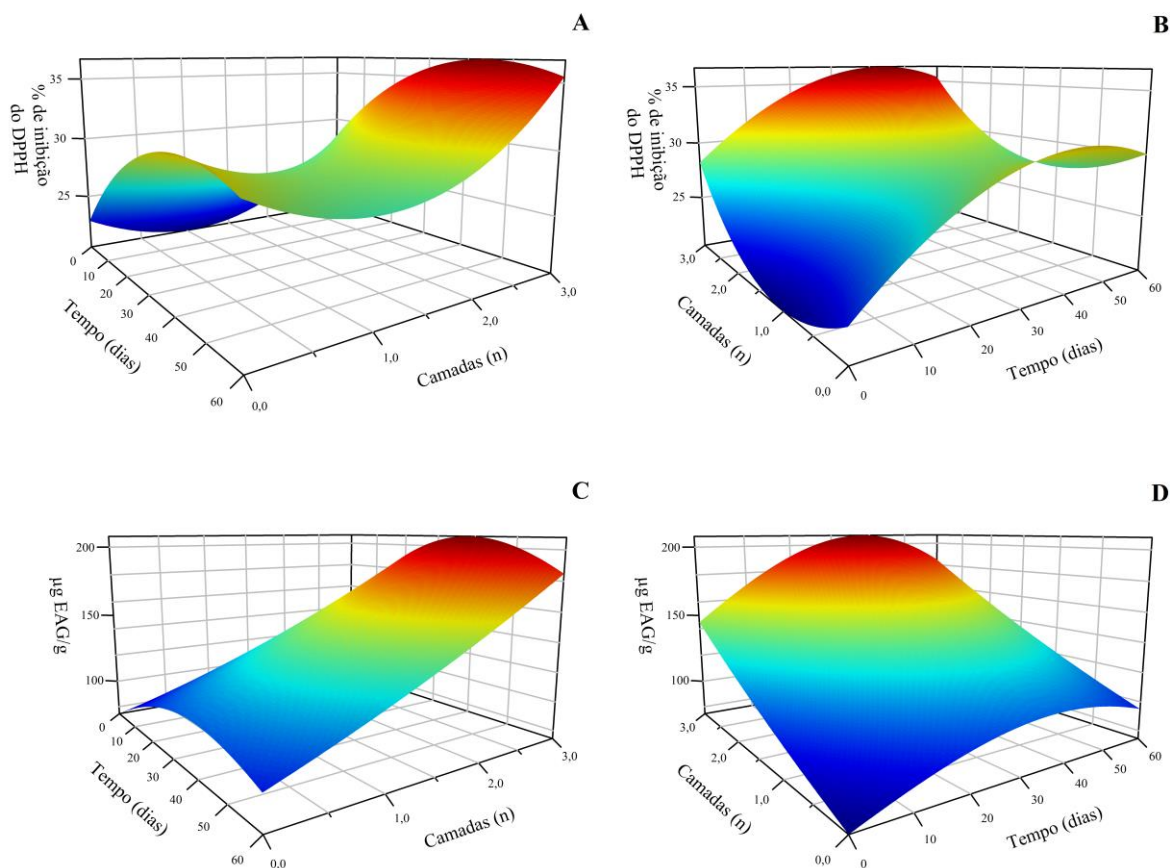


Figura 5. Atividade antioxidante (% de inibição do DPPH) (A e B) e compostos fenólicos ( $\mu\text{g}$  EAG – equivalente ácido gálico / g) (C e D) do queijo durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias).  
Fonte: Da autora (2021).

Além disso, houve alta correlação negativa desses compostos com o pH (-0,78) e mediana correlação negativa do pH com a atividade antioxidante (-0,47) (Figura 4). Assim, em concordância com Barreto et al. (2009) e Holtz et al. (2020), neste trabalho, apesar da presença natural de carotenoides no leite, que promoveu certa atividade antioxidante nos queijos sem revestimento comestível no início da maturação (Figura 5 A e B), a correlação positiva entre a atividade antioxidante e os compostos fenólicos (0,70), aponta para influência um pouco maior destes compostos do que dos carotenoides (0,67) sobre essa atividade (Figura 4). Estes resultados evidenciam um efeito potencializador do revestimento comestível de araçá-boi sobre a atividade antioxidante nos queijos.

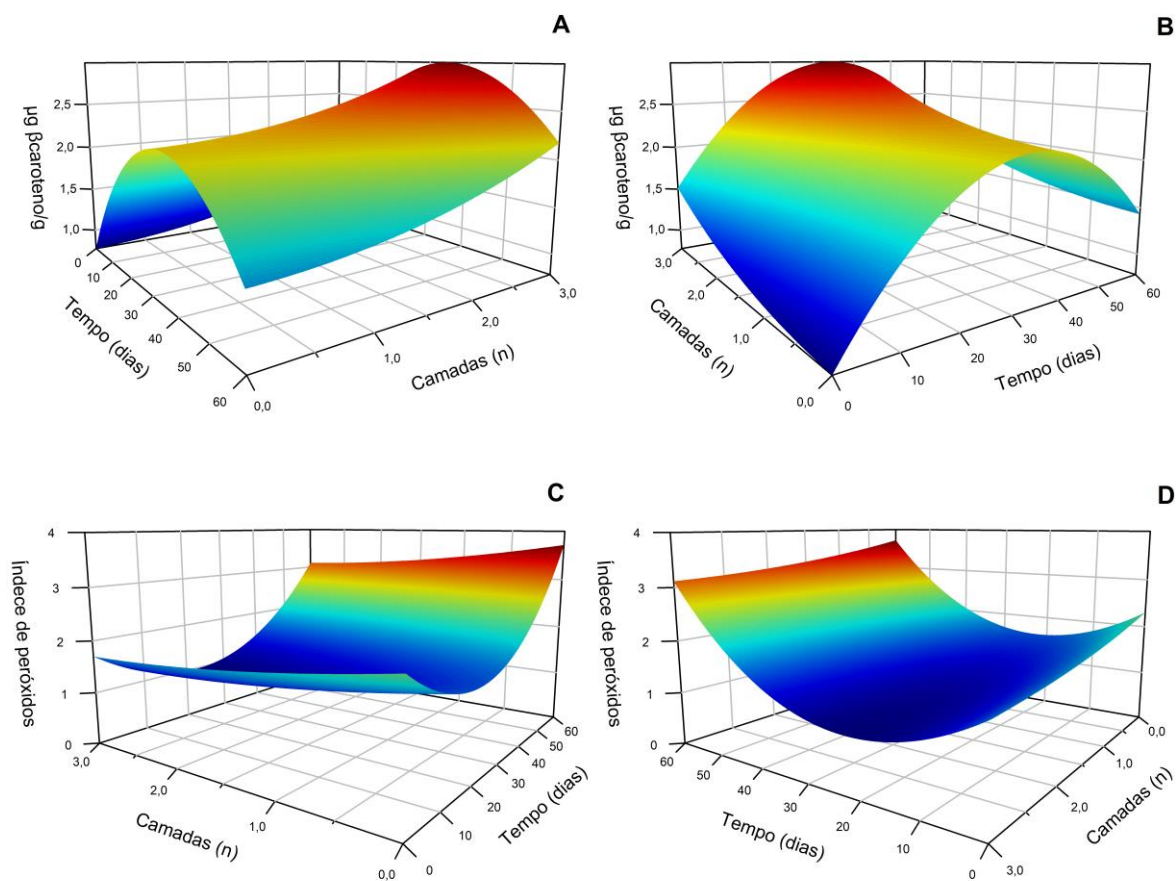


Figura 6. Carotenoides ( $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno / g) (A e B) e índice de peróxidos (C e D) do queijo durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias).  
Fonte: Da autora (2021).

A  $A_w$  e a umidade dos queijos ajustaram-se ao modelo quadrático e, em ambos os parâmetros, os maiores valores foram observados nos queijos com maior número de camadas de revestimento, durante todo o período avaliado (Figura 7).



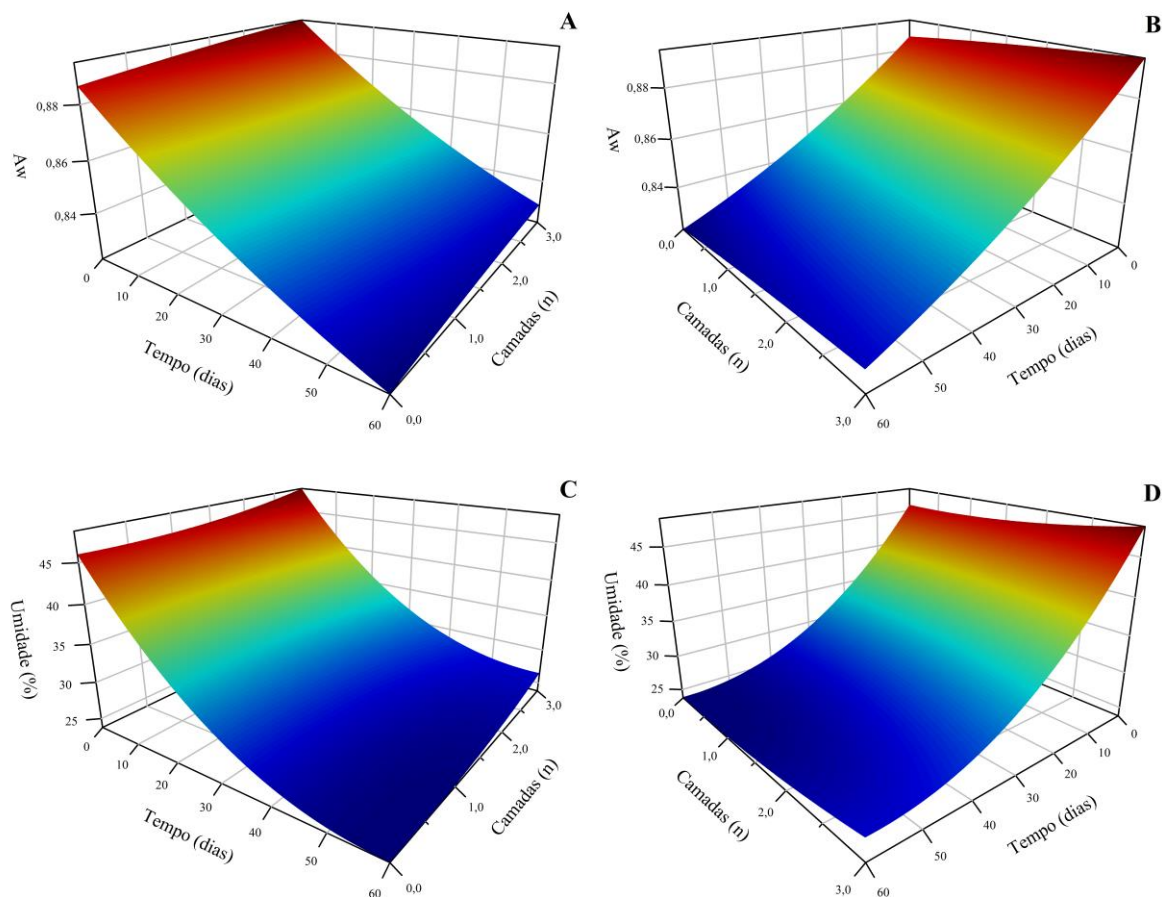


Figura 7. Atividade ( $A_w$ ) (A e B) e Umidade (%) (C e D) do queijo durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias).  
Fonte: Da autora (2021).

Os valores aqui encontrados para estes dois parâmetros são inferiores aos de Martins et al. (2015) que avaliaram queijos minas artesanal da região do Serro (MG) nas estações seca/inverno e chuvosa/verão, maturados em câmara a  $8 \pm 1^\circ$  ou em temperatura ambiente com média de  $23^\circ\text{C}$  (inverno) e de  $27^\circ\text{C}$  (verão), durante 64 dias. Eles observaram que nos queijos refrigerados a  $A_w$  e a umidade foram estáveis durante todo o período, sendo a  $A_w$  igual a 0,980 no inverno e 0,983 no verão, enquanto a umidade foi de 49,88% no inverno e 50,25% no verão. Contudo, nos queijos maturados em temperatura ambiente, a  $A_w$  decresceu de 0,978-0,920 no inverno e de 0,978-0,930 no verão, e a umidade decresceu de 40 a 18% no inverno e de 40 a 20% no verão.

Os dados acima sugerem que temperaturas mais elevadas de maturação do queijo Minas contribuem para a redução desses dois parâmetros ao longo do

período. Assim, considera-se que os valores de  $A_w$  encontrados no presente trabalho reduziram ao longo da maturação, em razão de que a temperatura de refrigeração ( $11 \pm 1$  °C) foi intermediária quando comparada à dos queijos do trabalho supracitado e, por esta razão, apresentaram valores também intermediários de  $A_w$ . Por outro lado, considera-se que a umidade se elevou até o fim da maturação (considerada até o 28º dia) e decresceu até o 60º dia como efeito da aplicação do revestimento comestível que manteve a umidade dos queijos por tempo maior, com valores maiores nos queijos com mais camadas do revestimento.

O comportamento da umidade e da  $A_w$  apresentou também correlação negativa com o índice de peróxido (IP) sendo iguais a -0,44 e -0,57, respectivamente (Figura 4), indicando que houve maior influência da  $A_w$  sobre o IP cujos valores decresceram até o fim da maturação e aumentaram novamente até o final da estocagem (Figura 6 C e D). Como discutido anteriormente, neste trabalho os carotenoides apresentaram importante atividade antioxidante, embora a análise das correlações (Figura 4) tenha apontado que os compostos fenólicos tenham mais influência sobre esta atividade. Apesar disso, e conforme discutido mais adiante, os carotenoides influenciaram também na cor dos queijos que se apresentaram mais escuros e alaranjados em função do número de camadas do revestimento comestível durante todo o experimento, mesmo havendo queda nos valores dos parâmetros de cor durante a estocagem dos queijos. Diante deste fato, é possível inferir que os carotenoides exerceram maior influência sobre a oxidação de gorduras, pois são pigmentos naturalmente presentes no leite (Panfili et al, 1994; Van den Berg et al., 2000) e seu quantitativo foi incrementado com a aplicação do revestimento (Figura 6 A e B), resultando em aumento da atividade antioxidante e redução no IP até o fim da maturação dos queijos (30º dia). Porém, durante a estocagem dos queijos, a oxidação de lipídios pode ter degradado os carotenoides com consequente redução da atividade antioxidante nos queijos e, assim, houve aumento nos valores do IP até o 60º dia (Figura 6 C e D). Esse comportamento concorda com Lim e Roos (2016) e Lu et al., (2020) segundo os quais a degradação dos carotenoides é influenciada pela oxidação de lipídios e pela baixa  $A_w$ .

A perda de massa dos queijos durante a maturação e a estocagem foi avaliada e ajustou-se ao modelo quadrático em que se observou que os queijos

com maior número de camadas apresentaram menores percentuais de perda durante todo o período (Figura 8). Possivelmente, este resultado decorreu do efeito protetor da pectina contra a perda de umidade (Liu et al, 2007; Artiga-Artigas et al., 2017).

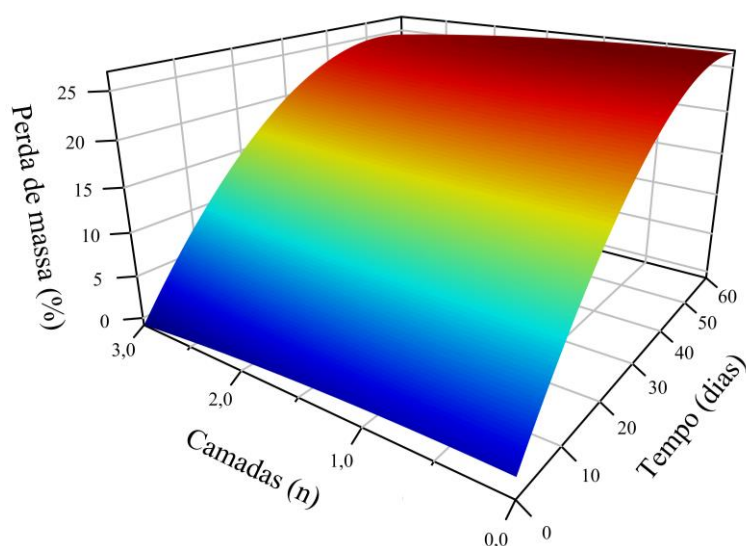


Figura 8. Perda de massa do queijo durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias).

Fonte: Da autora (2021).

Cipolat-Gotet et al. (2020) estudaram a influência de fatores como sistema de produção de leite e derivados, paridade e estágio de lactação das vacas da composição do leite sobre a perda de peso em queijos durante a maturação por 60 dias. Seus resultados apontaram um modelo de perda de peso bastante acelerada até, aproximadamente, o 15º dia de maturação, mais lenta até o 28º dia, estabilizando-se, em seguida, até o 60º dia. Fato interessante é que esses autores observaram que quanto maior o teor de gordura no leite, menor a perda de peso nos queijos. Eles concluíram que a perda de peso nos queijos durante a maturação não é simplesmente um fenômeno de secagem, mas revela um padrão que pode ser modificado pela composição do leite. Neste sentido, considera-se que o padrão de perda de massa observado nos queijos, neste trabalho, pode ter sofrido a influência do teor de gordura, uma vez que o leite utilizado não foi padronizado em seu teor de gordura.

## Perfil de cor dos queijos

Os resultados da análise de superfície de resposta dos parâmetros de cor do queijo apresentados a seguir referem-se à cor de sua superfície externa (casca) e a interpretação dos mesmos baseia-se nas definições desses parâmetros, conforme Granato et al. (2010), Zielinski et al, (2014) e Milovanovic et al. (2020). Além disso, as cores referidas na descrição dos resultados dos queijos não coincidem, necessariamente, com as cores da paleta de cores dos gráficos.

Os valores do componente  $L$  (luminosidade) ajustaram-se ao modelo Lorentziano (Figura 9), indicando que desde a aplicação e secagem das camadas de revestimento (antes do 7º dia), os queijos foram tão mais claros (valores mais elevados) quanto menor foi o número de camadas de revestimento aplicadas.

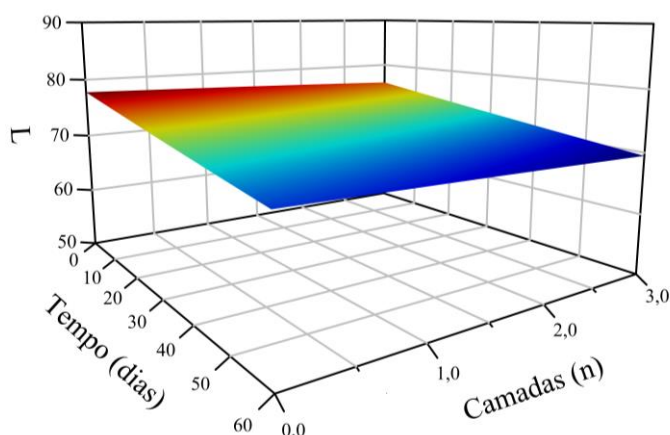


Figura 9. Componente de cor  $L$  (luminosidade) do queijo durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias).  
Fonte: Da autora (2021).

Ao longo de todo o período avaliado, houve decréscimo nos valores de  $L$  em todos os tratamentos, indicando que os queijos se tornaram mais escuros com relação ao início da maturação, mas a luminosidade dos queijos se manteve inversamente proporcional ao número de camadas de revestimento, o que pode

ser comprovado pela correlação negativa deste parâmetro com todos os outros parâmetros de cor avaliados (Figura 4).

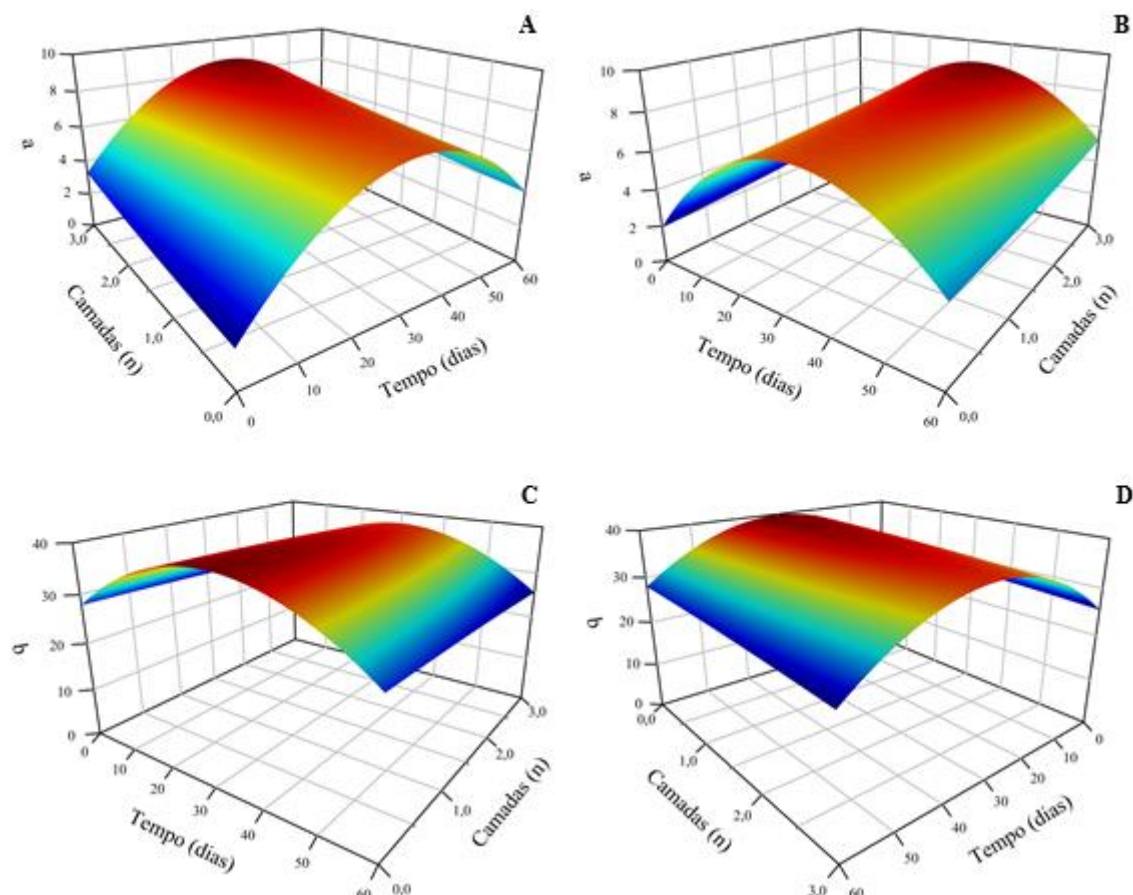


Figura 10. Componentes de cor  $a$  ( $+a$  = vermelho;  $-a$  = verde) (A e B) e  $b$  ( $+b$  = amarelo;  $-b$  = azul) (C e D) do queijo durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias).  
Fonte: Da autora (2021).

De modo diverso, os valores dos componentes  $a$  e  $b$  (Figura 10), bem como os parâmetros  $C$  (pureza da cor) e ângulo  $h$  (tonalidade da cor) (Figura 11) foram ajustados no modelo quadrático e estão apresentados em duas posições para melhor visualização. Com exceção do ângulo  $h$ , todos os outros parâmetros, de modo geral, mostraram comportamento dos queijos semelhante durante todo o período avaliado, com aumento suave até atingir um valor máximo no fim da maturação e início da estocagem (28-30 dias) e com decréscimo também suave

até o final da estocagem. O ângulo  $h$  decresceu até um valor mínimo, também entre 28-30 dias, elevando-se novamente até o final (Figura 11 C e D).

A cor dos queijos tem relação com a presença de carotenoides que são pigmentos lipossolúveis naturais conhecidos por suas propriedades de cor, que variam do amarelo ao alaranjado e vermelho e por suas funções biológicas. Eles são sintetizados por plantas e, portanto, sua presença em animais e, conseqüentemente, no leite, é atribuída à ingestão de alimentos que os contêm. (Olson e Krinsky, 1995; Van den Berg et al., 2000; Young e Lowe, 2001; Mc-Graw e Ardia, 2003; Khoo et al., 2011; Khoo et al., 2016).

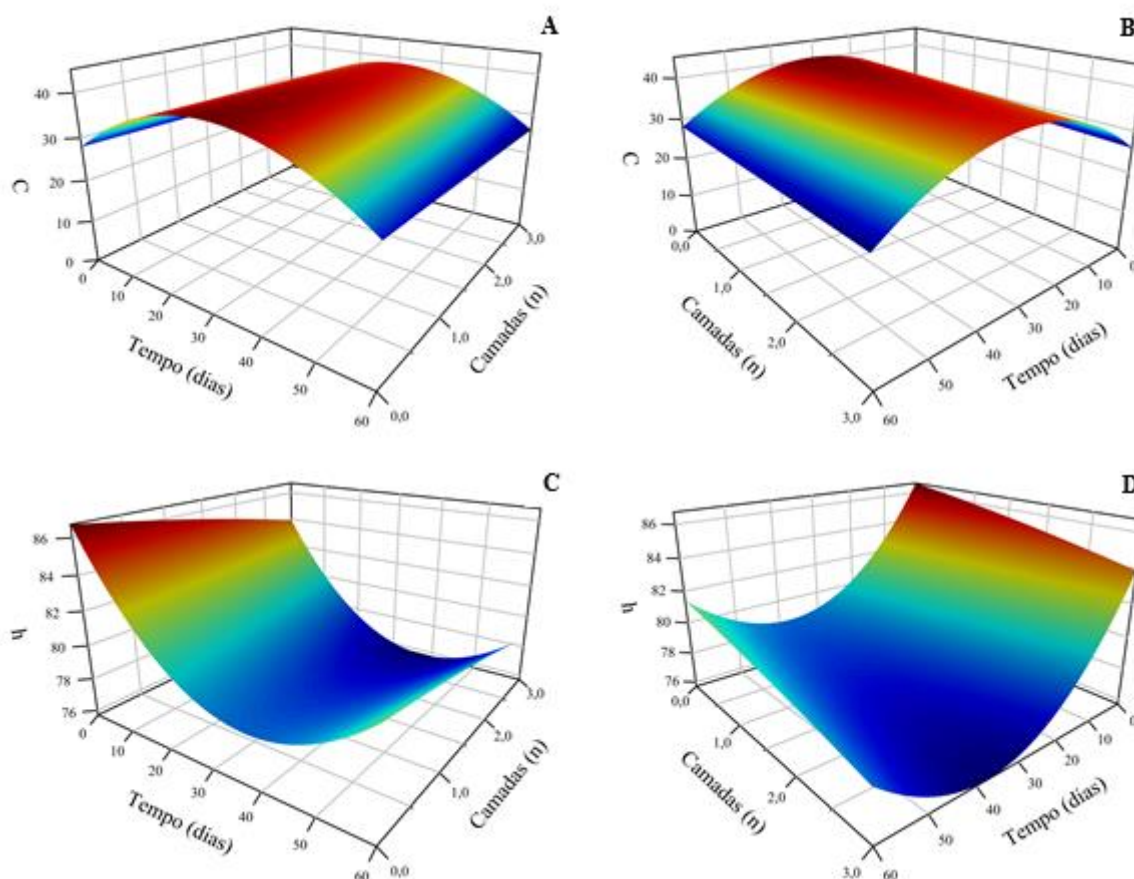


Figura 11. C (pureza da cor) (A e B) e ângulo  $h$  (graus) (tonalidade da cor) (C e D) do queijo durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias).  
Fonte: Da autora (2021).

Entre os tratamentos, os valores dos componentes *a* e *b* foram positivos e, portanto, os queijos apresentaram-se com cor voltada para o vermelho (*a*) e para o amarelo (*b*), respectivamente. Durante todo o período avaliado, tais valores foram maiores quanto maior foi o número de camadas de revestimento nos queijos (Figura 10). Esse comportamento se refletiu diretamente sobre os valores dos parâmetros *C* (pureza da cor) (Figura 11 A e B) e ângulo *h* (tonalidade da cor) (Figura 11 C e D), primeiramente, porque no início da maturação, os valores de *C* apontaram para uma cor amarela mais pura quanto menor foi o número de camadas de revestimento nos queijos, o que foi visualmente perceptível durante todo o experimento. Em segundo lugar, porque a combinação das cores apresentadas nos parâmetros *a* (vermelho) e *b* (amarelo) favoreceu a tonalidade mais alaranjada dos queijos com maior número de camadas de revestimento, desde o início da maturação (Figura 12). Isso se deve ao fato de que valores de *h* mais próximos de 90° indicam tonalidade amarelada e valores mais próximos de 0°, tonalidade avermelhada (Milovanovic et al., 2020) e pelo acúmulo de pigmentos do revestimento comestível sobre os queijos, especialmente carotenoides.



Figura 12. Cor dos queijos com 0, 1, 2 e 3 camadas de revestimento comestível no 7º dia (maturação) (A) e no 60º dia (estocagem) (B).

Fonte: Da autora (2020).

As correlações positivas entre os carotenoides e os parâmetros *a* (0,88) e *b* (0,64), e entre o BI e os parâmetros *a* (0,93), *b* (0,96) e *C* (0,96) (Figura 4) indicam que, provavelmente, a cor mais alaranjada e mais escurecida nos queijos com mais camadas de revestimento foi favorecida pela presença de carotenoides no suco de araçá-boi, uma vez que a maior correlação foi observada para o componente *a*, cujos valores apontaram para a cor vermelha, do que para o

componente  $b$  cujos valores apontaram para a cor amarela, que é a cor original do queijo Minas Padrão (controle).

O BI (índice de escurecimento) e o  $\Delta E$  (diferença total de cor), apresentaram valores semelhantes em todos os tratamentos e aumentaram até, aproximadamente, o 30º dia, decrescendo em seguida até o 60º dia, porém com valores finais maiores que os valores iniciais (Figura 13). Houve correlação mediana (-0,52) entre o  $\Delta E$  e a  $A_w$  (Figura 4), a qual pode ser explicada pela observação de que até a metade do período avaliado, à medida que a  $A_w$  decresceu houve aumento da diferença de cor ( $\Delta E$ ) e, após o 30º dia, com a contínua redução da  $A_w$  houve também decréscimo do  $\Delta E$ .

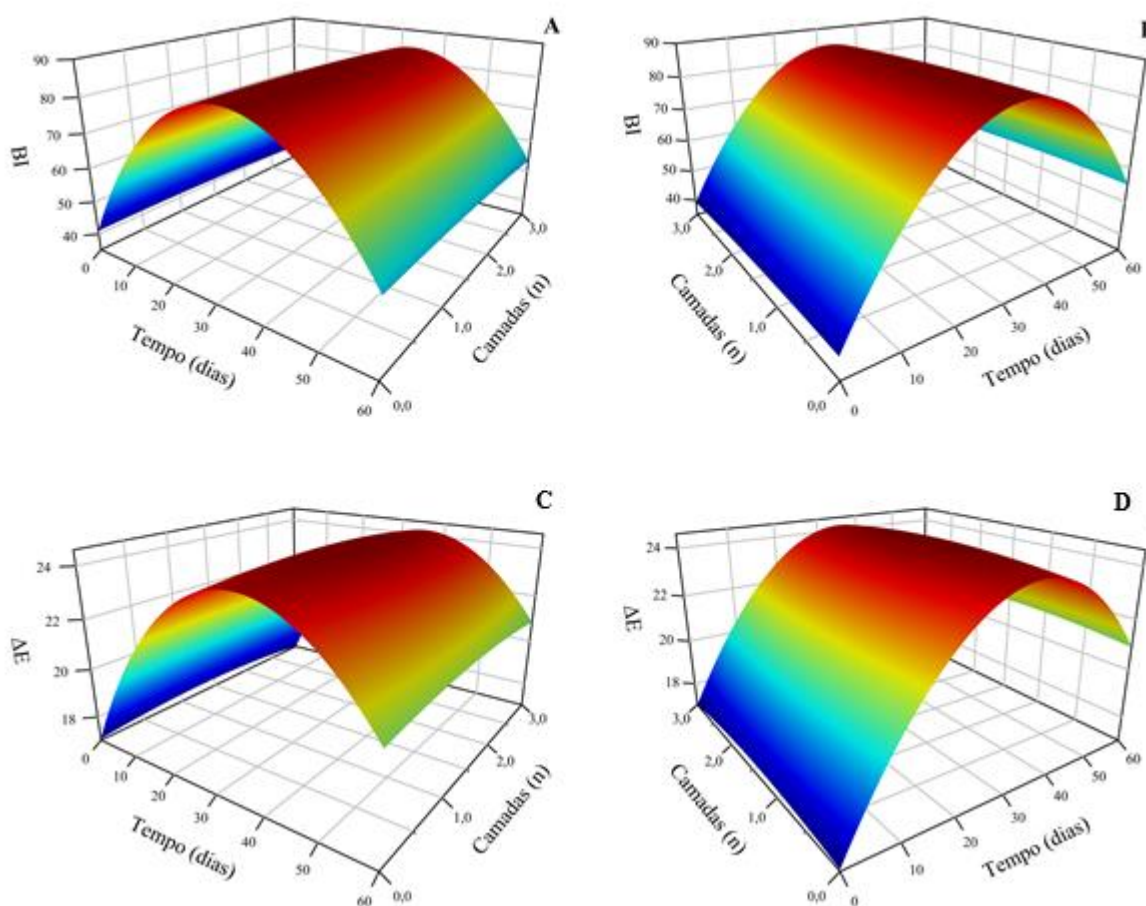


Figura 13. BI (Índice de escurecimento) (A e B) e  $\Delta E$  (diferença total de cor) (C e D) do queijo durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias).  
 Fonte: Da autora (2021).



Kubo et al. (2013) avaliaram a cor de queijo prato e observaram maiores valores da intensidade da cor ( $C$ ) e do ângulo  $h$  (tonalidade de cor), o qual apresentou valores também mais próximos à cor laranja ( $90^\circ$ ) quando o queijo foi adicionado de luteína (pigmento carotenoide). Esses autores também observaram maiores valores do  $\Delta E$  aos 14 dias de armazenamento com posterior decréscimo até o 56º dia nos queijos com adição de luteína. Eles comentaram que a tonalidade da cor foi mais intensa à medida que os queijos perderam água, fato que foi observado no presente trabalho, até o 30º dia. E, assim, o decréscimo nos valores de tonalidade de cor e do  $\Delta E$  após o 30º dia, pode estar relacionado à degradação dos carotenoides a qual é influenciada por fatores que incluem a oxidação de lipídios com consequente liberação de radicais livres, e também umidade e  $A_w$  baixas (Lim e Roos, 2016; Lu et al., 2020).

#### Perfil de textura dos queijos

Na análise do perfil de textura (TPA) dos queijos, a dureza apresentou-se com comportamento ajustado para o modelo quadrático (Figura 14). Os valores decaíram suavemente no período correspondente à maturação (até o 28º dia), e mais pronunciadamente no período de estocagem, sendo os menores valores observados nos queijos que receberam uma e duas camadas de revestimento. Os maiores valores de dureza, tanto no início quanto no final no experimento foram observados nos queijos com três camadas de revestimento, seguidos pelos queijos do controle nos quais a queda nos valores da dureza foi também mais pronunciada do que naqueles com três camadas. Este resultado pode ter ocorrido em razão de que a parte superior de todas as amostras avaliadas (cubos), que entrou em contato com a probe, foi a porção da casca do queijo. Neste caso, as três camadas de revestimento nos queijos possivelmente formaram uma película mais espessa, tornando a casca mais firme.

A dureza é um parâmetro mecânico definido como a força necessária para provocar determinada deformação na amostra (O'Callaghan e Guinee, 2002; Eroglu et al., 2015). Em termos reológicos, a dureza é um parâmetro primário percebido no início do consumo, também referida como firmeza e definida como alta resistência à deformação pela aplicação de estresse sobre o queijo. Assim, a

partir deste parâmetro, os queijos são popularmente chamados de macios, firmes ou duros (Bourne, 2002; Fox et al., 2017). Neste sentido, como a dureza dos queijos apresentou os maiores valores no dia zero, com queda até o final, considera-se que, de modo geral, o queijo Minas Padrão comportou-se como sendo de textura firme a macia, exatamente conforme definido pela IN nº 66 (Brasil, 2020).

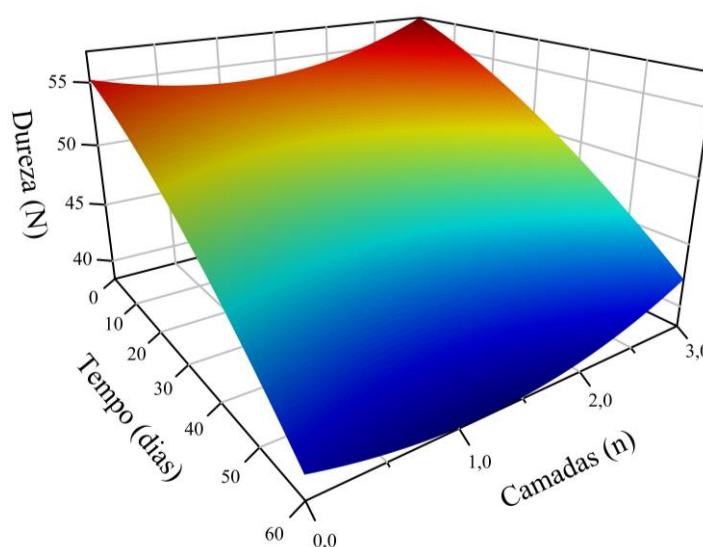


Figura 14. Dureza do queijo na Análise do Perfil de Textura (TPA) durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias).  
Fonte: Da autora (2021).

Essa textura é diretamente influenciada pelo pH da massa, o qual varia dependendo da acidificação durante a fabricação e a maturação. Conseqüentemente, o pH tem influência na solubilidade das caseínas e na ação das enzimas proteolíticas na maturação. Sendo assim, queijos cuja massa tem pH mais elevado apresentam-se mais macios do que os queijos mais ácidos (McSeewney, 2004).

Neste trabalho, embora a correlação entre a dureza e o pH dos queijos não tenha sido significativa, houve correlação negativa (-0,62) entre a dureza e a AT (Figura 4). Neste sentido, é possível inferir que os queijos com maior acidez durante todo o experimento (com três camadas de revestimento) (Figura 3 C e D),

foram também os queijos com maiores valores de dureza (Figura 14), o que corrobora a informação do autor supracitado.

Alencar et al. (2019) avaliaram, por 30 dias, a maturação do queijo Minas Padrão fabricado com diferentes tipos de fermento lácteo liofilizado, adicionado ou não de cloreto de cálcio, que é um agente de firmeza (Brasil, 1997). Eles observaram que os queijos elaborados com fermento lácteo liofilizado, com ou sem adição de cloreto, foram os mais bem aceitos sem diferença significativa entre si, em termos de textura pelo consumidor, tendo apresentado AT de 0,65 e 1,05 mg ácido láctico / 100 g, respectivamente. Essa informação poderá ser útil para uma futura predição da aceitabilidade do queijo Minas Padrão com revestimento comestível de araçá-boi, cuja AT esteve entre 0,98 e 1,3 mg de ácido láctico / 100g.

Braga e Sentanin (2014) compararam queijos Minas Padrão de duas marcas comerciais e observaram que o queijo mais bem aceito pelo consumidor foi o que apresentou menor dureza e maior teor de gordura. Neste caso, esta informação também pode ser útil para futura predição da aceitabilidade dos queijos do presente trabalho, uma vez que os mesmos foram elaborados com leite contendo toda a gordura inicial presente no leite (não quantificada neste trabalho).

A coesividade (Figura 15 A) é, também, um parâmetro mecânico primário relacionado com a força que as ligações internas do alimento exercem sobre este (Rosenthal, 2001; Trihn e Glasgow, 2012). Reologicamente, representa a tendência do queijo em resistir à quebra pela aplicação de estresse. (Fox et. al., 2017). Neste experimento, este parâmetro apresentou comportamento ajustado para o modelo Lorentziano, com aumento no início da maturação proporcional ao aumento no número de camadas de revestimento nos queijos, porém com queda mais pronunciada nos valores até, aproximadamente o 20º dia, seguindo-se redução mais suave até tornar-se nula ao final para todos os tratamentos.

A coesividade relaciona-se com três parâmetros secundários os quais, por sua vez, podem, também, ser relacionados a termos populares que definem a característica do queijo durante o consumo. O primeiro é a fraturabilidade, cujo comportamento apresentou-se com valores muito semelhantes aos da dureza ajustando-se, também, ao modelo quadrático (Figura 15 B). Apesar desta semelhança, em termos reológicos, a fraturabilidade mede a força mediante a

qual um queijo duro se fratura com deformação relativamente baixa, podendo ser definido como quebradiço, crocante ou frágil (Bourne, 2002; Fox et al., 2017).

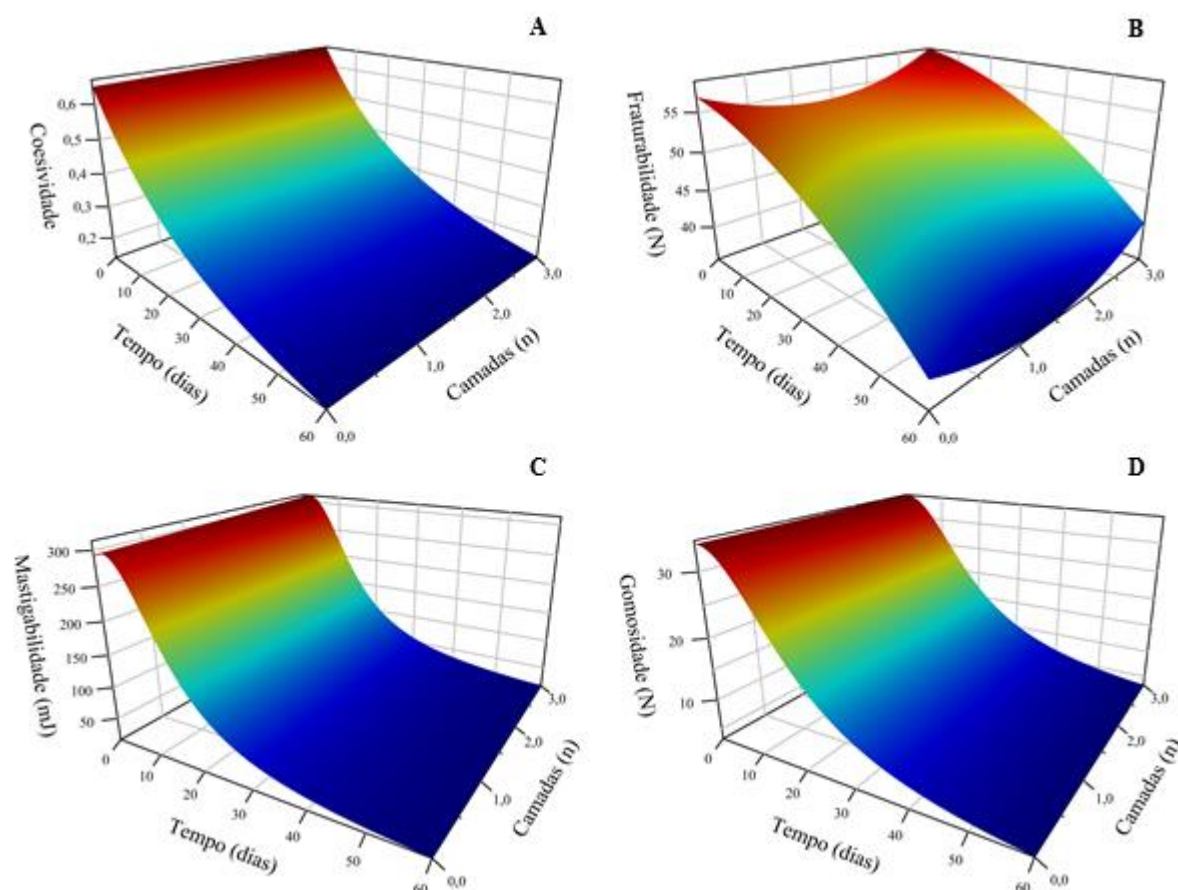


Figura 15. Coesividade (A), Fraturabilidade (B), Mastigabilidade (C) e Gomosidade (D) do queijo na Análise do Perfil de Textura (TPA) durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias).  
Fonte: Da autora (2021).

O'Callaghan e Guinee (2004) e Fox et al. (2017) consideraram dois tipos de fraturabilidade: a elástica na qual as superfícies fraturadas podem ser mais facilmente encaixadas e ser mantidas próximas umas das outras; a fraturabilidade plástica em que, após a fratura, as superfícies quebradas não são facilmente encaixadas umas às outras. Assim, uma vez que a fraturabilidade se assemelha à dureza e que os queijos neste experimento, após a maturação, apresentaram-se com baixos valores de dureza sendo, portanto, considerados macios, e por

também apresentarem baixa fraturabilidade, esses queijos não devem ser considerados como não quebradiços, crocantes ou frágeis.

O segundo e o terceiro parâmetros secundários relacionados à coesividade são, respectivamente, a mastigabilidade e a gomosidade. Ambas mostraram comportamento ajustado também ao modelo Lorentziano, cujos valores iniciais aumentaram significativamente e proporcionalmente ao número de camadas de revestimentos nos queijos no início da maturação, com queda dos valores sendo mais evidente até o 20º dia, e menos evidente até atingir valores nulos ao final da estocagem (Figura 15 C e D). Na prática, esses parâmetros diferem apenas quanto à unidade de energia medida e quanto à consistência do alimento analisado. A mastigabilidade é o trabalho (mJ) necessário para mastigar um alimento sólido até este estar pronto para ser engolido e a gomosidade refere-se à força (N) necessária para desintegrar um alimento semissólido até estar pronto para ser engolido. Em termos populares, dependendo dos valores obtidos, a mastigabilidade define os queijos como sendo tenros, mastigáveis ou resistentes, enquanto a gomosidade os define como aqueles com capacidade de derretimento na boca, pastosos ou farináceos (Bourne et al, 2002; Fox et al., 2017).

Seguindo o mesmo comportamento da coesividade, da mastigabilidade e da gomosidade, os parâmetros primários elasticidade e resiliência (Figura 16) ajustaram-se ao modelo Lorentziano, com aumento proporcional ao número de camadas de revestimento nos queijos no início da maturação. Comparada à elasticidade, a resiliência apresentou diminuição visivelmente mais acentuada nos valores até o 20º dia de maturação, tornando-se mais suave em seguida, até atingir valores nulos em todos os tratamentos no fim da estocagem. Contrariamente, no final da estocagem, os valores da elasticidade foram ligeiramente mais altos, proporcionalmente ao número de camadas de revestimento nos queijos (Figura 16 B).

Tal resultado revela a semelhança entre esses dois parâmetros. A elasticidade, originalmente definida como a taxa na qual a amostra retorna à sua forma inicial após a força ser removida (em m/s), mais tarde, foi considerada como uma medida de distância (Rosenthal, 2001; O'Callaghan e Guinee, 2004). Contudo, na visão de Trihn e Glasgow (2012) esta definição era conceitual e dimensionalmente incorreta, pois não se referia a uma taxa ou uma simples

medida de distância percorrida pela probe após a primeira compressão. Esses autores passaram a considerar a elasticidade como a razão entre duas distâncias ( $d_2/d_1$ ) percorridas verticalmente pela probe durante o teste de compressão. A primeira distância parte do ponto inicial de contato da probe com a amostra no primeiro ciclo até o ponto de contato com a amostra no segundo ciclo. A segunda distância é a mesma medida feita sobre um padrão inelástico. Reologicamente, a elasticidade relaciona-se a termos populares para referir-se aos queijos como plásticos e elásticos (Bourne, 2002; Fox et al., 2017). Na resiliência (Figura 16 B), a diferença é que não se mede a relação das distâncias, mas o trabalho (mJ) para reconformação da amostra após os dois ciclos de compressão. Reologicamente, a resiliência expressa o quão bem a amostra recupera sua posição original (TTC, 2020).

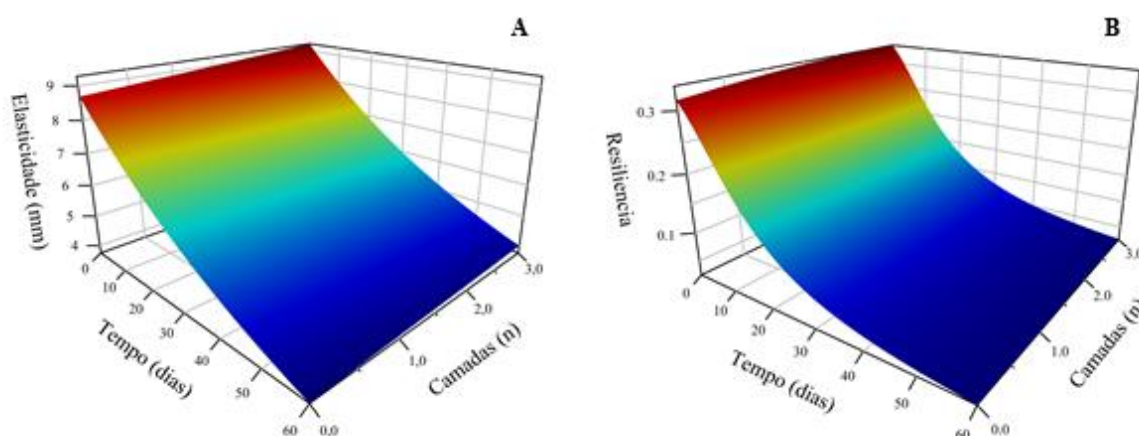


Figura 16. Elasticidade (A) e resiliência (B) do queijo na Análise do Perfil de Textura (TPA) durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias).  
Fonte: Da autora (2021).

A adesividade, diferentemente dos outros parâmetros de textura, apresentou comportamento ajustado no modelo Gaussiano (Figura 17 A e B) mostrado em duas posições do mesmo gráfico, para facilitar a compreensão. A parte A, mostra o aumento da adesividade com o tempo para todos os tratamentos até, aproximadamente, 10 dias de maturação do queijo. A parte B mostra que este aumento não foi uniforme em todos os tratamentos, ocorrendo

maiores valores de adesividade nos queijos com uma e duas camadas de revestimento, e os menores valores nos queijos com três camadas e no controle.

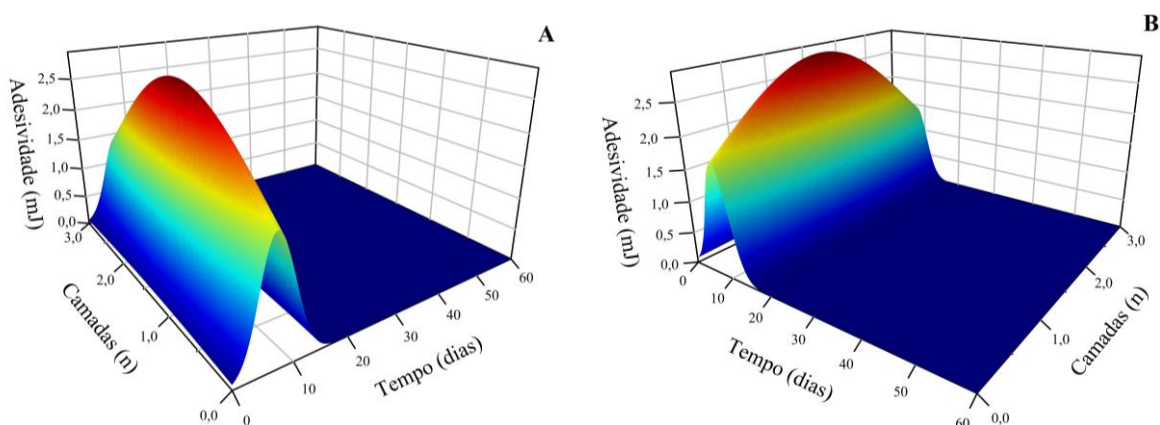


Figura 17. Adesividade do queijo na Análise do Perfil de Textura (TPA) durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias), em duas posições de visualização (A e B).

Fonte: Da autora (2021).

Esse comportamento do queijo nos diferentes tratamentos explica-se pelo fato de que, do início até o 6º dia da maturação, tendo-se aplicado as respectivas camadas do revestimento sobre os queijos, a superfície dos mesmos permaneceu visivelmente mais pegajosa, fato este confirmado pela mediana correlação entre a adesividade e a  $a_w$  (0,41) (Figura 4), o que favoreceu tanto mais adesividade quanto mais camadas foram aplicadas nos respectivos tratamentos. Entre o 10º e o 15º dia, aproximadamente, houve diminuição dos valores da adesividade, o que reflete a condição das amostras durante o teste de compressão, pois como já descrito, em todas as amostras, a superfície que manteve contato com a probe no teste foi exatamente a face do cubo que, originalmente, era a superfície externa do queijo quando a amostra foi cortada.

Queijos que apresentam adesividade elevada são popularmente definidos como pegajosos (Bourne, 2002). Queijos assim identificados apresentam tendência em resistir à separação de outro material ou superfície com o qual tenha contato como, por exemplo, as lâminias de facas ou mesmo o palato durante a degustação (O'Callaghan e Guinee, 2004). Neste caso, conforme observado neste trabalho, o queijo Minas Padrão, após a maturação, não se caracterizou como queijo adesivo ou pegajoso.

Além disso, todos os parâmetros de textura dos queijos neste trabalho apresentaram correlação positiva mediana com a  $A_w$  e três deles apresentaram forte correlação com a umidade (Figura 4), sugerindo que a presença de água, especialmente a água livre no interior do queijo Minas Padrão afeta fortemente sua textura final, na medida em que os valores desses parâmetros diminuem durante a maturação e armazenagem.

Outro fator que afeta a textura final do queijo é o teor de gordura que, embora não determinado neste trabalho, considera-se que é elevado, uma vez que o leite não foi padronizado em seu teor de gordura antes da fabricação do queijo Minas Padrão. Perri (2004) relata para o queijo Minas Padrão obtido com leite padronizado em 3,0 a 3,5% de gordura, um teor final médio de 24% de gordura.

Segundo Nateghi et al. (2012), queijos com reduzido teor de gordura são mais duros, adesivos, coesivos e elásticos, comparados com queijos com teor integral de gorduras, e esse comportamento foi observado pela avaliação dos parâmetros de textura nos queijos deste experimento. Outros estudos relatam que em queijos com baixo teor de gordura existe forte interação entre as proteínas e a água e isso os torna mais duros. Além disso, as diferenças entre alguns parâmetros de textura, como a dureza e a adesividade, foram associados com o pH dos queijos, o ponto isoelétrico de suas proteínas e sua agregação, bem como com a extensão da proteólise e a polaridade das gorduras (Lee e Klostermeyer, 2001; Pastorino et al., 2003; Zisu & Shah, 2005; Chevanan et al., 2006; Fröhlich-Wyder et al., 2009). Póltorak et al. (2014) observaram que queijos com baixo teor de gordura são menos elásticos.

Desta forma, a partir dos resultados da análise do perfil de textura e sua relação com as características reológicas e com os termos populares que definem os queijos, considera-se que neste experimento o queijo Minas Padrão apresentou propriedades texturais e reológicas que o caracterizaram como um queijo firme, porém macio, estando em conformidade com a IN nº 66 (Brasil, 2020), segundo a qual a consistência do queijo Minas Padrão é definida como firme, tendendo a macia.

A análise de agrupamento revelou a ocorrência de nove grupos de tratamentos (Figura 18). Independente das camadas de revestimento comestível nos queijos, alguns tempos de avaliação foram determinantes para a formação



dos grupos, sendo formados grupos exclusivos de tratamentos que compõem os tempos 0, 21 e 60 dias. Para os tratamentos constituídos pelo tempo 7 dias, verificou-se a formação de dois grupos, sendo um deles formado pelo tratamento contendo 3 camadas de revestimento. Com o tempo 14 dias, foram formados grupos de forma semelhante, sendo um grupo contendo apenas o tratamento com 3 camadas de revestimento. Para os tratamentos constituídos pelo tempo 28 dias, a formação dos dois grupos foi diferente, sendo um dos grupos formados pelo agrupamento dos tratamentos com 2 e 3 camadas de revestimento.

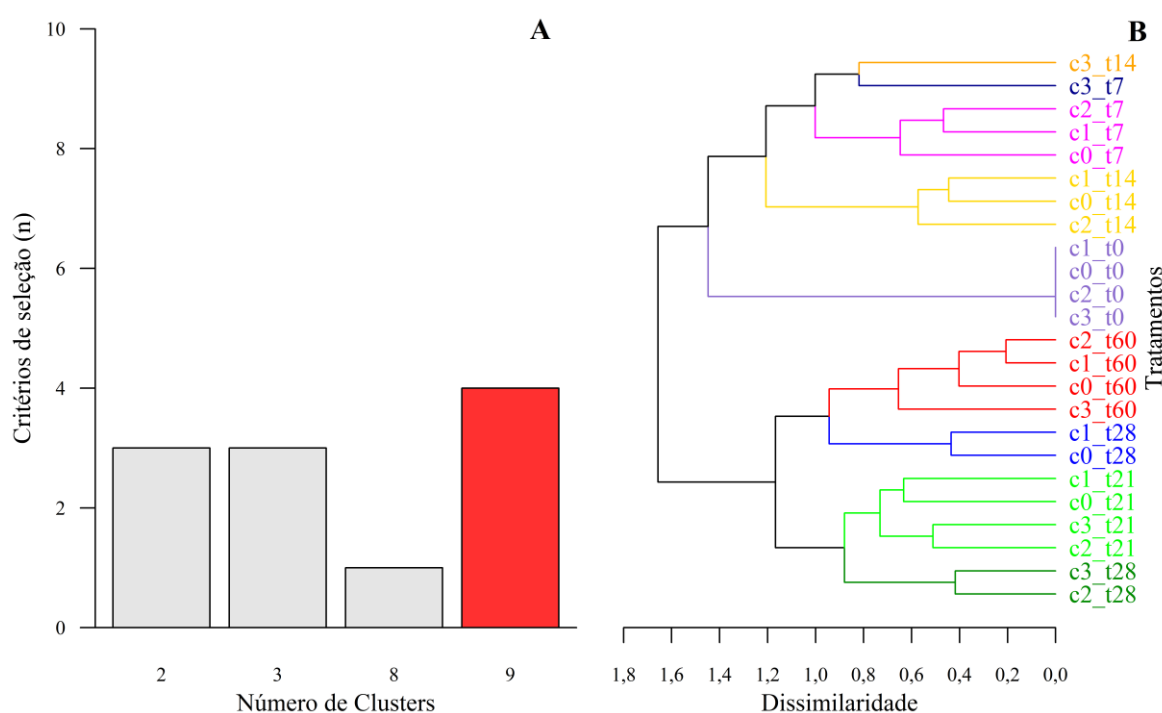


Figura 18. Análise de agrupamento dos tratamentos (A) e dos tratamentos/tempos durante maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias). Tratamentos: c0, c1, c2 e c3; tempos: t0, t7, t14, t21, t28 e t60.

Fonte: Da autora (2021).

A partir da análise de coordenadas principais (PCoA) (Figura 19), observou-se a influência das variáveis explicativas sobre a formação dos grupos. A dimensão horizontal (Dim 1) apresentou o maior percentual de explicação, demonstrando que as variáveis explicativas: mastigabilidade, resiliência, gomosidade, coesividade, elasticidade, adesividade, fraturabilidade, umidade e luminosidade foram mais expressivas nos tempos iniciais de avaliação. Em

contrapartida, as variáveis explicativas: índice de peróxido, carotenoides e atividade antioxidante, além de variáveis representativas de tonalidade de cor alaranjada, mostraram maior expressão nos tratamentos constituídos pelos tempos 21, 28 e 60 dias.

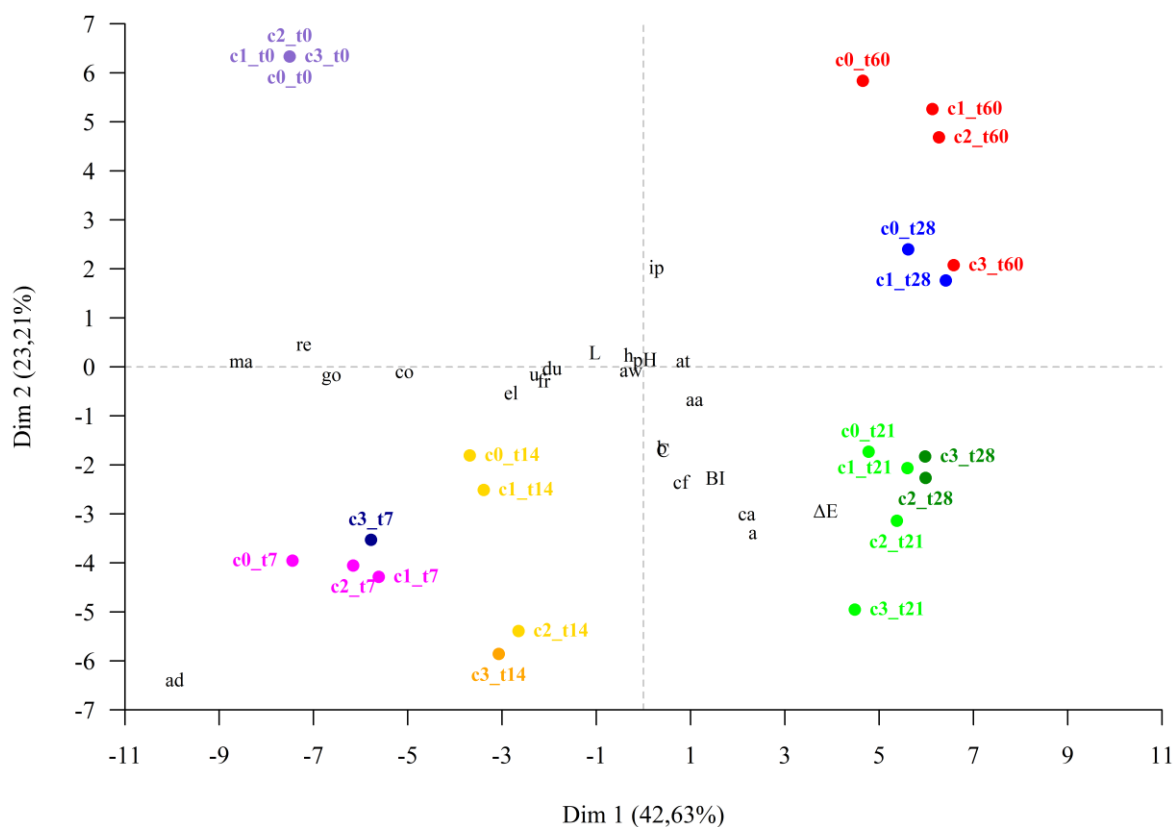


Figura 19. Análise de coordenadas principais durante a maturação (0-28 dias) e estocagem (29-60 dias). Tratamentos: c0, c1, c2 e c3; tempos: t0, t7, t14, t21, t28 e t60.

Fonte: Da autora (2021).

## RESUMO E CONCLUSÕES

A análise univariada dos perfis físico-química, de cor e de textura do queijo Minas Padrão propiciou a observação do seu comportamento durante a maturação e a estocagem por meio da análise de superfície de resposta.

Considera-se que, de modo geral, os queijos com revestimento comestível apresentaram características físico-químicas e de cor compatíveis com as características relatadas na literatura, bem como textura compatível com a IN nº 66 do Ministério da Agricultura (Brasil, 2020) que define os requisitos de qualidade do queijo Minas Padrão.

A análise de agrupamento permitiu observar que os tempos de avaliação foram determinantes na formação dos grupos, independente das camadas de revestimento comestível nos queijos. E, a análise de coordenadas principais possibilitou a verificação da influência das variáveis explicativas sobre a formação dos grupos. As variáveis de textura, umidade e a luminosidade dos queijos foram mais expressivas nos tempos iniciais de avaliação. Por outro lado, o índice de peróxido, os carotenoides, as variáveis de cor e a atividade antioxidante, foram mais expressivos nos tratamentos constituídos pelos tempos 21, 28 e 60 dias.

Nas condições deste experimento, tendo em vista a maior firmeza, a coloração mais intensa, o aumento da atividade antioxidante e a redução do índice de peróxidos até o final da maturação dos queijos, favorecidos pelo revestimento comestível de araçá-boi, recomenda-se que este seja aplicado com três camadas, respeitando-se o período de secagem dos queijos após a retirada da salmoura e entre a aplicação de cada camada de revestimento.

Além disso, consideraou-se que os resultados deste trabalho podem constituir-se como um referencial para se estabelecer o período máximo de maturação do queijo Minas Padrão, uma vez que a IN supracitada não define por quanto tempo deve ocorrer a maturação do mesmo. Assim, nas condições deste experimento recomenda-se, que a maturação do queijo Minas Padrão seja permitida por um período de 25-30 dias e a estocagem por 40-45 dias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abo El-Makarem, H.S.; Saber, A.S.; El Asuoty, M.S. (2017) Chemical and microbiological evaluation of some different soft cheese. *Assiut Vet. Med. J.*, 63(154): 10-19.
- Alencar, U.R.; Silva, G.B.; Balbino, S.J.; Reis, R.C. (2019) Avaliação da qualidade e rendimento de queijos Minas Padrão elaborados com diferentes agentes

adicionados no momento da coagulação para padronização de metodologia a ser utilizada em aula prática de processamento de leite. *In*: Silva Neto, B.R. (org.) A produção do conhecimento nas ciências da saúde – 2. Capítulo 14. Atena, p. 116-124.

Aragão, M.O.P. (2018) *Diversidade de cores e leveduras em queijo Minas artesanal das microrregiões do Serro e da Serra da Canastra*. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Lavras – MG, Universidade Federal de Lavras – UFLA, 118 p.

Artiga-Artigas, M.; Acevedo-Fani, A.; Matín-Belloso, O. (2017) Improving the shelf life of low-fat cut cheese using nanoemulsion-based edible coatings containing oregano essential oil and mandarin fiber. *Food Control*, 76: 1-12.

Aune, D.; Giovannucci, E.; Boffetta, P.; Fadnes, L.T.; Keum, N.; Norat, T.; Greenwood, D.C.; Riboli, E.; Vatten, L.J.; Tonstad, S. (2017) Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all-cause mortality—a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *International Journal of Epidemiology*, 26(3): 1029–1056.

Ayana, B.; Turhan, K.N. (2009) Use of antimicrobial methylcellulose films to control *Staphylococcus aureus* during storage of Kasar cheese. *Packaging Technology and Science*, 22(8): 461-469.

Ayranci, E. & Tunç, 1997. Cellulose-based edible films and their effects on fresh beans and strawberries. *Journal of Food Examination and Research A*, 205(6): 470-473.

Balestrieri, M.; Spagnuolo, M.S.; Cigliano, L.; Sortib, G.; Ferrara, L.; Abrescia, P.; Fedele, E. (2002) Evaluation of oxidative damage in mozzarella cheese produced from bovine or water buffalo milk. *Food Chemistry*, 77: 293-299.

Barreto, G.P.M., Benassi, M.T.; Mercadante, A.Z. (2009) Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. *Journal of Brazilian Chemical Society*, São Paulo, 20(10): 1856-1861.

Barros, R. G. C.; Andrade, J. K. S.; Denadai, M.; Nunes, M. L.; Narain, N. (2017). Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues. *Food Research International*, 102, 84-92.

Beuchat, L. R. & Cousin, M. A. Yeasts and molds. *In*: DOWNES, F. P. & ITO, K. (eds.). (2001) *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 4.ed. Washington, D.C.: APHA, 2001. p. 209-215.

Borcard, D.; Gillet, F.; Legendre, P. (2011) *Numerical Ecology with R*. New York, New York: Springer.

Bourne, M.C. (2002) *Food texture and viscosity: concept and measurement*. 2nd ed. San Diego: Academic.

- Braga, A.B.N. & Sentanin, M.A. (2014) Análise sensorial e instrumental de queijos tipo: minas frescal, mussarela e Minas Padrão. XIX Jornada em Engenharia Química, Uberlândia, 3-8 agosto de 2014.
- Branciarri, R.; Ranucci, D.; Trabalza, M.; Codini, M.; Orrú, M.; Ortenzi, R.; Forte, C.; Ceccarini, M.R.; Valiani, A.. (2014) Evaluation of the antioxidant properties and oxidative stability of Pecorino cheese made from the raw milk of ewes fed *Rosmarinus officinalis* L. leaves. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(2): DOI: 10.1111/ijfs.12712.
- Brasil. (1996) Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Gabinete do Ministro. *Portaria nº 146, de 07 de março de 1996*. Brasília.
- Brasil. (1997) Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997*. Brasília.
- Brasil. (2018) Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Lei nº 13.680, de 14 de junho de 2018*. Brasília.
- Brasil. (2019) Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019*. Brasília.
- Brasil. (2019) Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Decreto nº 9.918, de 18 de julho de 2019*. Brasília.
- Brasil. (2020) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. *Instrução Normativa nº 66, de 21 de julho de 2020*. Brasília.
- Charrad, M.; Ghazzali, N.; Boiteau, V.; NIKNAFS, A. (2014) NbClust: An R package for determining the relevant number of clusters in a data set. *Journal of Statistical Software*, 61(6): 1-36.
- Chevanan, N.; Muthukumarappan, K.; Upreti, P; Metzger, L.E. (2006) Effect of calcium and phosphorus, residual lactose and salt to-moisture ratio on textural properties of cheddar cheese during ripening. *Journal of Texture Studies*, 37: 711-730.
- Cipolat-Gotet, C.; Malacarne, M.; Summer, A.; Cecchinato, A.; Bittante, G. (2020) Modeling weight loss of cheese during ripening and the influence of dairy system, parity, stage of lactation, and composition of processed milk. *J. Dairy Sci.*, 103(8): 6843-6857.
- Costa, R.G.B; Martins, M.F.; Mendonça, J.F.M.; Borges, M.F. (Eds.) (2019) *Controle de qualidade em queijo Minas Padrão: métodos físico-químicos, microbiológicos e moleculares*. Brasília: Embrapa Agroindústria Tropical. 82p.
- Costa Júnior, L.C.G.; Moreno, V.J.; Magalhães, F.A.R.; Costa, R.G.B.; Resende, E.C.; Carvalho, K.B.A. (2014) Maturação do queijo Minas artesanal da microrregião Campo das Vertentes e os efeitos dos períodos seco e chuvoso.

- Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, 69(2): 111-120.
- Del Corso, G.A.; Matioli, A.L.; Moraes, A.E.A. (2019) Mites and fungi recognition in Canastra cheese surface. *Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP*, 27.
- Denardin, C. C.; Hirsch, G. E.; Rocha, R. F.; Vizzoto, M.; Henriques, A. T.; Moreira, J. C. F.; Guma, F. T. C. R.; Emanuelli, T. (2015). Antioxidant capacity and bioactive compounds of four Brazilian native fruits. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23(3), 387–398.
- Di Pierro, P.; Sorrentino, A; Marinielo, L.; Giosafatto, C.V.L.; Porta, R. (2011) Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricota cheese shelf-life. *LWT-Food Science and Technology*: 44(10): 2324-2327.
- Dolci P.; Alessandria, V.; Rantsiou, K.; Bertolino, M.; Cocolin, L. (2010) Microbial diversity, dynamics and activity throughout manufacturing and ripening of Castelmagno PDO cheese. *Int. J. Food Microbiol.*, 143:71–75.
- Elguea-Culebras, G.O.; Bourbon, A.I.; Costa, M.J.; Muñoz-Tebar, N.; Carmona, M.; Molina, A.; Sánchez-Vioque, R.; Berruga, M.I.; Vicente, A.A. (2019) *Food Hydrocolloids*, 89: 272-282.
- Elzhov; T.V.; Mullen, K.M.; Spiess, A.; Bolker, B. (2016) Minpack. In: R Interface to the Levenberg-Marquardt Nonlinear Least-Squares Algorithm Found in MINPACK, Plus Support for Bounds. R package version 1.2-1. 14p.
- Eroglu, A.; Mahmut, D.; Toker, O.S.; Yilmaz, M.T. (2015) Classification of Kashar cheeses based on their chemical, color and instrumental textural characteristics using principal component and hierarchical cluster analysis. *International Journal of Food Properties*, 18: 909-921.
- Fajardo, P.; Martins, J.; Fuciños, C.; Pastrana, L.; Teixeira, J.; Vicente, A. (2010) Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese. *Journal of Food Engineering*, 101(4): 349-356.
- Fernandez-Avila, C.; Gutierrez-Merida, C.; Trujillo, A.J. (2017) Physicochemical and sensory characteristics of a UHT milk-based product enriched with conjugated linoleic acid emulsified by Ultra-High-Pressure Homogenization. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 39: 275–283.
- Ferreira, C.L.L.F.; Moura, K.R.P.; Botinhon, L.; Coelho, A.A.; Schiller, O.R. (1992) Avaliação tecnológica de culturas lácticas nacionais – produção de queijo Minas. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, 47 (279-281): 32-37.
- Filgueiras, H.A.C.; Alves, R.E.; Moura, C.F.H.; Araújo, N.C.C.; Almeida, A.S. (2002) Quality of fruits native to Latin America for processing: arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Acta Hort.*, 575: 543-547.

- Fox, P.F.; Guinee, T.P. Cogan, T.M.; McSweeney, P.L.H. (2017) Cheese: structure, rheology and texture. *In: Fundamentals of cheese science*. p.475-532.
- Fröhlich-Wyder, M.-T.; Guggisberg, D.; Wechsler, D. (2009) Influence of low calcium and low pH on melting characteristics of model Raclette cheese. *Dairy Science and Technology*, 89: 463-483.
- Granato, D.; Ribeiro, J.C.B.; Castro, I.A.; Masson, M.L. Sensory evaluation and physicochemical optimisation of soy-based desserts using response surface methodology. *Food Chemistry*, 121:899–906.
- Han, J.H. (2014) Edible films and coatings: a review. *In: Han, J.H. (org.) Innovations in food packaging*. 2.ed. Academic Press, p.213–255.
- Hernández, M.S.; Martínez, O; Fernández-Trujillo, J.P. (2007) Behavior of arazá fruit quality traits during growth, development and ripening. *Scientia Hort.*, 111: 220-227.
- Holtz, S.G.; Bernardina, R.G.D.; Pretti, I.R.; Borghi, E.J.A; Oliveira, D.B. (2020). Efeito do tratamento térmico sobre características físico-químicas, parâmetros de cor e perfil de textura do suco de araçá-boi, visando sua aplicação tecnológica. *In: Cordeiro, C.A.M. (Org.). Tecnologia de Alimentos: tópicos físicos, químicos e biológicos – v.3*. Guarujá: Científica Digital, 217-237.
- IAL – Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos* 4.ed. 1.ed. digital. 1000p.
- Ihaka, R.; Murrell, P.; Hornik, K.; Fisher, J.C.; Zeileis, A. (2016) Colorspace: Color Space Manipulation. R package version 1. p. 2-3.
- Khoo, H.E.; Azlan, Kong, K.W; Ismail, A. (2016) Phytochemicals and medicinal properties of indigenous tropical fruits with potential for commercial development. *Evid Based Complement Alternat Med.*, 20p.
- Khoo, H.E; Prasad, K.N.; Kong, K.W; Jiang, Y.; Ismail, A. (2011) Carotenoids e theirs isomers: color pigments in fruits and vegetables. *Molecules*, 16(2):1710-1738.
- Konishi, S. & Kitagawa, G. (2008) Information criteria and statistical modeling. New York: Springer, 321 p.
- Kubo, M.T.K.; Maus, D.; Xavier, A.A.O.; Mercadante, A.Z.; Viotto, W.H. (2013) Transference of lutein during cheese making, color stability, and sensory acceptance of Prato cheese. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 33 (Supl. 1): 81-88.
- Lawless H. & Heymann H. (2010). Color and appearance. *In: Sensory Evaluation of Food*. Springer.

- Lee, S.K. & Klostermeyer, H. (2001) The effect of pH on the rheological properties of reduced-fat model processed cheese spreads. *Food Science and Technology Journal*, 34: 288–292.
- Legendre, P. & Legendre, L. (1998) Numerical ecology. 2nd English edition. Amsterdam: Elsevier Science BV, 853 p.
- Legendre, P. & Legendre, L. (2012) Numerical ecology: developments in environmental modelling 24. 3. ed. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science B.V.
- Lim, A.S. & Roos, Y.H. (2016) Spray drying of high hydrophilic solids emulsions with layered interface and trehalose-maltodextrin as glass formers for carotenoids stabilization. *Journal of Food Engineering*, 171: 174-184.
- Lima, G.T.N. (2003) *Caracterização da microrregião de Araxá como produtora tradicional de queijo minas artesanal*. Araxá: Emater. 34 p.
- Liu, L.; Liu, C.-K., Fishman, M.L.; Hicks, K.B. (2007) Composite films from pectin and fish skin gelatin or soybean flour protein. *J. Agric. Food Chem.*, 55: 2349–2355.
- Lu, W.; Maidannyk, V.A.; Lim, A.S.L. (2020) Carotenoids degradation and precautions during processing. In: Galanakis, C.M. (Ed.) *Carotenoids: properties, processing and applications*. Cap.9. p. 223-258.
- Martins, J.M.; Galinari, E.; Pimentel-Filho, N.J.; Ribeiro, J.I.; Furtado, M.M.; Ferreira, C.L.L.F. (2015) Determining the minimum ripening time of artisanal Minas cheese, a traditional Brazilian cheese. *Braz. J. Microbiol.*, 46(1), Jan-Mar., online version.
- Mc-Graw, K.J. & Ardia, D.R. (2003) Carotenoids, immunocompetence, and the information content of sexual colors: an experimental test. *American Naturalist*, 162: 704-712.
- McSweeney, P.L.H. (2004) Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2/3): 127-144, May/August.
- Mei, J.; Yuan, Y.; Wu, Y.; Li, Y. (2013) Characterization of edible starch-chitosan film and its application in the storage of Mongolian cheese. *International Journal of Biological Macromolecules*, 57: 17-21.
- Meneses, J.N.C. (2006) *Queijo artesanal de Minas: patrimônio cultural do Brasil: dossiê interpretativo*. Belo Horizonte: IPHAN. v.1.
- Miller, K.S. & Krochta, J.M. (Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 8(7): 228-237.
- Milovanovic, B.; Djekic, I.; Miocinovic, J.; Djordjevic, V.; Lorenzo, J.; Barba, F. Mörlein, D.; Tomasevic, I. (2020) What is the color of milk and dairy products and how is it measured? *Foods*, 9(11): 1629.



- Minas Gerais. (2018). *Lei nº 23.157 de 18/12/2018*. Belo Horizonte.
- Mingoti, S.A. (2013) *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: UFMG, 2ª Reimp, 297 p.
- Myers, R.H.; Montgomery, D.C.; Anderson-Cook, C. (2009) *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments*. 3rd edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA, 680 p.
- Myers, R.H.; Montgomery, D.C.; Anderson-Cook, C. (2016) *Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments*. 4th edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA, 854 p.
- Nateghi, L.; Roohinejad, S.; Totosaus, A.; Rahmani, A.; Tajabadi, N.; Meimandipour, A.; Rasti, B.; Yazid, A.M.M.; Manap, Y.M.A. (2012). Physicochemical and textural properties of reduced fat Cheddar cheese formulated with xanthan gum and/or sodium caseinate as fat replacers. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10, 59-63.
- Nellis, S. C.; Correia, A. F. K.; Spoto, M. H. F. (2017). Extração e quantificação de carotenoides em minitomate desidratado (Sweet Grape) através da aplicação de diferentes solventes. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, e2016156.
- Neri-Numa, I.A.; Carvalho-Silva, L.B.; Morales, J.P.; Malt, L.G.; Muramoto, M.T.; Ferreira, J.E.M.; Carvalho, J E.; Ruiz, A.L.T.G.; Maróstica Júnior, M.R.; Pastore, G.M. (2013) Evaluation of antioxidante, antiproliferative and antimutagenic potential of araçá-boi fruit (*Eugenia stipitata* McVaugh – Mirtaceae) of the Brazilian Amazon Forest. *Food Research International*, 50(1): 70-76.
- O'Callaghan, D.J. & Guinee, T.P. (2004) Rheology and texture of cheese. In: Fox, P.F.; McSweeney, P.L.H.; Cogan, T.M.; Guinee, T.P. *Cheese: Chemistry, physics and microbiology - Volume 1: General aspects*. 3rd. ed. p.511-540.
- Oksanen, J.; Blanchet, F.G.; Kindt, R.; Legendre, P.; Minchin, P.R.; O'Hara, B., Simpson, G.L.; Solymos, P.; Stevens, H.; Wagner, H.H. (2017) *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-2.
- Ollé Resa, C.P.; Gerschenson, L.N.; Jagus, R.J. (2016) Starch edible filme supporting natamycin and nisin for improving microbiological stability of refrigerated Argentinian Port Salut cheese. *Food control.*, 59: 737-742.
- Olson, J. A. & Krinsky, N. I. (1995) Introduction: the colorful fascinating world of the carotenoids: important physiologic modulators. *FASEB J.*, 9(15): 1547-1550.
- Oz, A.T. & Kafkas, E. (2017) Phytochemicals in fruits and vegetables. In: Waisundara, V. (Editor); Shiomi, N. (Co-editor). *Superfood and functional*

*food: an overview of their processing and utilization*, Cap 8. Intechopen: p. 175-184.

- Paiva, P.H.C. & Costa Júnior, L.C.G. (2012) Tratamento da casca de queijo canastra com resina e seus efeitos durante a maturação e na qualidade como forma de melhorar o aspecto e agregar valor ao produto. *Rev. Inst. Latic. "Cândido Tostes"*, Jul/Ago, 67(387): 87-88.
- Panfili, G.; Manzi, P.; Pizzoferrato, L. (1994) High-performance liquid chromatography method for the simultaneous determination of tocopherols, carotenes, and retinol and its geometric isomers in Italian cheese. *Analyst*, 119: 1161-1165.
- Pastorino, A.J.; Hansen, C.L; McMahon, D.J. (2003) Effect of salt on structure-function relationships of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86, 60-69.
- Pegg, R.B. (2001) Measurement of primary lipid oxidation products. *In: Current protocols in food analytical chemistry – D2.1.1-D2.1.15*. John Wiley.
- Pena-Serna, C.; Penna, A.L.B.; Lopes Filho, J.F. (2016) Zein-based blend coatings: impact on the quality of the a model cheese of short ripenin period. *Journal of Food Engineering*, 171: 208-213.
- Perry, K.S.P. (2004). Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos *Quim. Nova*, 27(2): 293-300.
- Póltorak, J.; Wyrwisz, M.; Moczowska, M.; Marcinkowska-Lesiak, M.; Stelmasiak, A.; Ulanicka, U.; Zalewska, M.; Wierszbicka, A.; Da-Wen Sun (2014) Correlation between instrumental texture and colour quality attributes with sensory analysis of selected cheeses as affected by fat contents. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(4): 999-1008.
- Pretti, I. R.; Luz, A. C.; Jamal, C. M.; Batitucci, M. C. P. (2018). Variation of biochemical and antioxidante activity with respect to the phenological stage of *Tithonia diversifolia* Hemsl. (Asteraceae) populations. *Industrial Crops & Products*, 121, 241–249.
- R Development Core Team. (2020) R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Ramos, Ó.L.; Pereira, J.O.; Silva, S.I.; Fernandes, J.C.; Franco, M.I.; Lopes-Da-Silva, J.O. (2012) Evaluation of antimicrobial edible coatings from a whey protein isolate base to improve the shelf life of cheese. *Journal of Dairy Science*, 95(11): 6282-6292.
- Robertson, G.L. (2012) Edible, biobased and biodegradable food packaging materials. *In: Robertson, G.L. (Ed.). Food packaging: principles and practice*. 3<sup>rd</sup>.ed. Boca Raton: CRC press, p. 49–90.
- Rogez, H.; Buxant, R.; Mignolet, E.; Souza, J.N.S.; Silva, E.M.; Larondelle, Y. (2004) Chemical composition of the pulp of three typical Amazonian fruits:

- araçá-boi (*Eugenia stipitata*), bacuri (*Platonia insignis*) and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). *European Food Research Technology*, 218: 380-384.
- Rojas-Graü, M.A.; Soliva-Fortuny, R.; Martín-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci. Tech.*, 20(10): 438-447.
- Rosenthal, A. J. (2001). Relación entre medidas instrumentales y sensoriales de la textura de alimentos. In: Rosenthal, A. J. *Textura de los alimentos: medida y percepción*. (pp. 1-17). Acribia.
- Sandoval-Copado, J.; Orozco-Villafuerte, J.; Pedrero-Fuehrer, D.; Colín-Cruz, M.A. (2016) Sensory profile development of Oaxaca cheese and relationship with physicochemical parameters. *J. Dairy Sci.*, 99:7075–7084.
- Santos, B.M.M.; Pizato, S.; Cortez-Vega, W.R. (2020) Natural edible films and coatings applied in food: a bibliographic review. *Research, Society and Development*, 9(9), e578997613.
- Santos, V.; Ramos, J.D.; Tostes, N.V.; Silva, F.O.R.; Almeida, L.G.F. (2017) Caracterização física e química de frutos de araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh) em Lavras – MG. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 14(26): 167-180.
- Sihufe, G.A.; Zorrilla, S.E.; Perotti, M.C.; Wolf, I.V.; Zalazar, C.A.; Sabbag, N.G.; Silvia; Costa, C.; Rubiolo, A.C. (2010) Acceleration of cheese ripening at elevated temperature; an estimation of the optimal ripening time of a traditional Argentinean hard cheese. *Food Chem*, 119:101-107.
- Silva, N.; Junqueira, V.C.A.; Silveira, N.F.A.; Taniwaki, M.H.; Gomes, R.A.R.; Okazaki, M.M. (2017) *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água*. 5.ed. Blücher. 536p.
- Sucheta, C.K.; Sharma, N., Yadav, S.K. (2019) Composite edible coatings from commercial pectin, corn flour and beetroot powder minimize post-harvest decay, reduces ripening and improve sensory liking of tomatoes. *Int. J. Bio. Macromol.*, 133: 284-293.
- Suput, D.Z.; Lazic, V.L.; Popovic, S.Z.; Hromis, N.M. (2015) Edible films and coatings: sources, properties and applications. *Food and Feed Research*, 42 (1): 11-22.
- Trihn, K. T. & Glasgow, S. (2012). On the texture profile analysis test. (pp. 1-13). Institute of Food Nutrition and Human Health.
- TTC – Texture Technologies Corp. (2020) TPA measurements. In: *Overview of Texture Profile Analysis*. Hamilton.
- Ulusoy, B.H.; Yildirim, F.K.; Hecer, C. (2018) Edible films and coatings: a good idea from past to future. *Journal of Food Technology Research*, 5(1): 28-33.

- Van Den Berg, H.; Faulks, R.; Granado, H.F.; Hirschberg, J.; Olmedilla, B.; Sadmann, G.; Southon, S.; Stahl, W. (2000) The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 80, p. 880-912, 2000.
- Virgolin, L. B.; Seixas, F. R. F.; Janzantti, N. S. (2017) Composition, content of bioactive compounds, and antioxidant activity of fruit pulps from the Brazilian Amazon biome. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(10), 933-941.
- Young, A. J. & Lowe, G. M. (2001) Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 385(1), p. 20-27.
- Zeinab, A.M.; Abbas, A.A.; Amr, A.A.; Youssef, S.Y.A. (2017) Incidence of mycobiota in some dairy products and its public health hazards. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 53(1): 203-210. DOI: 10.5455/ajvs.220588.
- Zhong, Y.; Cavender, G.; Zhao, Y. (2014) Investigation of different coating application methods on the performance of edible coatings on Mozzarella cheese. *Food Science and Technology*, 56: 1-8.
- Zielinski, A. A. F.; Ávila, S.; Ito, V.; Nogueira, A.; Wosiacki, G.; Haminiuk, C. W. I. (2014). The association between chromaticity, phenolics, carotenoids, and in vitro antioxidant activity of frozen fruit pulp in Brazil: an application of chemometrics. *Journal of Food Science*, 79(4): C510-6.
- Zisu, B. & Shah, N.P. (2005) Textural and functional changes in low fat Mozzarella cheeses in relation to proteolysis and microstructure as influenced by the use of fat replacers, pre-acidification and EPS starter. *International Dairy Journal*, 15: 957-972.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

O tratamento térmico do suco de araçá-boi por fervura neste trabalho foi de suma importância, pois possibilitou a obtenção de informações sobre o quão resistentes à fervura são os componentes bioativos e a atividade antioxidante.

Inicialmente, a fervura do suco foi planejada com o intuito de incrementar sua textura, pois o duplo peneiramento da polpa garantiu melhor homogeneização devido à retirada das partículas sólidas em suspensão, porém resultou em um suco caracteristicamente ralo.

A fervura do suco resultou em sua concentração e propiciou a elevação da acidez bem como o teor de compostos bioativos e a atividade antioxidante, o que possibilitou a sua aplicação tecnológica como base para a elaboração do revestimento comestível. É interessante ressaltar que os resultados das análises do suco apontaram que, para tal finalidade, o tratamento térmico do suco de araçá-boi por fervura não requer tempo superior a 46 minutos, uma vez que a característica de maior interesse neste trabalho, que foi a atividade antioxidante do suco, se estabiliza a partir desse tempo de fervura.

Apesar disso, testes preliminares apontaram para o uso de artifício que incrementasse o espalhamento do suco concentrado sobre o queijo.

Assim, sendo a pectina um componente naturalmente presente no suco de araçá-boi, planejou-se a sua adição em uma porcentagem suficiente para promover espessamento do suco sem interferir nas propriedades bioativas de interesse para a elaboração do revestimento comestível.

A cor do revestimento comestível de araçá-boi foi resultante de reações de Maillard em razão da adição de pectina durante a sua elaboração e o espessamento visivelmente observado, embora não significativo na análise do perfil de textura, foi para melhorar sua capacidade de espalhamento sobre a superfície do queijo Minas Padrão. A preservação das características físico-químicas e propriedades bioativas do suco no revestimento comestível obtido, apontou para a viabilidade de sua aplicação sobre o queijo.

Assim, a aplicação do revestimento comestível de araçá-boi sobre o queijo Minas Padrão, resultou em queijos com características físico-químicas e de cor compatíveis com as características relatadas na literatura, bem como textura

compatível com a IN nº 66 do Ministério da Agricultura (Brasil, 2020), que define os requisitos de qualidade do queijo Minas Padrão.

Neste sentido, a fim de preservar as características de cor e evitar as reações de oxidação lipídica do queijo Minas Padrão, bem como garantir melhores características de textura, recomenda-se que, nas condições deste experimento, o revestimento comestível de araçá-boi seja aplicado conforme a metodologia proposta com três camadas, respeitando-se o período de secagem dos queijos após a retirada da salmoura e entre a aplicação de cada camada do revestimento.

Finalmente, considera-se que os resultados obtidos podem ser um referencial para se estabelecer o período máximo de maturação do queijo Minas Padrão, uma vez que a IN supracitada contempla apenas o período mínimo de maturação de 20 dias. Assim, recomenda-se, que a maturação do queijo Minas Padrão seja permitida por período entre 25 e 30 dias e a estocagem por até 40-45 dias.

Novos estudos que contemplem o uso de embalagem dos queijos durante a estocagem bem como a avaliação sensorial com provadores, podem ser úteis para consolidar o uso do revestimento de araçá-boi como alternativa para a preservação do queijo Minas Padrão e aumentar sua vida útil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abo El-Makarem, H.S.; Saber, A.S.; El Asuoty, M.S. (2017) Chemical and microbiological evaluation of some different soft cheese. *Assiut Vet. Med. J.*, 63(154): 10-19.
- Aguiar, J.P.L. (1983) Araçá-boi (*Eugenia stipitata*, McVaug): aspectos e dados preliminares sobre a sua composição química. *Acta Amaz.*, Notas e Comunicações, 13(5-6): 963-954.
- Aguirre-Joya, J.A.; Leon-Zapata, M.A.; Alvarez-Perez, O.B.; Torres-León, C.; Nieto-Oropeza, D.E.; Ventura-Sobrevilla, J.M.; Aguilar, M.A.; Ruelas-Chacón, X.; Rojas, R.; Ramos-Aguiñaga, E.R.; Aguilar, C.N. (2018) Basic and applied concepts of edible packaging for foods. In: Grumezescu, A.M.; Holban, A.M. *Handbook of food bioengineering, v. 9: Food packaging and preservation*, Cap1. London: Academic Press, p.1-61.
- Alencar, U.R.; Silva, G.B.; Balbino, S.J.; Reis, R.C. (2019) Avaliação da qualidade e rendimento de queijos Minas Padrão elaborados com diferentes agentes adicionados no momento da coagulação para padronização de metodologia a ser utilizada em aula prática de processamento de leite. In: Silva Neto, B.R. (org.) *A produção do conhecimento nas ciências da saúde – 2*. Capítulo 14. Atena, p. 116-124.
- Ali, A.; Maqbool, M.; Ramachandran, S.; Alderson, P.G. (2010). Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharv. Biol. Technol.*, 58(1): 42-47.

- Alkan, B.; Yemenicioglu, A. (2016) Potential application of natural phenolic antimicrobials and edible film technology against bacterial plant pathogens. *Food Hydrocoll.*, (55): 1-10.
- Aragão, M.O.P. (2018) *Diversidade de cores e leveduras em queijo Minas artesanal das microrregiões do Serro e da Serra da Canastra*. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Lavras – MG, Universidade Federal de Lavras – UFLA, 118 p.
- Araújo, F.F.; Neri-Numa, I.A.; Farias, D.P.; Cunha, G.R.M.C; Pastore, G.M. (2019). Wild Brazilian species of *Eugenia* genera (Myrtaceae) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. *Food Research International*, 121:57-72.
- Arruda, N.V.; Pantoja, R.K.V.; Peixoto, N.; Valente, J.P. (2016) Superação de dormência de sementes de araçá-boi, utilizando giberelina. *Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 3, Pirenópolis: Universidade Estadual de Goiás, 4p.
- Artiga-Artigas, M.; Acevedo-Fani, A.; Matín-Belloso, O. (2017) Improving the shelf life of low-fat cut cheese using nanoemulsion-based edible coatings containing oregano essential oil and mandarin fiber. *Food Control*, 76:1-12.
- Aune, D.; Giovannucci, E.; Boffetta, P.; Fadnes, L.T.; Keum, N.; Norat, T.; Greenwood, D.C.; Riboli, E.; Vatten, L.J.; Tonstad, S. (2017) Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all-cause mortality—a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *International Journal of Epidemiology*, 26(3): 1029–1056.
- Ayana, B.; Turhan, K.N. (2009) Use of antimicrobial methylcellulose films to control *Staphylococcus aureus* during storage of Kasar cheese. *Packaging Technology and Science*, 22(8): 461-469.
- Ayranci, E. & Tunç, 1997. Cellulose-based edible films and their effects on fresh beans and strawberries. *Journal of Food Examination and Research A*, 205(6): 470-473.
- Azeredo, H.M.C & Waldron, K.W. (2016) Crosslinking in polysaccharide and protein films and coatings for food contact – a review. *Trends and Food Science and Technology*, 52:109-122.
- Baldini, T.F.; Neri-Numa, I.A.; Sacramento, C.K.; Schmiele, M.; Bolini, H.M.A.; Pastore, G.M.; Bicas, J.L. (2017). Elaboration and characterization of apple nectars supplemented with araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh — Myrtaceae). *Beverages*, 3(4): 59.
- Balestrieri, M.; Spagnuolo, M.S.; Cigliano, L.; Sortib, G.; Ferrara, L.; Abrescia, P.; Fedele, E. (2002) Evaluation of oxidative damage in mozzarella cheese produced from bovine or water buffalo milk. *Food Chemistry*, 77: 293-299.
- Banwart, J. G. (1998) *Basic food Microbiology*. Springer.



- Barbosa-Pereira, L.; Angulo, I.; Largarón, J.M.; Paseiro-Losada, P.; Cruz, J.M. (2014) Development of new active packaging films containing bioactive nanocomposites. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 26: 310-318.
- Barreto, G.P.M., Benassi, M.T.; Mercadante, A.Z. (2009) Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. *Journal of Brazilian Chemical Society*, São Paulo, 20(10): 1856-1861
- Barros, R. G. C.; Andrade, J. K. S.; Denadai, M.; Nunes, M. L.; Narain, N. (2017). Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues. *Food Research International*, 102, 84-92.
- Begum, R.; Yusof, Y. A.; Aziz, M. G.; Uddin, M. B. (2017). Screening of fruit wastes as pectin source. *J. Environ. Sci. & Natural Resources*, 10(1), 65-70.
- Beier, R.C. (2021) Interactions and inhibition of pathogenic foodborne bacteria with individual dissociated organic acid species: a review. *Journal of Food Chemistry and Nanotechnology*, 7(1): 4-17.
- Bernardina, R.G.D.; Holtz, S.G.; Pretti, I.R.; Cruz, L.L.; Oliveira, D.B. (2020). Aproveitamento tecnológico do araçá-boi (*Eugenia stipitata*) como farinha para alimentação. In: Cordeiro, C.A.M. (Org.). *Tecnologia de Alimentos: tópicos físicos, químicos e biológicos – v.3*. Guarujá: Científica Digital, 54-62.
- Beuchat, L. R. & Cousin, M. A. Yeasts and molds. In: DOWNES, F. P. & ITO, K. (eds.). (2001) *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 4.ed. Washington, D.C.: APHA, 2001. p. 209-215.
- Binda, R.D.; Fontes, P. S. F.; Fontes, A.G.; Holtz, A. M.; Pires, A. A. (2011) Influencia de diferentes materiais de ensacamento no controle da mosca-das-frutas e na qualidade dos frutos de araçá-boi. *Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação*, 6. Vitória: Instituto Federal do Espírito Santo.
- Borcard, D.; Gillet, F.; Legendre, P. (2011) *Numerical Ecology with R*. New York, New York: Springer.
- Bourne, M.C. (2002) *Food texture and viscosity: concept and measurement*. 2nd ed. San Diego: Academic.
- Braga, A.B.N. & Sentanin, M.A. (2014) Análise sensorial e instrumental de queijos tipo: minas frescal, mussarela e Minas Padrão. XIX Jornada em Engenharia Química, Uberlândia, 3-8 agosto de 2014.
- Branciarri, R.; Ranucci, D.; Trabalza, M.; Codini, M.; Orrú, M.; Ortenzi, R.; Forte, C.; Ceccarini, M.R.; Valiani, A.. (2014) Evaluation of the antioxidant properties and oxidative stability of Pecorino cheese made from the raw milk of ewes fed *Rosmarinus officinalis* L. leaves. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(2): DOI: 10.1111/ijfs.12712.

- Brasil. (1996) Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Gabinete do Ministro. *Portaria nº 146, de 07 de março de 1996*. Brasília.
- Brasil. (1997) Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997*. Brasília.
- Brasil. (2018) Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Lei nº 13.680, de 14 de junho de 2018*. Brasília.
- Brasil. (2019) Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Decreto nº 9.918, de 18 de julho de 2019*. Brasília.
- Brasil. (2020) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. *Instrução Normativa nº 66, de 21 de julho de 2020*. Brasília.
- Cai, Y.; Luo, Q.; Sun, M.; Corke, H. (2004) Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences*, Stockholm, 74(17): 2157-2184.
- Campos-Vega, R.; Oomah, B.D. (2013) Chemistry and Classification of Phytochemicals. In: Tiwari, B.K.; Brunton, N.P.; Brennan, C.S. (Eds.) *Handbook of plant food phytochemicals*, Cap 2. John Wiley & Sons, p. 5-48.
- Canuto, G.A.B.; Xavier, A.A.O.; Neves, L.C.; Benassi, M.T. (2010) Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. *Rev. Bras. Frutic.*, 32(4): 1195-1205.
- Carrillo, M.P.; Hernández, M.S.; Hernández, C.; Jiménez, C.; Jiménez, P. Cardona, J. (2009) Calidad e innovación en la cadena de valor de frutas nativas, arazá y copoazú. In: Hernández, M. S. (Org.). *Frutas amazónicas: competitividad y innovación*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi, p. 55-76.
- Carvalho, G. G. P.; Fernandes, F. E. P.; Pires, A. J. V. (2006). Métodos de determinação dos teores de amido e pectina em alimentos para animais. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 7(1).
- Celina, C. (2010) Araçá-boi: novidade para a agroindústria de Mato Grosso. Cuiabá: EMPAER. (Notícia Empaer).
- Cerqueira, M.A.; Lima, A.M.; Souza, B.W.S; Teixeira, J.A.; Moreira, R.A.; Vicente, A.A. (2009). Functional polysaccharides as edible coatings for cheese. *J. Agric. Food Chem.*, 97: 1456–1462.
- Cerqueira, M.A.; Sousa-Gallagher, M.J.; Macedo, I.; Rodríguez-Aguilera, R.; Souza, B.W.S.; Teixeira, J.A.; Vicente, A.A. (2010) Use of galactomannan edible coating application of storage temperature for prolonging shelf-life of “Regional” cheese. *Journal of Engineering*, 97: 87-94.

- Chakravartula, C.C.; Balestra, F.; Fabbri, A.; Dalla Rosa, M. (2019). Evaluation of the effect of edible coating on mini-buns during storage by using NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 263:46-52.
- Charrad, M.; Ghazzali, N.; Boiteau, V.; Niknafs, A. (2014) NbClust: An R package for determining the relevant number of clusters in a data set. *Journal of Statistical Software*, 61(6): 1-36.
- Chevanan, N.; Muthukumarappan, K.; Upreti, P.; Metzger, L.E. (2006) Effect of calcium and phosphorus, residual lactose and salt to-moisture ratio on textural properties of cheddar cheese during ripening. *Journal of Texture Studies*, 37: 711-730.
- Chun, O.K.; Kim, D.O.; Moon, H.Y.; Kang, H.G.; Lee, C.Y. (2003) Superoxide radical scavenging activity of the major polyphenols in fresh plums. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 51(27): 8067-8072.
- Cipolat-Gotet, C.; Malacarne, M.; Summer, A.; Cecchinato, A.; Bittante, G. (2020) Modeling weight loss of cheese during ripening and the influence of dairy system, parity, stage of lactation, and composition of processed milk. *J. Dairy Sci.*, 103(8): 6843-6857.
- Costa, M. J.; Maciel, L. C.; Teixeira, J. A.; Vicente, A. A.; Cerqueira, M. A. (2018) Use of edible films and coatings in cheese preservation: opportunities and challenges. *Food Research International*, 107: 84-92.
- Costa, R.G.B; Martins, M.F.; Mendonça, J.F.M.; Borges, M.F. (Eds.) (2019) *Controle de qualidade em queijo Minas Padrão: métodos físico-químicos, microbiológicos e moleculares*. Brasília: Embrapa Agroindústria Tropical. 82p.
- Costa Júnior, L.C.G.; Moreno, V.J.; Magalhães, F.A.R.; Costa, R.G.B.; Resende, E.C.; Carvalho, K.B.A. (2014) Maturação do queijo Minas artesanal da microrregião Campo das Vertentes e os efeitos dos períodos seco e chuvoso. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, 69(2): 111-120.
- Cuellar, F.A.; Ariza, E.; Anzola, C.; Restrep, P. (2013) Research of antioxidant capacity of araza (*Eugenia stipitata* McVaugh) during the ripening. *Revista Colombiana de Química*, 42(2): 213-325.
- Del Corso, G.A.; Matioli, A.L.; Moraes, A.E.A. (2019) Mites and fungi recognition in Canastra cheese surface. *Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP*, 27.
- Dhanapal, A.; Sasikala, P.; Rajamani, L.; Kavitha, V.; Yazhini, G.; Banu, M.S. (2012) Edible films from polisaccharides. *Food Science and Quality Management*, 3:1-10.
- Di Pierro, P.; Sorrentino, A; Marinielo, L.; Giosafatto, C.V.L.; Porta, R. (2011) Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricota cheese shelf-life. *LWT-Food Science and Technology*: 44(10): 2324-2327.

- Dolci P.; Alessandria, V.; Rantsiou, K.; Bertolino, M.; Cocolin, L. (2010) Microbial diversity, dynamics and activity throughout manufacturing and ripening of Castelmagno PDO cheese. *Int. J. Food Microbiol.*, 143:71–75.
- Elguea-Culebras, G.O.; Bourbon, A.I.; Costa, M.J.; Muñoz-Tebar, N.; Carmona, M.; Molina, A.; Sánchez-Vioque, R.; Berruga, M.I.; Vicente, A.A. (2019) *Food Hydrocolloids*, 89: 272-282.
- Elzhov; T.V.; Mullen, K.M.; Spiess, A.; Bolker, B. (2016) Minpack. In: R Interface to the Levenberg-Marquardt Nonlinear Least-Squares Algorithm Found in MINPACK, Plus Support for Bounds. R package version 1.2-1. 14p.
- Eroglu, A.; Mahmut, D.; Toker, O.S.; Yilmaz, M.T. (2015) Classification of Kashar cheeses based on their chemical, color and instrumental textural characteristics using principal component and hierarchical cluster analysis. *International Journal of Food Properties*, 18: 909-921.
- Espitia, P.J.P.; Du, W.X.; Avena-Bustillos, R.D.J.; Soares, N.F.F.; McHugh, T.H. (2014) Edible films from pectin: physical-mechanical and antimicrobial properties: a review. *Food Hydrocoll.*, 35: 287-296.
- Fajardo, P.; Martins, J.; Fuciños, C.; Pastrana, L.; Teixeira, J.; Vicente, A. (2010) Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese. *Journal of Food Engineering*, 101(4): 349-356.
- Falcão, M.A.; Chávez Flores, W.B.; Ferreira, S.A.N.; Clement, C.R.; Barros, M.J.B.; Brito, J.M.C.; Santos, T.C.T. (1988) Aspectos fenológicos e ecológicos do "araça-boi" (*Eugenia stipitata* McVaugh) na Amazônia Central. I. Plantas juvenis. *Acta Amaz.*, 18(3-4): 27-38.
- Fernandez-Avila, C.; Gutierrez-Merida, C.; Trujillo, A.J. (2017) Physicochemical and sensory characteristics of a UHT milk-based product enriched with conjugated linoleic acid emulsified by Ultra-High-Pressure Homogenization. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 39: 275–283.
- Fernández-Trujillo, J.P.; Hernández, M.S.; Carrillo, M.; Barrera, J. (2011) Arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). In: YAHIA, E. M. (Ed.). *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: volume 2: Açaí to citrus*. Oxford: Woodhead Publishing, p. 98-117.
- Ferreira, C.L.L.F.; Moura, K.R.P.; Botinhon, L.; Coelho, A.A.; Schiller, O.R. (1992) Avaliação tecnológica de culturas lácticas nacionais – produção de queijo Minas. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, 47 (279-281): 32-37.
- Filgueiras, H.A.C.; Alves, R.E.; Moura, C.F.H.; Araújo, N.C.C.; Almeida, A.S. (2002) Quality of fruits native to Latin America for processing: arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Acta Hort.*, 575: 543-547.

- Flutto, L. (2003). Pectin: properties and determination. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2.ed. pp. 4440-4449.
- Fontes, P.S.F.; Fontes, A.G.; Binda, R.D.; Holtz, A.M.; Pires, P.D.Z.; Pires, A.A. (2012). Avaliação do ensacamento de frutos como estratégia de controle das moscas-das-frutas do araçazeiro-boi. *Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura*, 22, Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Fruticultura, p. 2135-2138.
- Fox, P.F.; Guinee, T.P. Cogan, T.M.; McSweeney, P.L.H. (2017) Cheese: structure, rheology and texture. In: *Fundamentals of cheese science*. p.475-532.
- Fröhlich-Wyder, M.-T.; Guggisberg, D.; Wechsler, D. (2009) Influence of low calcium and low pH on melting characteristics of model Raclette cheese. *Dairy Science and Technology*, 89: 463-483.
- Galus, S.; Kadzińska, J. (2015) Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2): 273-283.
- Garzón, G.A.; Narváez-Cuenca, C.E.; Kopec, R.E.; Barry, A.M.; Riedl, K.M.; schwartz, S.J. (2012) Determination of carotenoids, total phenolic content, and antioxidant activity of Arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh), an Amazonian fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(18): 4709-4717.
- Gennadios, A. (Ed.) (2002) Protein-based films and coatings. Boca Raton: CRC, 672p.
- Gentil, D.F.O.; Clement, C.R. (1996) The arazá (*Eugenia stipitata*): results directions. *Interamerican Society For Tropical Horticulture*, Curitiba: 83-89.
- Granato, D.; Ribeiro, J.C.B.; Castro, I.A.; Masson, M.L. Sensory evaluation and physicochemical optimisation of soy-based desserts using response surface methodology. *Food Chemistry*, 121:899–906.
- Guaadaoui, A.; Benaicha, S.; Elmajdoub, N.; Bellaoui, M.; Hamal, A. (2014) What is a bioactive compound? A combined definition for a preliminary consensus. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 3, 174-179.
- Guimarães, A.; Abrunhosa, L.; Pastrana, L.M.; Cerqueira, M.A. (2018) Edible films and coatings as carriers of living microorganisms: a new strategy towards biopreservation and healthier foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(3): 594-614.
- Han, J.H. (2014) Edible films and coatings: a review. In: Han, J.H. (org.) *Innovations in food packaging*. 2.ed. Academic Press, p.213–255.
- Harborne, J.B.; Baxter, H.; Moss, G.P. (ed.) (1999) *Phytochemical dictionary: a handbook of bioactive compounds from plants*. 2.ed. London: Taylor & Francis, 960p.

- Hasler, C.M. e Blumberg, J.B. (1999) Symposium on Phytochemicals: Biochemistry and Physiology. *Journal of Nutrition*, 129: 756S-757S.
- Hassan, B.; Chatha, S.A.S.; Hussain, A.I.; Zia, K.M.; Akhtar, N. (2018) Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109:1095-1107.
- Hassan, M.E.; Bai, J.; Dou, D.-Q. (2019) Biopolymers: definition, classification and applications. *Egypt.J.Chem.*, 62(9): 1725-1737.
- Hernández, M.S.; Barrera, J.; Bardales, X.L.; Carrillo, M.P. (2006) Manejo y transformación de frutales nativos de la Amazonia. *Revista Colombia Amazónica*, Agosto (extra), p. 191-204.
- Hernández, M.S.; Martínez, O; Fernández-Trujillo, J.P. (2007) Behavior of arazá fruit quality traits during growth, development and ripening. *Scientia Hort.*, 111: 220-227.
- Holt, R. (1954). Volumetric determination of pectin as calcium pectate. *Analyst*, 79, 623-627.
- Holtz, S.G.; Bernardina, R.G.D.; Pretti, I.R.; Borghi, E.J.A; Oliveira, D.B. (2020). Efeito do tratamento térmico sobre características físico-químicas, parâmetros de cor e perfil de textura do suco de araçá-boi, visando sua aplicação tecnológica. In: Cordeiro, C.A.M. (Org.). *Tecnologia de Alimentos: tópicos físicos, químicos e biológicos – v.3*. Guarujá: Científica Digital, 217-237.
- Huang, Y.; Xiao, D.; Burton-Freeman, B.M.; Edirisinghe, I. (2016). Chemical Changes of bioactive phytochemicals during thermal processing. In: *Reference module in Food Science*. Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.03055-9.
- IAL – Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos* 4.ed. 1.ed. digital. 1000p.
- Ihaka, R.; Murrell, P.; Hornik, K.; Fisher, J.C.; Zeileis, A. (2016) Colorspace: Color Space Manipulation. R package version 1. p. 2-3.
- Isik, H.; Daghan, S.; Gökmen, S. (2013) A research on edible coatings used in the food industry. *Eletronic Journal of Food Technology*, 8(1): 26-35.
- Iturri, M. S.; Calado, C. M. B.; Prentice, C. (2021). Microparticles of *Eugenia stipitata* pulp obtained by spray-drying guided by DSC: An analysis of bioactivity and in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 334(127557).
- Kapetanakou, A.E.; Manios, S.G.; Skandamis, P.N. (2014) Application of edible films and coatings on foods. In: *Novel food preservation and microbial assessment techniques*. p. 237-274.

- King, A. & Young, G. (1999) Characteristics and Occurrence of Phenolic Phytochemicals. *Journal of the American Dietetic Association*, 99(2): 213-218.
- Khoo, H.E.; Azlan, Kong, K.W; Ismail, A. (2016) Phytochemicals and medicinal properties of indigenous tropical fruits with potential for commercial development. *Evid Based Complement Alternat Med.*, 20p.
- Khoo, H.E; Prasad, K.N.; Kong, K.W; Jiang, Y.; Ismail, A. (2011) Carotenoids e theirs isomers: color pigments in fruits and vegetables. *Molecules*, 16(2):1710-1738.
- Konishi, S. & Kitagawa, G. (2008) Information criteria and statistical modeling. New York: Springer, 321 p.
- Kubo, M.T.K.; Maus, D.; Xavier, A.A.O.; Mercadante, A.Z.; Viotto, W.H. (2013) Transference of lutein during cheese making, color stability, and sensory acceptance of Prato cheese. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 33(Supl. 1): 81-88.
- Lawless H. & Heymann H. (2010). Color and appearance. In: *Sensory Evaluation of Food*. Springer.
- Lee, S.K. & Klostermeyer, H. (2001) The effect of pH on the rheo logical properties of reduced-fat model processed cheese spreads. *Food Science and Technology Journal*, 34: 288–292.
- Legendre, P. & Legendre, L. (1998) Numerical ecology. 2nd English edition. Amsterdam: Elsevier Science BV, 853 p.
- Legendre, P. & Legendre, L. (2012) Numerical ecology: developments in environmental modelling 24. 3. ed. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science B.V.
- Lim, A.S. & Roos, Y.H. (2016) Spray drying of high hydrophilic solids emulsions with layered interface and trehalose-maltodextrin as glass formers for carotenoids stabilization. *Journal of Food Engineering*, 171: 174-184.
- Lima, E.D.P.A.; Lima, C.A.A.; Aldrigue, M.L.; Gondim, P.J.S. (2002). Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias* spp.) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(2), p.338-343.
- Lima, G.T.N. (2003) *Caracterização da microrregião de Araxá como produtora tradicional de queijo minas artesanal*. Araxá: Emater. 34 p.
- Lindstrom, T.R.; Morimoto, K.; Cante, C.J. In: Hui, I.H. (Ed.) (1992) Edible films and coatings: *Encyclopedia of food science and technology*, vol. 2, New York: John Wiley and Sons, p. 659-663.

- Liu, L.; Liu, C.-K.; Fishman, M.L.; Hicks, K.B. (2007) Composite films from pectin and fish skin gelatin or soybean flour protein. *J. Agric. Food Chem.*, 55: 2349–2355.
- López-Malo, A. & Alzamora, S. M. (2015). Water activity and microorganism control: past and future. In: Gutiérrez-López G.; Alamilla-Beltrán, L.; del Pilar Buera, M.; Welti-Chanes, J.; Parada-Arias, E.; Barbosa-Cánovas, G. (eds) Water stress in biological, chemical, pharmaceutical and food systems. Food Engineering Series. Springer.
- López-Mercado, J.; Nambo, A.; Toribio-Nava, M.H.; Melgoza-Sevilla, O.; Cázarez-Barragán, L.; Cajero-Zul, L.; Guerrero-Ramírez, L.; Handy, B.E.; Cardenas-Galindo, M. (2018) High and low esterification degree pectins decomposition by hydrolysis and modified Maillard reactions for furfural production. *Clean Technologies and Environmental Policy*, online, July.
- Lu, W.; Maidannyk, V.A.; Lim, A.S.L. (2020) Carotenoids degradation and precautions during processing. In: Galanakis, C.M. (Ed.) *Carotenoids: properties, processing and applications*. Cap.9. p. 223-258.
- Mamede, M. E. O.; Suzarth, M.; Jesus, M. A. C. L.; Cruz, J. F. M.; Oliveira, L. C. (2013). Avaliação sensorial e colorimétrica de néctar de uva. *Alim. Nutr.= Braz. J. Food Nutr.*, 24(1), 65-72.
- Martins, J.M.; Galinari, E.; Pimentel-Filho, N.J.; Ribeiro, J.I.; Furtado, M.M.; Ferreira, C.L.L.F. (2015) Determining the minimum ripening time of artisanal Minas cheese, a traditional Brazilian cheese. *Braz. J. Microbiol.*, 46(1), Jan-Mar., online version.
- Mastromatteo, M.; Conte, A.; Lucera, A.; Saccotelli, M. A.; Buonocore, G. G.; Zambrini, A. V.; Del Nobile, M. A. (2015) Packaging solutions to prolong the shelf life of Fiordilatte cheese: bio-based nanocomposite coating and modified atmosphere packaging. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 230–237.
- Mc-Graw, K.J. & Ardia, D.R. (2003) Carotenoids, immunocompetence, and the information content of sexual colors: an experimental test. *American Naturalist*, 162: 704-712.
- McSweeney, P.L.H. (2004) Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2/3): 127-144, May/August.
- Mei, J.; Yuan, Y.; Wu, Y.; Li, Y. (2013) Characterization of edible starch-chitosan film and its application in the storage of Mongolian cheese. *International Journal of Biological Macromolecules*, 57: 17-21.
- Mejía, L.J.; Narváez, C.E.; Restrepo, L.P. (2006) Cambios físicos, químicos y sensoriales durante el almacenamiento congelado de la pulpa de arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh): physical, chemical and organoleptic changes during frozen storage of araza (*Eugenia stipitata* McVaugh) pulp. *Agronomía Colombiana*, 24(1): 87-95.



- Melo, E. A.; Maciel, M. I. S.; Lima, V. L. A. G.; Araujo, C. R. (2008). Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. *Alim. Nutr.*, 19(1), 67-72.
- Meneses, J.N.C. (2006) *Queijo artesanal de Minas: patrimônio cultural do Brasil: dossiê interpretativo*. Belo Horizonte: IPHAN. v.1.
- Millán, E.; Restrepo, L.P.; Narváez, C.E. (2007) Efecto del escaldado, de la velocidad de congelación y de descongelación sobre la calidad de la pulpa congelada de arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Agronomía Colombiana*, 25(2): 333-338.
- Miller, K.S. & Krochta, J.M. (Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 8(7): 228-237.
- Milovanovic, B.; Djekic, I.; Miocinovic, J.; Djordjevic, V.; Lorenzo, J.; Barba, F. Mörlein, D.; Tomasevic, I. (2020) What is the color of milk and dairy products and how is it measured? *Foods*, 9(11): 1629.
- Minas Gerais. (2018). *Lei nº 23.157 de 18/12/2018*. Belo Horizonte.
- Mingoti, S.A. (2013) *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: UFMG, 2ª Reimp, 297 p.
- Morais, M.T.F. (2020) *Fenologia e desenvolvimento de geleia e licores de araçá-boi no estado do Espírito Santo*. Tede (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual Norte Fluminense “Darcy Ribeiro” – UENF, 96p.
- Myers, R.H.; Montgomery, D.C.; Anderson-Cook, C. (2009) *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments*. 3rd edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA, 680 p.
- Myers, R.H.; Montgomery, D.C.; Anderson-Cook, C. (2016) *Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments*. 4th edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA, 854 p.
- Nateghi, L.; Roohinejad, S.; Totosaus, A.; Rahmani, A.; Tajabadi, N.; Meimandipour, A.; Rasti, B.; Yazid, A.M.M.; Manap, Y.M.A. (2012). Physicochemical and textural properties of reduced fat Cheddar cheese formulated with xanthan gum and/or sodium caseinate as fat replacers. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10, 59-63.
- Nellis, S. C.; Correia, A. F. K.; Spoto, M. H. F. (2017). Extração e quantificação de carotenoides em minitomate desidratado (Sweet Grape) através da aplicação de diferentes solventes. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, e2016156.
- Neri-Numa, I.A.; Carvalho-Silva, L.B.; Morales, J.P.; Malt, L.G.; Muramoto, M.T.; Ferreira, J.E.M.; Carvalho, J E.; Ruiz, A.L.T.G.; Maróstica Júnior, M.R.;

- Pastore, G.M. (2013) Evaluation of antioxidante, antiproliferative and antimutagenic potential of araçá-boi fruit (*Eugenia stipitata* McVaugh – Mirtaceae) of the Brazilian Amazon Forest. *Food Research International*, 50(1): 70-76.
- Noori, S.; Zeynali, F.; Almasi, H. (2018) Antimicrobial and antioxidante efficiency of nanoemulsion-based edible coating containing ginger (*Zingiber officinale*) essential oil and its effect on safety and quality attributes of chicken breast fillets. *Food Control*, 84: 312-320.
- Novasina. (2021.). *LabSwift-aw: portable measurement instrument for accurate and fast water activity (a<sub>w</sub>) determination*. (4p.).
- Núñez-Sellés, A. J.; (2005). Antioxidant Therapy: Myth or Reality? *J. Braz. Chem. Soc.*, 16(4): 699-710.
- O'Callaghan, D.J. & Guinee, T.P. (2004) Rheology and texture of cheese. In: Fox, P.F.; McSweeney, P.L.H.; Cogan, T.M.; Guinee, T.P. *Cheese: Chemistry, physics and microbiology - Volume 1: General aspects*. 3rd. ed. p.511-540.
- Oksanen, J.; Blanchet, F.G.; Kindt, R.; Legendre, P.; Minchin, P.R.; O'Hara, B., Simpson, G.L.; Solymos, P.; Stevens, H.; Wagner, H.H. (2017) Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-2.
- Ollé Resa, C.P.; Gerschenson, L.N.; Jagus, R.J. (2013) Effect of natamicina on physical properties of starch edible films and their effect on *Saccharomyces cerevisiae* activity. *Food and Bioprocess Technology*, 6(11): 3124-3133.
- Ollé Resa, C.P.; Gerschenson, L.N.; Jagus, R.J. (2016) Starch edible filme supporting natamycin and nisin for improving microbiological stability of refrigerated Argentinian Port Salut cheese. *Food control.*, 59: 737-742.
- Olson, J. A. & Krinsky, N. I. (1995) Introduction: the colorful fascinating world of the carotenoids: important physiologic modulators. *FASEB J.*, 9(15): 1547-1550.
- Oz, A.T. & Kafkas, E. (2017) Phytochemicals in fruits and vegetables. In: Waisundara, V. (Editor); Shiomi, N. (Co-editor). *Superfood and functional food: an overview of their processing and utilization*, Cap 8. Intechopen: p. 175-184.
- Paiva, P.H.C. & Costa Júnior, L.C.G. (2012) Tratamento da casca de queijo canastra com resina e seus efeitos durante a maturação e na qualidade como forma de melhorar o aspecto e agregar valor ao produto. *Rev. Inst. Latic. "Cândido Tostes"*, Jul/Ago, 67(387): 87-88.
- Panfili, G.; Manzi, P.; Pizzoferrato, L. (1994) High-performance liquid chromatography method for the simultaneous determination of tocopherols, carotenes, and retinol and its geometric isomers in Italian cheese. *Analyst*, 119: 1161-1165.

- Pastorino, A.J.; Hansen, C.L; McMahon, D.J. (2003) Effect of salt on structure-function relationships of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86, 60-69.
- Patra, A.K. (2012) *Dietary phytochemicals and microbes*. London: Springer. 400p.
- Pegg, R.B. (2001) Measurement of primary lipid oxidation products. *In: Current protocols in food analytical chemistry – D2.1.1-D2.1.15*. John Wiley.
- Pena-Serna, C.; Penna, A.L.B.; Lopes Filho, J.F. (2016) Zein-based blend coatings: impact on the quality of the a model cheese of short ripenin period. *Journal of Food Engineering*, 171: 208-213.
- Perdigão, T. L. (2012) *Avaliação morfofisiológica, fitoquímica e mutagênica de Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg exposta a diferentes concentrações de alumínio*. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Vitória – ES, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 82p.
- Perry, K.S.P. (2004). Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos *Quim. Nova*, 27(2): 293-300.
- Póltorak, J.; Wyrwicz, M.; Moczowska, M.; Marcinkowska-Lesiak, M.; Stelmasiak, A.; Ulanicka, U.; Zalewska, M.; Wierszbicka, A.; Da-Wen Sun (2014) Correlation between instrumental texture and colour quality attributes with sensory analysis of selected cheeses as affected by fat contents. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(4): 999-1008.
- Pretti, I. R.; Luz, A. C.; Jamal, C. M.; Batitucci, M. C. P. (2018). Variation of biochemical and antioxidante activity with respect to the phenological stage of *Tithonia diversifolia* Hemsl. (Asteraceae) populations. *Industrial Crops & Products*, 121, 241–249.
- Queiroz, J.M.G.; Suzuki, M.C.M.; Motta, A.P.R.; Nogueira, J.M.R.; Carvalho, E.M. (2015) Aspectos populares e científicos do uso de espécies de *Eugenia* como fitoterápico. *Revista Fitos*, 9(2): 73-159.
- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- R Development Core Team. (2020) R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Ramos, Ó.L.; Pereira, J.O.; Silva, S.I.; Fernandes, J.C.; Franco, M.I.; Lopes-Da-Silva, J.O. (2012) Evaluation of antimicrobial edible coatings from a whey protein isolate base to improve the shelf life of cheese. *Journal of Dairy Science*, 95(11): 6282-6292.
- Realini, C.E.; Marcos, B. (2014) Active and intelligent packaging systems for a modern society. *Meat Sci.*, 98(3): 404-419.

- Reynertson, K.A., Yang, H., Jiang, B., Basile, M.J., Kennelly, E.J. (2008) Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. *Food Chemistry*, 109 (4):883-890.
- Robertson, G.L. (2012) Edible, biobased and biodegradable food packaging materials. In: Robertson, G.L. (Ed.). *Food packaging: principles and practice*. 3<sup>rd</sup>.ed. Boca Raton: CRC press, p. 49–90.
- Rogez, H.; Buxant, R.; Mignolet, E.; Souza, J.N.S.; Silva, E.M.; Larondelle, Y. (2004) Chemical composition of the pulp of three typical Amazonian fruits: araçá-boi (*Eugenia stipitata*), bacuri (*Platonia insignis*) and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). *European Food Research Technology*, 218: 380-384.
- Rojas-Graü, M.A.; Soliva-Fortuny, R.; Martín-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci. Tech.*, 20(10): 438-447.
- Rosenthal, A. J. (2001). Relación entre medidas instrumentales y sensoriales de la textura de alimentos. In: Rosenthal, A. J. *Textura de los alimentos: medida y percepción*. (pp. 1-17). Acribia.
- Rufino, M. S. M.; Alves, R. E.; Brito, E. D.; Pèrez-Giménez, J.; Saura-Calixto, F.; Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121: 996-1002.
- Sacramento, C.K.; Barreto, W.S.; Faria, J.C. (2008) Araçá-boi: uma alternativa para agroindústria. *Bahia Agrícola*, 8(2): 22-24.
- Sandoval, E.R. & Garzón, P.B. (2009) Evaluating the cooking process for obtaining hard candy from arazá (*Eugenia stipitata*) pulp. *Revista Ingeniería e Investigación*, 29(2): 35-41.
- Sandoval-Copado, J.; Orozco-Villafuerte, J.; Pedrero-Fuehrer, D.; Colín-Cruz, M.A. (2016) Sensory profile development of Oaxaca cheese and relationship with physicochemical parameters. *J. Dairy Sci.*, 99:7075–7084.
- Santos, B.M.M.; Pizato, S.; Cortez-Vega, W.R. (2020) Natural edible films and coatings applied in food: a bibliographic review. *Research, Society and Development*, 9(9), e578997613.
- Santos, V.; Ramos, J.D.; Tostes, N.V.; Silva, F.O.R.; Almeida, L.G.F. (2017) Caracterização física e química de frutos de araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh) em Lavras – MG. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 14(26): 167-180.
- Saxena, M.; Saxena, J.; Nema, R.; Singh, D.; Gupta, A. (2013) Phytochemistry of medicinal plants. *J. Pharmacogn. Phytochem*, 1(6): 168-182.
- Sihufe, G.A.; Zorrilla, S.E.; Perotti, M.C.; Wolf, I.V.; Zalazar, C.A.; Sabbag, N.G.; Silvia, Costa, C.; Rubiolo, A.C. (2010) Acceleration of cheese ripening at

elevated temperature; an estimation of the optimal ripening time of a traditional Argentinean hard cheese. *Food Chem*, 119:101-107.

Silva, D. F. P.; Siqueira, D. L.; Rocha, A.; Salomão, L. C. C.; Matias, R. G. P.; Struiving, T. B. (2012). Diversidade genética entre cultivares de mangueiras, baseada em caracteres de qualidade dos frutos. *Revista Ceres*, 59(2), p.225-232.

Silva, E.M.; Souza, J.N.S.; Rogez, H.; Rees, J.F.; Larondelle, Y. (2013) Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. *Food Chemistry*, Columbus, 101(3): 70-76.

Silva, N.; Junqueira, V.C.A.; Silveira, N.F.A.; Taniwaki, M.H.; Gomes, R.A.R.; Okazaki, M.M. (2017) *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água*. 5.ed. Blücher. 536p.

Souza, P.H.M.; Pinheiro, A.P.B.; Viganô, M.; Fontes, P.S.F. (2012) Estudo da dissimilaridade genética de acessos de araçazeiros boi com base em características quantitativas e qualitativas de frutos. *Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do IFES*, 7. Serra: Instituto Federal do Espírito Santo.

Sucheta, C.K.; Sharma, N., Yadav, S.K. (2019) Composite edible coatings from commercial pectin, corn flour and beetroot powder minimize post-harvest decay, reduces ripening and improve sensory liking of tomatoes. *Int. J. Bio. Macromol.*, 133: 284-293.

Suput, D.Z.; Lazic, V.L.; Popovic, S.Z.; Hromis, N.M. (2015) Edible films and coatings: sources, properties and applications. *Food and Feed Research*, 42 (1): 11-22.

Trihn, K. T. & Glasgow, S. (2012). On the texture profile analysis test. (pp. 1-13). Institute of Food Nutrition and Human Health.

TTC – Texture Technologies Corp. (2020) TPA measurements. *In: Overview of Texture Profile Analysis*. Hamilton.

Ulusoy, B.H.; Yildirim, F.K.; Hecer, C. (2018) Edible films and coatings: a good idea from past to future. *Journal of Food Technology Research*, 5(1): 28-33.

Ünalán, I.U.ç; Arcan, I.; Korel, F.; Yemenicioglu, A. (2013) Application of active zein based films with controlled release properties to control *Listeria monocytogenes* growth and lipid oxidation inf fresh Kashar cheese. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 20: 208-214.

Valdés, A.; Burgos, N.; Jiménez, A.; Garrigós, M.C. (2015) Natural pectin polysaccharides as edible coatings. *Coatings*, 5: 865-886. doi:10.3390/coatings5040865.

- Van Den Berg, H.; Faulks, R.; Granado, H.F.; Hirschberg, J.; Olmedilla, B.; Sadmann, G.; Southon, S.; Stahl, W. (2000) The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 80, p. 880-912, 2000.
- Vasco, C.; Ruales, J.; Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111, 816-823.
- Vegas, C.; Zavaleta, A.I.; Canales, P. Esteve-Zarzoso, B.E. (2020) Yeasts associated with various amazonian native fruits. *Polish Journal of Microbiology*, 69 (3), 251-261.
- Vargas, A.M.; Camelo, A.P.R.; Cuenca, C.E.N. (2005) Capacidad antioxidante durante la maduración de arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Rev. Colombiana de Química*, 34: 57-65.
- Viana, E.S.; Jesus, J.L.; Fonseca, M.D.; Silveira, S.M.; Reis, R.C.; Sacramento, C.K. (2012) Caracterização físico-química e sensorial de geleia de mamão com araçá-boi. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal-SP, 34(4): 1154-1164.
- Viana, E.S.; Jesus, J.L.; Sacramento, C.K. (2011) *Geleia de banana com araçá-boi*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2p. (Folder).
- Virgolin, L. B.; Seixas, F. R. F.; Janzantti, N. S. (2017). Composition, content of bioactive compounds, and antioxidant activity of fruit pulps from the Brazilian Amazon biome. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(10), 933-941.
- Wei, F.; Ye., F.; Li, S.; Wang, L.; Li, J.; Zhao, G. (2017) Layer-by-layer coating of chitosan/pectin effectively improves the hydration capacity, water suspendability and tofu gel compatibility of okara poder. *Food Hydrocolloids*, 77: 465-473.
- Wihodo, M. & Moraru, C.I. (2013) Physical and chemical methods used to enhance the structure and mechanical properties of protein films: A review. *Journal of Food Engineering*, 114(3): 292-302.
- Yangilar, F.; Yildiz, P.O. (2016) Casein/natamycin edible films efficiency for controlling mould growth and on microbiological, chemical and sensory properties during the ripening of Kashar cheese. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, January, 96(7): 2328-2336.
- Yemenicioglu, A. (2016) Zein and its composites and blends with natural active compounds: development of antimicrobial films for food packaging. In: Barros-Velazquez, J. (Ed.). *Antimicrobial Food Packaging*. Oxford: Elsevier Academic Press, 2016, p. 491-502.
- Yemenicioglu, A. (2018) Basic strategies and testing methods to develop effective edible antimicrobial and antioxidant coating. In: Tiwari, A. *Handbook of antimicrobial coatings*. Elsevier. p. 63-88. DOI: 10.1016/b978-0-12-811982-2.00004-4.

- Young, A. J. & Lowe, G. M. (2001) Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 385(1), p. 20-27.
- Zeinab, A.M.; Abbas, A.A.; Amr, A.A.; Youssef, S.Y.A. (2017) Incidence of mycobiota in some dairy products and its public health hazards. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 53(1): 203-210. DOI: 10.5455/ajvs.220588.
- Zhong, Y.; Cavender, G.; Zhao, Y. (2014) Investigation of different coating application methods on the performance of edible coatings on Mozzarella cheese. *Food Science and Technology*, 56: 1-8.
- Zielinski, A. A. F.; Ávila, S.; Ito, V.; Nogueira, A.; Wosiacki, G.; Haminiuk, C. W. I. (2014). The association between chromaticity, phenolics, carotenoids, and in vitro antioxidant activity of frozen fruit pulp in Brazil: an application of chemometrics. *Journal of Food Science*, 79(4): C510-6.
- Zink, J.; Wyrobnik, T.; Prinz, T.; Schmid, M. (2016) Physical, chemical and biochemical modifications of protein-based films and coatings: An extensive review. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(9): 1376.
- Zisu, B. & Shah, N.P. (2005) Textural and functional changes in low fat Mozzarella cheeses in relation to proteolysis and microstructure as influenced by the use of fat replacers, pre-acidification and EPS starter. *International Dairy Journal*, 15: 957-972.