



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CULTURA E ARTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GASTRONOMIA

CÁSSIA SANTOS DO AMARAL

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ESTRUTURADO À BASE DE TUCUPI E
SUAS APLICAÇÕES GASTRONÔMICAS**

FORTALEZA

2024

CÁSSIA SANTOS DO AMARAL

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ESTRUTURADO À BASE DE TUCUPI E SUAS
APLICAÇÕES GASTRONÔMICAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Gastronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Gastronomia. Área de concentração: Gastronomia, Inovação e Sustentabilidade.

Orientadora: Profa. Dra. Fátima Miranda Nunes.

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A513d Amaran, Cássia Santos do.
 Desenvolvimento de produto estruturado à base de tucupi e suas aplicações gastronômicas / Cássia Santos do Amaral. – 2024.
 76 f. : il. color.

 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Cultura e Arte, Programa de Pós-Graduação em Gastronomia, Fortaleza, 2024.

 Orientação: Profa. Dra. Fátima Miranda Nunes.

 Coorientação: Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa.

 1. Culinária amazônica. 2. Gastronomia molecular. 3. Hidrocolóides. 4. Fermentação. 5. Carragenas. I.
 Título.

CDD 641.013

CÁSSIA SANTOS DO AMARAL

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ESTRUTURADO À BASE DE TUCUPI E SUAS
APLICAÇÕES GASTRONÔMICAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gastronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Gastronomia. Área de concentração: Gastronomia, Inovação e Sustentabilidade.

Aprovada em: 27/02/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dr.^a. Fátima Miranda Nunes (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a. Dr.^a. Adriana Camurça Pontes Siqueira
Universidade Federal do Ceará

Prof.^a. Dr.^a. Maria de Fátima Lopes Fernandes
Universidade Federal do Ceará

À minha avó materna, Madalena (*in memoriam*) e à minha mãe, Hilma,
minhas primeiras professoras de gastronomia.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará (UFC), através do Instituto de Cultura e Arte (ICA), especialmente ao Programa de Pós Graduação em Gastronomia, seus docentes, técnicos e demais servidores pelas oportunidades, ensinamentos e suporte recebidos.

Agradeço ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À minha orientadora, profa. Dra. Fátima Miranda Nunes, pela dedicação, paciência, compreensão e humanidade no decorrer desses dois anos. Obrigada por abraçar a gastronomia junto à química e fazer da minha experiência no mestrado tão leve e enriquecedora.

Ao meu coorientador, prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa, por estar sempre por perto, pela calma e paciência de sempre. Saiba que o senhor sempre fará parte das minhas conquistas profissionais e eu jamais esquecerei todo o apoio nessa jornada de mais de seis anos de gastronomia na UFC.

À banca examinadora, profa. Dra. Maria de Fátima Lopes Fernandes e profa. Dra. Adriana Camurça Pontes Siqueira, pela disponibilidade em avaliar e contribuir valorosamente com o meu trabalho.

Aos colegas da primeira turma do mestrado em gastronomia do Brasil, o meu muito obrigada pelo companheirismo nesse tempo. Apesar dos medos e incertezas, nós fizemos história. Um grande salve para os pesquisadores em gastronomia!

Aos técnicos e servidores do Laboratório de Frutos e Hortaliças do Departamento de Engenharia de Alimentos da UFC, pelo grande auxílio em todas as análises ali realizadas. Gostaria de agradecer também à doutoranda Lorena Freire pela gentileza e grande ajuda em momentos cruciais da minha pesquisa.

À Yana e à Gabi, pela calorosa acolhida no Departamento de Química da UFC.

Ao Laboratório de Asfalto do Departamento de Engenharia Civil da UFC, em nome de Wesley e John, por viabilizar a análise reológica.

Ao meu melhor amigo, Lucas Braga, por me fazer sorrir ainda que os motivos estivessem escassos. Por me fazer sentir em um espaço seguro na sua presença, por me entender categoricamente e por compartilhar comigo todo esse turbilhão de sentimentos que vivemos em anos de amizade e de profissão. O meu caminho no mestrado foi muito mais feliz porque estávamos juntos.

Ao meu também melhor amigo, Jarbas Lima, pela parceria desde a graduação, por ser tão solícito e generoso nas suas ações. Obrigada pelo auxílio em parte da escrita da

dissertação e mais ainda por sempre torcer por mim. O seu coração é precioso, espero que a sua vida seja linda e colorida.

À Ana, minha psicóloga, por me acolher da melhor forma possível, sempre, em todos os nossos encontros. Foram muitas batalhas internas e, olhando para trás, fico feliz que nesses momentos você estava lá para me fazer enxergar beleza nos pequenos detalhes da vida e acreditar no meu potencial. Leitores, façam terapia.

Aos meus pais, Hilma e Nonato, pela educação e ensinamentos recebidos no decorrer da minha vida. Seus exemplos de humildade e honestidade sempre me guiaram pelo melhor caminho.

À minha irmã, Camila, pelo grande amparo emocional, financeiro e sobretudo pelo forte elo de amor e amizade que temos. Você tem uma força gigantesca na minha conquista. Muito obrigada!

À minha irmã Karla, que mesmo distante se faz presente diariamente na minha vida, cuidando e torcendo por mim. Obrigada por tanto amor e por sempre se certificar de que eu estou bem.

Aos meus sobrinhos, Helena, Davi e Olívia por serem luzes na minha vida e por alegrarem a minha alma. Basta ouvir as vozes de vocês que meu coração se enche de alegria. Sem dúvidas a minha melhor versão é quando assumo o posto de “Tia k”.

Aos meus cunhados, Arthur e Bruno, pelo respeito e parceria. Contem sempre comigo.

Por fim, agradeço ao meu companheiro no amor e na vida, Anderson, pelo cuidado, sensibilidade e por me fazer infinitamente feliz. Obrigada por ser meu porto seguro em meio aos momentos difíceis e por sempre me compreender tão bem. Seu apoio e incentivo movem meu mundo em direção ao sucesso e torço para que venham mais conquistas minhas, suas e nossas.

“Eu sou aquela mulher a quem o tempo muito ensinou. Ensinou a amar a vida. Não desistir da luta. Recomeçar na derrota. Renunciar a palavras e pensamentos negativos. Acreditar nos valores humanos. Ser otimista.”
(Cora Coralina).

RESUMO

O tucupi, ingrediente fortemente presente na cultura alimentar paraense, tem sido objeto de amplos estudos abrangendo aspectos antropológicos, culturais e físico-químicos. Na gastronomia, seu uso diversificado, principalmente em molhos e caldos, destaca-se em pratos típicos da região Norte do Brasil. Este trabalho tem como objetivo elaborar e caracterizar um produto estruturado à base de tucupi utilizando hidrocolóides, visando inovação e desenvolvimento, bem como possibilitar melhorias no transporte e desse alimento e ampliar as perspectivas de estudo do tucupi. Também objetivou elaborar três preparações culinárias e suas fichas técnicas utilizando os produtos estruturados de tucupi desenvolvidos: risoto de camarão, coxa de frango com legumes assados e queijo grelhado com melão de cana. O tucupi comercial foi liofilizado para obtenção dos estruturados e ressuspensão em água destilada na proporção de 0,1 g/mL. Os hidrocolóides adicionados foram k-carragenina, i-carragenina e konjac, todos na concentração de 1%. Após testes preliminares, foram alcançadas quatro formulações diferentes: Kappa 50% - Iota 50%, Kappa 75% - Iota 25%, Kappa 50% - Konjac 50% e Kappa 75% - Iota 25%. O tucupi comercial, tucupi ressuspensão e estruturados de tucupi foram submetidos a análises físico-químicas, avaliação dos parâmetros de cor, capacidade antioxidante e quantificação de compostos fenólicos. Os estruturados também foram submetidos a estudo reológico e avaliação sensorial por meio de grupo focal. As combinações de hidrocolóides utilizadas neste estudo não influenciaram as características físico-químicas, cor, capacidade antioxidante e compostos fenólicos. As análises de amostras de tucupi comercial e ressuspensão apresentaram valores dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente, com variações que podem ser atribuídas à falta de padronização, ao tempo de fermentação indeterminado da manipueira e à grande variedade de mandioca utilizada na obtenção do tucupi. O valor obtido através da análise de pH para a amostra de tucupi comercial foi 4,32 ($\pm 0,01$) e, para o tucupi ressuspensão, 4,60 ($\pm 0,01$). O pH dos produtos estruturados variou entre 4,16 ($\pm 0,01$) e 4,21 ($\pm 0,01$). Para acidez (g de ácido láctico/100 mL), o valor para a amostra de tucupi comercial foi de 0,21 ($\pm 0,01$) e, para o tucupi ressuspensão, 0,13 ($\pm 0,01$). A acidez dos produtos estruturados variou entre 0,19 ($\pm 0,01$) e 0,22 ($\pm 0,01$). A análise de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) do tucupi comercial apresentou 6,83 ($\pm 0,06$), enquanto o valor ressuspensão foi de 9,20 ($\pm 0,00$). Os valores obtidos na análise de atividade de água (Aa) foram 0,98 ($\pm 0,01$) para o tucupi comercial e 0,97 ($\pm 0,01$) para o tucupi ressuspensão. Todas as formulações de produtos estruturados apresentaram o mesmo valor de Aa (0,97 $\pm 0,01$). Na avaliação da cor, a amostra comercial de tucupi apresentou valor de 46,893 ($\pm 0,74$) para L*, 3,013 ($\pm 0,07$) para a*, 24,683 ($\pm 0,74$) para

b*, 24,870A ($\pm 0,74$) para C* e 83,043 ($\pm 0,06$) para h*. A amostra de tucupi ressuspensa apresentou valor de 45,047 ($\pm 0,08$) para L*, 5,480 ($\pm 0,02$) para a*, 34,077 ($\pm 0,04$) para b*, 34,510B ($\pm 0,03$) para C* e 80,863A ($\pm 0,04$) para h*. Para os estruturados, os valores da análise de cor variaram entre 42,05 ($\pm 0,44$) e 42,743 ($\pm 0,16$) para L*, 6,030 ($\pm 0,12$) e 6,293 ($\pm 0,31$) para a*, 28,943 ($\pm 1,24$) e 30,947 ($\pm 0,19$) para b*, 29,593 ($\pm 1,27$) e 31,580 ($\pm 0,24$) para C* e 77,870 ($\pm 0,12$) e 78,870a ($\pm 0,81$) para h*. A análise dos compostos fenólicos no tucupi comercial resultou em valor de 60,50 ($\pm 2,09$) GAE/100 mg, sendo a capacidade antioxidante ABTS^{•+} 3,80 ($\pm 0,23$) μ M Trolox/g de polpa. Os compostos fenólicos do tucupi ressuspensa resultaram em valor de 95,50 ($\pm 5,04$) GAE/100 mg e capacidade antioxidante ABTS^{•+} 3,19 ($\pm 0,20$) μ M Trolox/g de polpa. Os compostos fenólicos dos estruturados variaram entre 91,14 ($\pm 2,14$) e 96,54 ($\pm 3,14$) GAE/100 mg, e a capacidade antioxidante ABTS^{•+}, entre 2,30 ($\pm 0,02$) e 3,09 ($\pm 0,15$) μ M Trolox/g polpa). A varredura de temperatura foi realizada na análise reológica das estruturas, e não foram observadas transições durante a fase de temperatura investigada (90 a 20 °C). Na avaliação sensorial foram preferidas as duas formulações de k-carragenina e i-carragenina. Foi desenvolvido um produto estruturado à base de tucupi e suas aplicações gastronômicas foram realizadas com êxito.

Palavras-chave: culinária amazônica; gastronomia molecular; hidrocolóides; fermentação; carragenas.

ABSTRACT

Tucupi, an ingredient strongly present in the food culture of Pará, has been the subject of comprehensive studies covering anthropological, cultural, and physical-chemical aspects. In gastronomy, its diverse use, especially in sauces and broths, stands out in typical dishes from the northern region of Brazil. This work aims at innovation and development, focusing on elaborating and characterizing a structured product based on tucupi using hydrocolloids. The objective is to enable improvements in the transport and use of this food and expand the study perspectives of tucupi. Commercial tucupi was freeze-dried to obtain the structured ones and resuspended in distilled water at a proportion of 0.1 g/mL. The hydrocolloids added were k-carrageenan, i-carrageenan, and konjac, all at a concentration of 1%. After preliminary tests, four different formulations were reached: Kappa 50% - Iota 50%, Kappa 75% - Iota 25%, Kappa 50% - Konjac 50% and Kappa 75% - Iota 25%. Physicochemical analyses, color parameters, antioxidant capacity, phenolic compounds, rheological study, and sensory evaluation were carried out through a focus group. The combinations of hydrocolloids used in this study did not influence the physicochemical characteristics, color, antioxidant capacity, and phenolic compounds. Samples of commercial and resuspended tucupi presented values within the standards established by current legislation, with variations that can be attributed to the lack of standardization, indeterminate manipueira fermentation time, and the great variety of cassava used to obtain tucupi. The value obtained through pH analysis for the commercial tucupi sample was 4.32 (± 0.01) and, for resuspended tucupi, 4.60 (± 0.01). The pH of the structured products varied between 4.16 (± 0.01) and 4.21 (± 0.01). For acidity (g of lactic acid/100 mL), the value for the commercial tucupi sample was 0.21 (± 0.01) and, for resuspended tucupi, 0.13 (± 0.01). The acidity of structured products varied between 0.19 (± 0.01) and 0.22 (± 0.01). The analysis of soluble solids ($^{\circ}$ Brix) of commercial tucupi showed 6.83 (± 0.06), while the resuspended value was 9.20 (± 0.00). The values obtained in the water activity analysis (Aa) were 0.98 (± 0.01) for commercial tucupi and 0.97 (± 0.01) for resuspended tucupi. All structured product formulations had the same Aa value (0.97 ± 0.01). In the color evaluation, the commercial tucupi sample presented a value of 46.893 (± 0.74) for L*, 3.013 (± 0.07) for a*, 24.683 (± 0.74) for b*, 24.870A (± 0.74) for C* and 83.043 (± 0.06) for h*. The resuspended tucupi sample presented a value of 45.047 (± 0.08) for L*, 5.480 (± 0.02) for a*, 34.077 (± 0.04) for b*, 34.510B (± 0.03) for C* and 80.863A (± 0.04) for h*. For structured ones, color analysis values varied between 42.05 (± 0.44) and 42.743 (± 0.16) for L*, 6.030 (± 0.12) and 6.293 (± 0.31) for a*, 28.943 (± 1.24) and 30.947 (± 0.19) for b*, 29.593 (± 1.27) and 31.580 (± 0.24) for

C* and 77.870 (± 0.12) and 78.870a (± 0.81) for h*. The analysis of phenolic compounds in commercial tucupi resulted in a value of 60.50 (± 2.09) GAE/100 mg, the antioxidant capacity ABTS^{•+} 3.80 (± 0.23) μ M Trolox/g of pulp. The phenolic compounds of resuspended tucupi resulted in a value of 95.50 (± 5.04) GAE/100 mg and the antioxidant capacity ABTS^{•+} 3.19 (± 0.20) μ M Trolox/g of pulp. The phenolic compounds of the structured ones varied between 91.14 (± 2.14) and 96.54 (± 3.14) GAE/100 mg, and the ABTS^{•+} antioxidant capacity, between 2.30 (± 0.02) and 3.09 (± 0.15) μ M Trolox/g pulp). The temperature scan was carried out in the rheology analysis of the structures, and no transitions were observed during the investigated temperature phase (90 to 20 °C). Quantifying phenolic compounds and antioxidant capacity in tucupi and its compounds is very important, as results are scarce in the literature. In the sensory evaluation, the two formulations of k-carrageenan and i-carrageenan were preferred. Three culinary preparations using structured products were developed using the structured product: shrimp risotto, chicken thighs with roasted vegetables, and grilled cheese with sugarcane molasses. The feasibility of developing a structured product based on tucupi and its gastronomic applications was verified.

Keywords: amazonian gastronomy; molecular gastronomy; hydrocolloids.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Variedades de mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) e suas diferentes colorações de polpa	23
Figura 2 -	Estruturas dos cianoglicosídeos – a) Linamarina; b) Lotaustralina	23
Figura 3 -	Formação do íon cianeto e do ácido cianídrico a partir da ação enzimática..	24
Figura 4 -	Esquema simplificado dos principais coprodutos da mandioca utilizados na Amazônia	25
Figura 5 -	Fluxograma do processamento das raízes de mandioca para a produção do tucupi	29
Figura 6 -	Estruturas moleculares das carragenas kappa, iota e lambda	31
Figura 7 -	Processo de gelificação das carrageninas	32
Figura 8 -	Estrutura química do Konjac	33
Figura 9 -	Embalagens de tucupi adquiridas para a realização da pesquisa	35
Figura 10 -	Fluxograma da preparação dos estruturados de tucupi	37
Figura 11 -	Base de preparo do estruturado de tucupi disposto na placa do reômetro para varredura da temperatura de gelificação do produto	41
Figura 12 -	Imagem das formulações de estruturado de tucupi	45
Figura 13 -	Varrimento de temperatura de tucupi comercial e estruturados de tucupi à base de kappa, iota e goma konjac em função de G' e G''	55
Figura 14 -	Varrimento de temperatura de tucupi comercial e estruturados de tucupi à base de kappa, iota e goma konjac em função de G' e G''	56
Figura 15 -	Risoto de camarão saborizado com produto estruturado à base de tucupi.....	64

Figura 16 - Ficha técnica do preparo do risoto de camarão saborizado com produto estruturado à base de tucupi.....	64
Figura 17 - Corte entre pele e carne da sobrecoxa de frango para inserir o estruturado de tucupi.....	66
Figura 18 - Sobrecoxa, redução de cajuína com tucupi estruturado e vegetais tostados..	66
Figura 19 - Ficha técnica do preparo da sobrecoxa, redução de cajuína com tucupi estruturado e vegetais tostados.....	67
Figura 20 - Queijo coalho grelhado, melado de cana e estruturado de tucupi.....	68
Figura 21 - Ficha técnica do queijo coalho grelhado, melado de cana e estruturado de tucupi.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Formulações dos hidrocolóides na preparação dos estruturados.....	36
Tabela 2 -	Caracterização físico-química do tucupi comercial, do tucupi concentrado e adicionado de hidrocolóides (<i>blends</i> de kappa, iota e konjac)	45
Tabela 3 -	Resultados das coordenadas da cor realizadas no tucupi comercial, do tucupi concentrado e adicionado de hidrocolóides (<i>blends</i> de kappa, iota e konjac)	50
Tabela 4 -	Média dos teores de polifenóis totais e da capacidade antioxidante do tucupi comercial, do tucupi concentrado e adicionado de hidrocolóides (<i>blends</i> de kappa, iota e konjac)	53
Tabela 5 -	Principais termos levantados pelos avaliadores durante o grupo focal...	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Aa	Atividade de água
ABTS	2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid
ADEPARÁ	Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
GAE	Galic acid equivalent
HCN	Ácido cianídrico
ICA	Instituto de cultura e arte
KGM	Glucomanano konjac
mg	Miligramas
mL	Mililitros
PET	Polifenóis extraíveis totais
pH	Potencial hidrogeniônico
SS	Sólidos solúveis
UFC	Universidade Federal do Ceará
°Brix	Grau brix
UFC	Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	Geral	17
2.2	Específicos	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	Mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	18
3.2	Tucupi	21
3.2.1	<i>Etapas de produção do tucupi</i>	23
3.2.2	<i>Tucupi e tradição alimentar paraense</i>	25
3.3	Hidrocolóides	26
3.3.1	<i>Carrageninas</i>	27
3.3.2	<i>Konjac</i>	28
4	METODOLOGIA	31
4.1	Tucupi	31
4.2	Hidrocolóides	31
4.3	Liofilização	32
4.4	Ressuspensão do tucupi liofilizado	32
4.5	Preparação do tucupi estruturado	32
4.6	Caracterização físico-química do tucupi comercial do tucupi adicionado de hidrocolóides (<i>blend</i> de kappa, iota e konjac)	33
4.6.1	<i>pH</i>	34

4.6.2	<i>Atividade de água (Aa)</i>	34
4.6.3	<i>Sólidos solúveis (SS)</i>	34
4.6.4	<i>Acidez total titulável</i>	34
4.7	Cor	35
4.8	Avaliação físico-química do estruturado de tucupi	35
4.9	Capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+}	36
4.10	Determinação de polifenóis extraíveis totais (PET)	36
4.11	Reologia do estruturado de tucupi	37
4.12	Análise sensorial	38
4.13	Desenvolvimento de preparações culinárias e elaboração de fichas técnicas	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1	Preparação do tucupi estruturado	40
5.2	Caracterização físico-química do tucupi comercial e do tucupi concentrado	41
5.3	Cor	44
5.4	Compostos fenólicos e capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+}	47
5.5	Reologia do estruturado de tucupi - varrimento de temperatura	50
5.6	Análise sensorial	51
5.6.1	Grupo 1	52
5.6.1.1	<i>Grupo 1: avaliação das formulações de estruturados à base de tucupi</i>	54
5.6.2	Grupo 2	56
5.6.2.1	<i>Grupo 2: avaliação das formulações de estruturados à base de tucupi</i>	56

5.7	Desenvolvimento de preparações culinárias e elaboração de fichas técnicas	58
5.7.1	Risoto de camarão	59
5.7.2	Sobrecoxa, redução de cajuína e tucupi e vegetais tostados	60
5.7.3	Queijo coalho grelhado, melado de cana e tucupi	62
6	CONCLUSÃO	64
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

A gastronomia paraense destaca-se entre as diversas tradições culinárias do Brasil, caracterizando-se como uma das mais diferenciadas devido à sua influência direta das culturas indígena, portuguesa e africana, além de sua rica sociobiodiversidade, resultante de sua localização na vasta Região Amazônica (Freixas e Chaves, 2008). A diversidade de insumos disponíveis na região oferece a oportunidade de explorar a criação de novos produtos culinários, promovendo estudos relacionados à soberania alimentar e às características físico-químicas e nutricionais.

Para abordar a gastronomia paraense de maneira abrangente, é essencial compreender os processos que a envolvem, destacando sua natureza fundamentalmente cultural e alimentar. De acordo com Santos e Pascoal (2013, p. 73) essa gastronomia representa “um sistema simbólico, formado pelo conjunto de diversas influências [...] nas quais cada sociedade estabelece um conjunto de práticas alimentares consolidadas ao longo do tempo”. Tal afirmação sugere que os paraenses, assim como outros grupos regionais do Brasil, manifestam sua identidade por meio de seus modos alimentares.

É necessário também considerar a íntima ligação entre as práticas alimentares do estado e sua localização, visto que a Amazônia é um bioma extenso, indicando uma ligação concreta com os recursos naturais ali encontrados.

Ainda, a floresta e os rios amazônicos possuem a biodiversidade mais rica do planeta, o que de certo modo influencia diretamente na cultura alimentar de seu povo. Assim, os paraenses, enquanto amazônidas, encontram-se familiarizados com o fato de o Pará ter uma cozinha, conhecimentos, técnicas, texturas, cores, temperos e aromas da natureza. (Lisboa; Simonian, 2011, p. 341).

Dentre os diversos insumos amazônicos, destaca-se o tucupi, um coproduto da mandioca (*Manihot esculenta*) que pode ser classificada de acordo com a quantidade de compostos cianogênicos. Esses compostos são precursores do ácido cianídrico (HCN), o componente tóxico presente da raiz, levando algumas variedades de mandioca a serem conhecidas popularmente como “bravas” devido aos altos teores de ácido cianídrico (Campos, Carvalho e Mattietto, 2016; Cohen, Oliveira e Chisté, 2007). O tucupi é altamente apreciado pelos paraenses e turistas, sendo um ingrediente presente na maioria dos pratos típicos, como o tacacá, o pato no tucupi e o arroz paraense, além de ser utilizado em diversos molhos.

Compreendendo o tucupi como um ingrediente tradicional e histórico da Amazônia, este estudo utiliza hidrocolóides para a produção de estruturados de tucupi, visando facilitar o manuseio e aplicação desse insumo. Hidrocolóides são aditivos alimentares amplamente

empregados na culinária contemporânea e na indústria alimentícia, possibilitando alterações na estrutura de matérias-primas específicas, resultando em produtos mais viscosos ou gelificados, a exemplo da gelatina. É primordial esclarecer desde o início que a proposta de desenvolver um produto estruturado à base de tucupi utilizando hidrocolóides não tem como objetivo substituir o insumo em seus usos tradicionais, mas sim proporcionar condimento versátil que preserve seu sabor característico em diversas preparações culinárias.

Nesse contexto, Benemann e Menasche (2017) oferecem uma análise sobre o *chef* italiano Massimo Bottura, conhecido por sua abordagem não convencional na criação de pratos em seu restaurante. Considerando a rica tradição da culinária italiana, uma das mais antigas da Europa, Bottura explora constantemente a fronteira entre inovação e tradição. Em sua Osteria¹, o chef apresenta releituras de pratos clássicos italianos, como o fragmento da lasanha que ele considera o mais saboroso: a parte crocante na borda da travessa. A transformação de um prato simbólico, familiar e clássico desencadeou uma reação negativa em parte da população local, que viu a modificação significativa da culinária como uma transgressão. Em contrapartida, Bottura mostra um equilíbrio entre o respeito à tradição e a abertura para a criatividade e a exploração de diferentes técnicas na cozinha contemporânea. Sua abordagem sugere uma nova perspectiva para o desenvolvimento de profissionais na área da culinária e da gastronomia, destacando a importância de uma abordagem inovadora e respeitosa em relação aos ingredientes e serviços.

Este estudo assume importância ao utilizar uma matéria-prima que apresenta vasto potencial alimentício, nutricional e sensorial.

A inovação gastronômica proporciona novos produtos e serviços, propõe um novo olhar à gastronomia enquanto ciência, como aponta Rocha (p. 15, 2015):

“[...] é necessário apreender a Gastronomia como uma área de conhecimento multidisciplinar, não deixando de lado seus próprios métodos e conceitos. É nesse sentido que o conhecimento gastronômico deve dialogar com as demais ciências, mas com o compromisso do retorno para a Gastronomia do resultado dessas trocas”.

Valorizar os insumos tradicionais brasileiros é uma parte essencial da atuação dos profissionais da gastronomia. Estudar esses insumos permeia pesquisas e desenvolvimento da gastronomia e culinária brasileira, visando aprimorar técnicas de preparo, conservação e elaboração de pratos. Além disso, abre oportunidades para estudos nesse âmbito, especialmente no que se refere à inovação gastronômica a partir de uma fundamentação científica. Na

¹ Restaurantes cujo conceito é servir comida de alta qualidade que se utiliza de ingredientes do território, valorização de pequenos produtores e do vinho.

contemporaneidade, os gastrônomos necessitam transcender a concepção limitada de que a gastronomia se reduz apenas a cozinhar.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Desenvolver e caracterizar um produto estruturado à base de tucupi utilizando hidrocolóides.

2.2 Específicos

- Realizar a caracterização físico-química do tucupi comercial e ressuspenso e dos estruturados;
- Preparar e caracterizar estruturados de tucupi com a adição de hidrocolóides;
- Quantificar os compostos fenólicos e atividade antioxidante do tucupi e dos produtos estruturados elaborados;
- Avaliar a coloração do tucupi comercial, ressuspenso e dos hidrocolóides elaborados de tucupi;
- Avaliar a reologia dos produtos estruturados de tucupi;
- Realizar a análise sensorial dos estruturados de tucupi por meio de grupo focal com estudantes e/ou profissionais da gastronomia;
- Utilizar os estruturados de tucupi em aplicações culinárias e preparar suas fichas técnicas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A partir de estudos publicados que abordam os principais elementos pesquisados neste trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em torno do tucupi: seus modos de fabricação, valores nutricionais, cultura alimentar e tradição, aspectos físico-químicos e qualidades sensoriais. Os hidrocolóides também são apresentados a fim de entender suas diferenciadas origens, aplicações na indústria e/ou culinária e propriedades em geral.

3.1 Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

Alimento identitário e cotidiano, a mandioca (*Manihot esculenta*) está presente na alimentação do brasileiro há muito tempo, visto que sua disseminação no território brasileiro se deu de forma lenta, pelos povos ancestrais, desde 500 a.C. a 1000 d.C. pelos povos ancestrais e se estabeleceu com grande força na Amazônia, o que evidencia a abundante utilização dessa raiz na região (Dória, 2009). É um item fundamental nas bases da cozinha paraense, uma vez que dela se originam vários coprodutos que integram a maioria dos pratos típicos do estado.

A região Norte lidera a produção nacional de mandioca com 35,2% do total em 2022, considerando o clima favorável para esta cultura. O estado possui um expressivo número de casas de farinha, as quais ainda processam a mandioca de forma artesanal, refletindo a cadeia produtiva no consumo alimentar do paraense (Groxko, 2022). Percebe-se, então, a grande importância dessa tuberosa para a população de inúmeras formas, desde histórico-cultural até a econômica.

A mandioca brava era cultivada pelos indígenas desde os tempos da colonização do Brasil e estes aprenderam a diferenciá-la da mansa (Freixa e Chaves, 2008), o que pactua ainda com Dória (2009) sobre o homem se ajustar à natureza em função de sua alimentação, especialmente as espécies venenosas como a mandioca, utilizando de vivências por centenas de anos, até conseguir dominar suas toxinas e consumi-la com segurança.

Com o desenvolvimento de estudos sobre a mandioca, descobriu-se que existem inúmeras variedades do tubérculo e estes podem ser classificados de acordo com a quantidade de compostos cianogênicos, sendo conhecidas popularmente de “bravas” as que apresentarem teores acima de 100 mg de HCN/Kg (Campos, Carvalho e Mattietto, 2016; Cohen, Oliveira e Chisté, 2007). Diferentes variedades de mandioca, com diferentes colorações, são representadas na Figura 1.

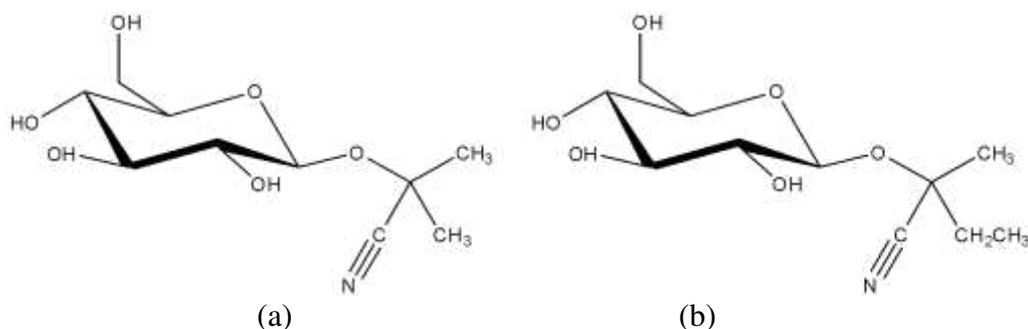
Figura 1 – Variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e suas diferentes colorações de polpa.



Foto: Sígria Regina Souza (EMBRAPA). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/2041001/mandioca/>>.

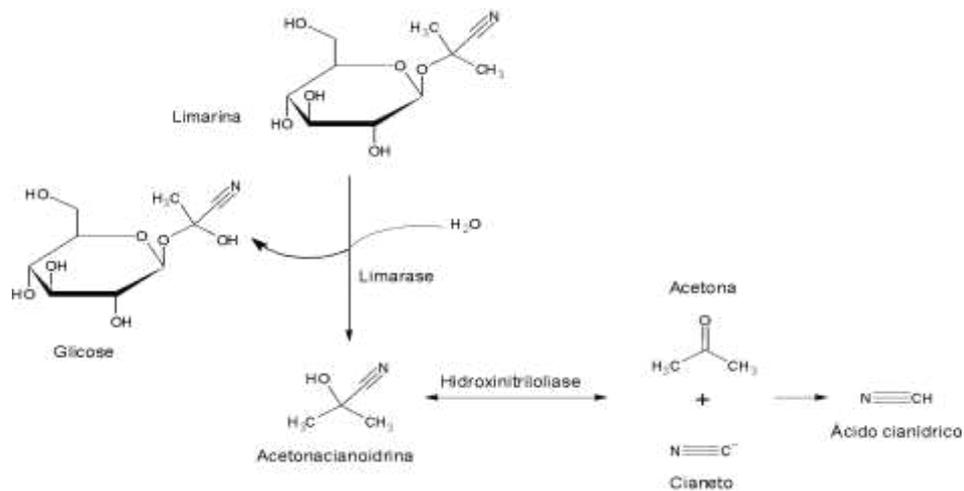
Os compostos cianogênicos presentes nas raízes são constituídos pelos glicosídeos lotaustralina e linamarina (Figura 2). Este último é encontrado em maior quantidade e, com a ação de enzimas específicas por meio de hidrólise, há a liberação do ácido cianídrico. Quando o vegetal tem seus tecidos lesionados, ou seja, quando manipulado ou mesmo ingerido na sua forma *in natura*, o glicosídeo é hidrolisado pela enzima interna linamarase (β -glicosidase), o que resulta em acetona-cianoidrina, que posteriormente será catabolizada, podendo essa etapa ser mediada pela enzima hidroxinitrilolase em um meio de pH entre 3,5 a 6,0, liberando uma acetona e um íon cianeto, posteriormente convertido em ácido cianídrico (Campos, 2016; Campos, Carvalho e Mattietto, 2016), de acordo com o mecanismo apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Estruturas dos cianoglicosídeos – a) Linamarina; b) Lotaustralina.



Fonte: Cagnon, Cereda e Pantarotto (2002).

Figura 3 - Formação do íon cianeto e do ácido cianídrico a partir da ação enzimática.



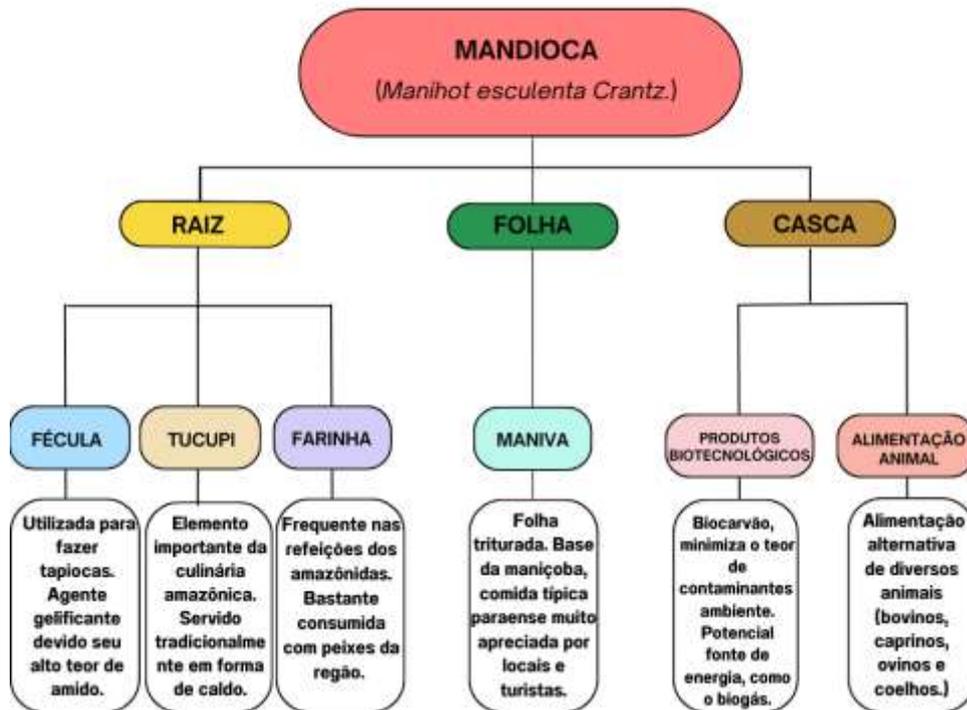
Fonte: Oliveira (2012).

Cohen, Oliveira e Chisté (2007) ainda atentam para algumas etnovariedades amazônicas da mandioca altamente tóxicas, pois foram quantificados nelas teores acima de 500 mg de HCN/Kg, fator impressionante diante do grande consumo do tubérculo no estado. Essa característica reforça a sabedoria popular de lidar com um alimento potencialmente venenoso, através de técnicas empregadas desde a fabricação de subprodutos da mandioca até a elaboração de pratos típicos locais.

Durante o processamento da mandioca e obtenção do tucupi, aproximadamente 70% da linamarina existente é eliminada por hidrólise enzimática, por se tratar de um composto bastante suscetível à volatilização e, conseqüentemente, sensível a altas temperaturas (Cohen, Oliveira e Chisté, 2007). Por se tratar de compostos de baixo peso molecular, é pertinente reforçar que a linamarina e a lotaustralina são compostos altamente voláteis.

Basicamente toda a mandioca é aproveitada a partir de seu beneficiamento. Daí são obtidos o tucupi, a fécula e a farinha, enquanto que a folha quando triturada dá origem a maniva, principal ingrediente da maniçoba. As cascas podem ser usadas na alimentação de animais (Souza et al., 2020), além do desenvolvimento de pesquisas que estudam seus potenciais biotecnológicos, como a obtenção do carvão biológico (Silva, 2023) e da capacidade em se obter biogás (Sacho et al., 2022). Pode-se verificar os coprodutos da mandioca mais utilizados na Figura 4.

Figura 4 – Principais coprodutos da mandioca.



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

3.2 Tucupi

O tucupi² é um caldo amarelado fermentado produzido a partir do sumo da mandioca depois de ralada e prensada (Santos e Pascoal, 2013). É importante saber diferenciá-lo da manipueira, que consiste no líquido recém prensado, *cru*, que não passa por fermentação ou por tratamento térmico e não recebe condimentos, por isso possui altos teores de ácido cianídrico (HCN) (Carvalho, Mattietto e Campos, 2019).

Há uma forte relação entre contos místicos amazônicos e alimentos da região e o tucupi não foge a esta regra. Alimento de origem indígena é associado a uma lenda denominada “primeira água”, que narra a história entre Yassytatassu (Estrela D’Alva) e Jacy (lua), que haviam combinado de visitar Ibiapité (centro da Terra). Assim que desceram o Ibibira (abismo), Jacy foi atacada na face pela Caninana Tybia, e logo derramou suas lágrimas de dor sobre a plantação de mandioca, surgindo assim o tucupi (tucupi) (Dias, Rodrigues e Calixto, 2019).

Facilmente encontrado em feiras livres e mercados diversos no estado do Pará, o tucupi configura-se como um dos insumos mais tradicionais relacionados à cultura alimentar paraense, estando presente na alimentação pelos amazônidas e por turistas. Tacacá, pato no

² Do tupi-guarani: *tucu-pi* = a decoada picante. Sumo da mandioca puba, apodrecida.

tucupi, arroz paraense, caldeirada de peixe e molhos de pimenta são exemplos da forte presença do insumo nos mais variados preparos culinários do estado e da Amazônia em geral (Cohen, Oliveira e Chisté, 2007; Fidalgo, 2007).

A Agência de Defesa Agropecuária do Pará, ADEPARÁ, (ADEPARÁ, 2008) institui normas de identidade e qualidade do tucupi comercializado, tais como:

- Ingredientes opcionais (temperos como alho, sal, açúcar e outros vegetais utilizados tradicionalmente);
- Limites microbiológicos (*Salmonella* spp: ausente em 25 mL, coliformes fecais: NMP < 3/mL, *Staphylococcus* coagulase negativa: < 102 UFC/mL, *Bacillus cereus*: < 102 UFC/mL);
- Aspectos organolépticos (heterogêneo com fases sólida e líquida, cor amarelo do claro ao intenso quando homogeneizado, aroma próprio e sabor levemente ácido);
- Características físico-químicas (sólidos totais g/100g: mínimo 2,5 e máximo 6,5; pH: 3,5 a 4,3; acidez total expressa em ácido láctico: g/100g: mínimo 0,1 e máximo 0,8; cinzas g/L: 3,912; açúcares g/L: máximo 15.

O estudo de Do Carmo Brito et al. (2019) relaciona a coloração amarelada das raízes da mandioca à presença de β -caroteno encontrada na manipueira e no tucupi, pois mesmo após os processos de fermentação e cocção não há mudança significativa neste composto e seus isômeros *cis*, que são responsáveis pela atividade de vitamina A no tucupi. A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011) lista o tucupi já temperado com a pimenta-de-cheiro como um alimento úmido, (91,9% de umidade), pouco calórico (27 kcal), além de apresentar pouco teor de lipídios (0,3g).

Um ingrediente que vem ganhando destaque na cozinha de grandes *chefs* é o tucupi preto, ou *tucupi-pixuma* (Maranhão, Bastos e Marchi, 2015), que equivale à redução do tucupi amarelo e apresenta uma maior viscosidade e coloração escura, razão pela qual é denominado tucupi preto. Segundo Da Silva et al. (2021), o tratamento térmico empregado na eliminação dos compostos cianogênicos possivelmente degrada os carotenóides presentes, já que se trata de compostos sensíveis à ação do calor e da luz. Sabendo que a técnica de redução demanda mais tempo do alimento sob altas temperaturas, pode-se entender que o tucupi amarelo tem sua coloração amarelada característica preservada porque não é submetido a horas de cocção.

O sabor do tucupi preto é intenso e possui um toque adocicado, podendo ser utilizado em diversas preparações e criações gastronômicas, como saladas, carnes diversas e até mesmo sobremesas. Segundo Da Silva et al. (2021), uma empresa do estado do Pará desenvolveu um molho de tucupi preto que leva em sua composição apenas água, tucupi e

sódio. Esse produto é uma nova opção para o consumidor em substituição ao molho *shoyu*, - um produto fermentado à base de soja - com a vantagem de ser mais saudável por apresentar níveis de sódio mais baixos e ser livre de transgênicos e agrotóxicos presentes na soja.

3.2.1 Etapas de produção do tucupi

É importante destacar o interesse na produção mandioca e conseqüentemente de de tucupi - seu coproduto - para além da comercialização, já que a maioria dos pratos típicos regionais, como o tacacá, utilizam esse insumo.

No estudo de Chisté e Cohen (2008) pode-se constatar que os mecanismos de fabricação das farinhas d'água e seca, assim como do tucupi, contribuem para a destoxificação do produto em relação aos níveis de cianeto. Estudos relatam que os compostos cianogênicos nos dois tipos de farinha são baixos, tendo a farinha d'água os menores valores de cianeto visto que em sua fabricação conta com a fermentação da mandioca, fator que contribui no processo de destoxificação do produto.

Outro fator que pode justificar a baixa produção do tucupi é o impacto ambiental causado, devido ao descarte direto da manipueira no solo sem nenhum tratamento, caso esse sumo não fosse submetido a uma fermentação. A presença de compostos cianogênicos na manipueira descartada contaminaria os lençóis freáticos, rios e igarapés, prejudicando a saúde de animais e pessoas (Da Silva et al., 2017).

O processo de extração do tucupi é iniciado com a lavagem e o descascamento dos tubérculos, os quais são triturados ou ralados. A seguir a massa da mandioca é prensada em um cilindro de palha trançada, denominada tipiti, obtendo-se a manipueira. Esse líquido esbranquiçado é mantido em repouso para a decantação do amido e fermentação natural que levará a formação do tucupi.

Modesto Junior e Alves (2013) descrevem a produção do tucupi como um processo artesanal, que está intimamente relacionado com a agricultura familiar, apesar de haver variações e adaptações locais. Apesar disso, Cohen, Oliveira e Chisté (2007) estabeleceram um mecanismo de produção de tucupi, para melhor entender e otimizar a fabricação do produto, possibilitando que outros trabalhos sobre o tucupi sejam escritos e publicados.

Os atritos e machucaduras causados no ato de descascar e tritar a mandioca - geralmente feitos em meio aquoso - causam o rompimento dos tecidos da raiz, permitindo a hidrólise do glicosídeo linamarina, desencadeando uma série de reações que levam a formação do ácido cianídrico (HCN). Ainda em forma de manipueira, o líquido não sofre processamento

algum que mude seu estado natural e composição química. Esse líquido obtido contém teores altos de cianeto (Modesto Junior e Alves, 2013) e após o repouso por cerca de um dia, há uma significativa redução de HCN em virtude da fermentação. Nesse processo fermentativo ocorre uma queda no pH do meio levando a inibição da enzima linamarase, o que causa a redução de liberação de íons cianeto (Campos, Carvalho e Mattietto, 2016).

A fermentação ocorre logo após a trituração e prensa da mandioca ralada, ou após o seu descascamento, na presença de água, de forma espontânea e em temperatura ambiente, o que se aproxima de 30 °C devido ao clima da região. Esse é um processo que acontece de forma descontrolada (Caetano, 2018) e pode durar de 24 a 72 horas, dependendo do local de fabricação.

Depois de fermentado, o tucupi é submetido ao processo de cocção e, com isso, mais uma etapa de destoxificação pode ser identificada visto que o cianeto tende a volatilizar com rapidez quando submetido ao calor (Campos, 2016). Nesse processo térmico é possível verificar a formação de uma espuma, a qual detém alta toxicidade que, conforme o tempo de cocção, tende a diminuir. Apenas nos últimos minutos de cozimento são adicionados os temperos, tais como alho, sal, açúcar e outros vegetais (Caetano, 2018). A Figura 5 representa o fluxograma de produção do tucupi.

Campos (2016) estabeleceu uma padronização para o processamento do tucupi que consiste na fermentação de 24h e cocção de 40 minutos, sendo observada uma queda da qualidade sensorial do produto no 56º dia de armazenamento. Este é outro ponto que merece atenção, pois não há muitos experimentos científicos sobre a vida de prateleira do tucupi. Já Campos, Carvalho e Mattietto (2016) constataram que a fermentação por 24h associada à cocção com duração de 10 minutos são suficientes para oferecer um produto que apresente a típica acidez e níveis seguros de HCN.

Figura 5 - Fluxograma do processamento das raízes de mandioca para a produção do tucupi.



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Segundo Caetano (2018), a fermentação que envolve a produção do tucupi não é muito conhecida. Entretanto, os fermentados da mandioca contêm uma grande quantidade de leveduras e bactérias envolvidas. Nesse estudo verificou-se que a espécie com mais frequência na produção de tucupi é o *Lactobacillus fermentum*, seguida da *Lactobacillus plantarum*. Sobre as leveduras, as mais presentes são as espécies *Yarrowia lipolytica*, *Candida ethanolica*, *Candida tropicalis*, *Pichia scutulata*, *Pichia exigua* e *Wickerhamomyces anomalus*. Caetano (2018) ainda sugere que a fermentação da mandioca seja predominantemente de bactérias lácticas, com a presença de *Lactobacillus*, além de outras espécies como: *Pediococcus*, *Clostridium*, *Propionibacterium* e *Bacillus* sp. e conforme a fermentação vai avançando os *Lactobacillus* permanecem em maior quantidade, incluindo *Lactobacillus plantarum*, *L. fermentum*, *L. delbrueckii* e *L. manihotvorans*.

Sabe-se, inclusive, que quanto maior o tempo de exposição de um alimento à fermentação, maior se torna sua acidez devido aos ácidos orgânicos resultantes desse processo. Tal fato ilustra uma das razões do tucupi possuir a característica sensorial de acidez no seu sabor.

3.2.2 Tucupi e tradição alimentar paraense

Todo ano, em outubro, acontece em Belém o Círio de Nossa Senhora de Nazaré e nas famílias católicas em sua maioria há a tradição de almoçar, geralmente, pato no tucupi e

maniçoba. “Não há religião sem festa, nem festa sem comida de festa. A comida da festa, por sua vez, implica em sacrifício, de várias formas” (Maués, p. 223, 2016). Fidalgo (2007) em seu trabalho sobre a autenticidade da culinária do Pará menciona a frequente expressão sobre o círio ser “o Natal dos paraenses”. Sendo assim, pode-se claramente visualizar a ligação entre celebração e comida mediante uma determinada população.

3.3 Hidrocolóides

Os hidrocolóides podem ser definidos como um conjunto de proteínas e polissacarídeos com características ligantes devido a sua capacidade de formar géis, além de se dispersarem facilmente em água (Brito, 2019). Devido a essas características os hidrocolóides são muito utilizados para conferir textura, havendo uma infinidade de aplicações dos hidrocolóides na indústria, como afirma Leal et al. 2021, p. 8):

A aplicação dessas gomas em diferentes setores industriais, tais como alimentício e farmacêutico, deve-se ao fato de que esses materiais podem apresentar diferentes propriedades físicas dependendo do meio em que se encontram. Podem conferir alta viscosidade às soluções por criarem redes intermoleculares coesivas; neste caso, a mudança na viscosidade ocorre como resultado da natureza de alta massa molar polimérica das gomas e das interações estabelecidas entre as cadeias poliméricas, quando as gomas são dissolvidas ou dispersas. Estas características estão vinculadas à natureza hidrofílica destes polímeros.

Ainda segundo Leal et al. (2021), os hidrocolóides possuem origens diferentes, tais como plantas, algas, bactérias, animais e sintéticas. Dependendo do comportamento de cada hidrocolóide, há a possibilidade de delinear quais utilizar na matéria prima desejada. No Quadro 1 estão listados os principais hidrocolóides comerciais.

Quadro 1- Principais hidrocolóides utilizados na indústria alimentícia.

Hidrocolóides	Origem	Função principal
Celulose (derivados)	Plantas (transformação química)	Espessante e gelificante
Amido	Plantas	Agente gelificante e espessante
Pectina	Plantas	Agente gelificante
Sementes de alfarroba	Sementes	Espessante
Goma konjac	Tubérculos	Espessante e gelificante
Agar	Algas vermelhas	Agente gelificante
Carragenana		
Alginato		
Goma xantana	Bactérias	Espessante
Goma gelano	Bactérias	Agente gelificante
Gelatina	Animais	Agente gelificante

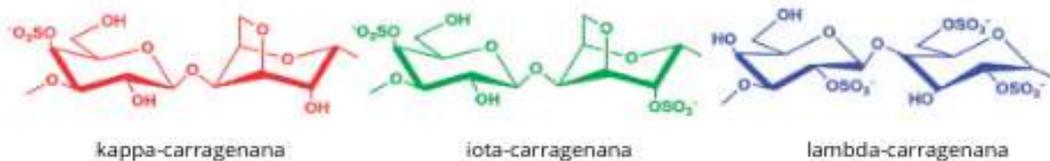
Fonte: Imeson (2000).

3.3.1 Carrageninas

As carrageninas (ou carragenas) são polissacarídeos obtidos a partir de algas marinhas vermelhas (Rhodophyceae), sendo uma das gomas mais utilizadas na indústria alimentícia. São classificadas de acordo com sua estrutura e propriedades físico-químicas em kappa (k), iota (i), lambda (l), mu (m), e nu (n), sendo a kappa e a iota as mais importantes no mercado (Santos, Bruniera e Garcia, 2018). As espécies produtoras de carragena tipo kappa são a *Kappaphycus alvarezii* e a *Hypnea musciformis*. A espécie produtora de carragena tipo iota é a *Eucheuma denticulatum* (Brito, 2019).

Lima (2020) mostra em seu trabalho grandes potencialidades biotecnológicas das algas, em medicamentos, fertilizantes e curativos. A kappa carragena, por exemplo, já foi citada com atividades antimicrobianas, neuroprotetoras e anticancerígenas. As carragenas, polissacarídeos lineares sulfatados, também possuem em comum a base molecular, que consiste em uma D-galactose e alternam as ligações glicosídicas α 1-3 e β 1-4 dos monômeros (Brito, 2019; Zhu *et al.*, 2018; Imeson, 2000) (Figura 6).

Figura 6 – Estruturas moleculares das carragenas kappa, iota e lambda.



Fonte: Zhu *et al.* (2018).

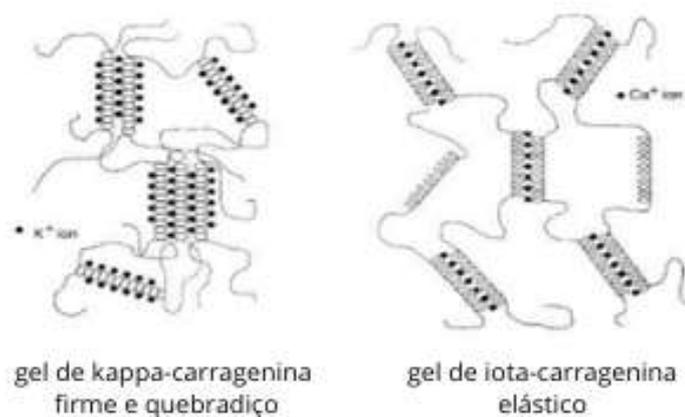
A carrageninas são polissacarídeos hidrofílicos de alto peso molecular que apresentam propriedades termorresponsivas e termorreversíveis, ou seja, capazes de produzir géis fisicamente reversíveis quando expostos a estímulos térmicos. Os tipos kappa e iota se diferenciam na quantidade e disposição do éster dos grupos sulfato na galactose de repetição, apresentando um grau maior de sulfatação em i-carragenina se comparado ao da k-carragenina (Graham, Marina e Blencowe, 2019).

Esses dois tipos de carrageninas também apresentam diferentes propriedades gelificantes. A kappa carragenina forma géis firmes na presença de íons de potássio, enquanto a iota interage fortemente com íons de cálcio, resultando em géis macios e elásticos. Todas as

carrageninas são solúveis em água quente e, ao esfriar, se ajustam para formar uma variedade de texturas de géis dependendo dos cátions e outros constituintes presentes (Imeson, 2000).

Quimicamente, as carrageninas reagem principalmente por conta dos seus grupos semi-éster sulfato, pois estes são fortemente aniônicos. O ácido livre é instável e as carrageninas comerciais estão disponíveis como sais estáveis de sódio, potássio e cálcio, dentre outros (Necas e Bartosikova, 2013). Os cátions presentes na solução definem o processo de formação de géis, que apresentam histerese térmica, ou seja, diferença de temperatura entre a formação e a fusão do gel. Os géis formados são estáveis à temperatura ambiente, porém, podem ser refundidos se aquecidos de 5 a 20 °C, acima da temperatura de gelificação. Ao resfriar, o sistema volta a gelificar (Brito, 2019). O esquema do mecanismo de gelificação das carrageninas pode ser visualizado de acordo com a Figura 6.

Figura 7 – Esquema do mecanismo de gelificação das carrageninas.

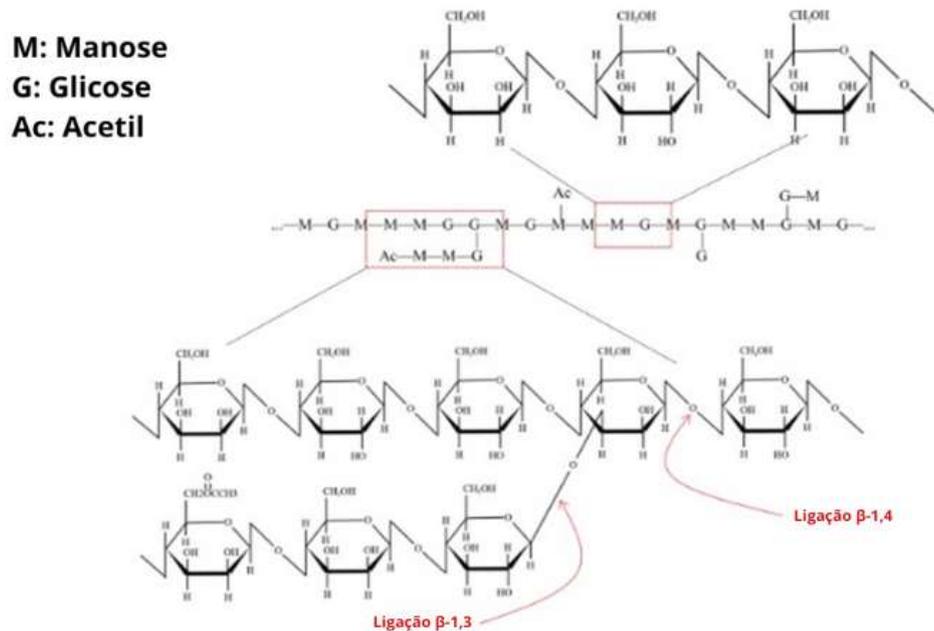


Fonte: Imeson (2000).

3.3.2 Konjac

Glucomanano Konjac (KGM) é um polissacarídeo de alto peso molecular obtido a partir do *Amorphophallus konjac C. Kochi* (Figura 8), um tubérculo incidente nas regiões de clima subtropical do sudeste asiático e da África (Zhang e Rhrim, 2022). Apresenta em torno de 30% a 50% de glucomanas e depois de processada alcança um grau de pureza que pode chegar a 90%. Seu alto peso molecular é uma das principais explicações para o seu grande potencial para formação de viscosidade e suas diferentes granulometrias também devem ser levadas em consideração de acordo com o processo industrial do alimento (Quiroga, 2017).

Figura 8 – Estrutura química do Konjac.



Fonte: Zhang e Rhrim, 2022

Esse polissacarídeo é composto por ligações 1,4-D-glucose com ramificações nas unidades 1,6-glucosilo. O grau de ramificação é estimado em cerca de 3 para cada 32 unidades de açúcar, e é constituída por unidades de manose e glicose e os grupos acetil estão localizados em cada 9 a 19 unidades de açúcar na posição C-6 ao longo da estrutura o que contribui para a solubilidade do composto (Shimada, 2013). Os grupos acetilados têm grande influência no tipo de gel formado e quando são removidos formam géis estáveis a altas temperaturas. Quando não são removidos apresentam géis termorreversíveis principalmente em combinação com goma xantana (Quiroga, 2017).

Devido a infinidade de aplicações que apresenta, é considerado um hidrocolóide com ótimo custo/ benefício e é usado em quase todas as formulações que contém alto teor de água em sua formulação. Possui boa estabilidade a diferentes níveis de pH, podendo variar de 3 a 11. Destaque para bebidas prontas para beber e em pó, embutidos cárnicos, derivados de leite, panificação, molhos e maioneses, sorvetes, etc. (Quiroga, 2017).

Na medicina chinesa é utilizado como auxiliar na supressão do câncer, dor mamária, estabilidade do fluxo sanguíneo, tratamento da asma, problemas de pele, hérnia e tosse. É considerado fonte de fibra por conta da sua estabilidade e da grande capacidade de absorção de água.

Tem sido muito utilizado na indústria alimentícia e sua aplicação enquanto aditivo

alimentar é autorizada na Europa, tendo classificação GRAS (Generally Recognized as Safe) pela FDA (Food and Drug Administration). Suas principais aplicações são inibir a formação de cristais de gelo em sorvetes, estabilizante em maioneses e molhos de salada, agente de textura em embutidos cárnicos (retêm umidade) e agentes de textura em produtos lácteos, como bebidas lácteas e cream cheese. A sua capacidade de gelificação é uma das características mais significativas e permite amplas aplicações em outras áreas como farmacêutica, indústria química e de materiais (Yang, 2017).

4 METODOLOGIA

4.1 Tucupi

Neste trabalho foi utilizado o tucupi (descrito neste trabalho como comercial) da marca Manioca®, que apresenta o selo de fiscalização da Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará (ADEPARÁ, 2008), em garrafas com conteúdo de um litro (Figura 9).

Figura 9 – Embalagens com tucupi adquiridas para a realização da pesquisa.



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

4.2 Hidrocolóides

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os hidrocolóides kappa e iota carragena, da marca Gastrô Brasil®, ambas em embalagem de 100g, e goma konjac da marca Home Chef®, embalagem de 40g.

4.3 Liofilização

Com o objetivo de concentrar o tucupi comercial para a produção do produto estruturado foi realizada a liofilização de cinco litros do tucupi líquido. O tucupi foi depositado em embalagens de alumínio (aproximadamente 250mL em cada embalagem) e congelado em ultracongelador por 48 horas. A seguir, o tucupi congelado foi submetido à liofilização em aparelho da marca Liobras (modelo LP510, Brasil) por aproximadamente oito horas. O material já liofilizado foi retirado com o auxílio de uma espátula de inox e armazenado em um pote hermético.

4.4 Ressuspensão do tucupi liofilizado

O tucupi liofilizado foi ressuspensão em água destilada a fim de se obter uma concentração de 0,1 g/mL na preparação dos estruturados.

4.5 Preparação do tucupi estruturado

A preparação dos estruturados de tucupi foi realizada no Laboratório de Frutos e Hortaliças da Universidade Federal do Ceará. Inicialmente foi realizado um teste com três tipos de hidrocolóides em diferentes concentrações e combinações descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Formulações dos hidrocolóides na preparação dos estruturados.

Hidrocolóide	Kappa-Iota	Kappa-Konjac	Kappa-Iota	Kappa-Konjac
Concentração (%)	1	1	1,5	1,5
Proporção (%)	25-75	25-75	25-75	25-75
	75-25*	75-25*	75-25	75-25
	50-50*	50-50*	50-50	50-50

Fonte: adaptado de Brito (2019).

* Formulações selecionadas para continuidade no estudo após ensaios prévios.

Para a preparação dos estruturados o tucupi ressuspensionado foi aquecido até 100 °C, seguindo a afirmação de Blackemore e Harpell (2010) acerca da temperatura ideal para a

solubilidade da k-carragenina e da i-carragenina. Em seguida foi adicionada a mistura de hidrocolóides, sob agitação mantendo a temperatura até o levantamento da fervura. Este processo foi repetido por três vezes. Depois da completa dissolução, foi realizada a distribuição do tucupi concentrado ainda quente nos moldes de silicone circulares de 2,5 x 2,5 cm. O produto nos moldes foi resfriado à temperatura ambiente, durante 30 minutos para finalizar o processo de gelificação. Em seguida, os estruturados gelificados foram refrigerados por no mínimo dez horas para a maturação das ligações. A Figura 10 representa as etapas de preparação dos estruturados de tucupi.

Após a preparação dos estruturados uma análise levando em consideração certas características como formação do gel, estabilidade pós-maturação e rigidez foram avaliadas e as formulações com melhores resultados foram escolhidas para a continuidade do trabalho.

Figura 10 - Fluxograma da preparação dos estruturados de tucupi.



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

4.6 Caracterização físico-química do tucupi comercial e tucupi concentrado

O tucupi comercial e o tucupi ressuspenso foram submetidos a análises físico-químicas, a fim de caracterizar a matéria-prima utilizada. As análises foram feitas em triplicata

e estão descritas a seguir.

4.6.1 pH

Para a análise de pH do tucupi liofilizado e as diferentes formulações dos estruturados de tucupi foram usados 10 g de amostra. Essas amostras foram transferidas para um béquer seguido da adição de água destilada em uma proporção de 1:10. O conteúdo foi homogeneizado em agitador magnético a fim de uniformizar possíveis partículas suspensas. Após a preparação das amostras, o pH foi determinado com o auxílio de um pHmetro previamente calibrado com soluções tampão pH 7,0 e 4,0 (ADOLFO LUTZ, 2008). O tucupi comercial e o tucupi ressuspenso por se tratar de amostras líquidas, foram analisados de forma direta.

4.6.2 Atividade de água (Aa)

A atividade de água foi realizada por meio do analisador portátil Aqualab®, modelo series 4TE, a aproximadamente 25 °C através de leitura direta.

4.6.3 Sólidos solúveis (SS) °Brix

O teor de sólidos solúveis foi determinado utilizando-se refratômetro da marca ATAGO N-1 através da medida dos °Brix. As amostras de tucupi comercial, tucupi ressuspenso e formulações dos estruturados de tucupi foram diluídos em água na proporção de 1:10. A seguir, as amostras foram centrifugadas por 5 minutos a 5000 rpm e em seguida 3 a 4 gotas do sobrenadante foram transferidas para o prisma do refratômetro. Após um minuto, foi feita a leitura direta de graus Brix no refratômetro (ADOLFO LUTZ, 2008).

4.6.4 Acidez total titulável

10 mL das amostras de tucupi comercial e ressuspenso foram transferidos para um Erlenmeyer de 250 mL e diluídos em 50 mL de água destilada. A seguir, foram adicionadas 3 gotas do indicador fenolftaleína. As amostras foram tituladas com solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L até o aparecimento da coloração róseo. Para a análise de pH das formulações dos estruturados de tucupi, foram pesados 5g de cada amostra seguido de maceração até que

formasse uma pasta homogênea. A seguir, essa pasta foi submetida a mesma metodologia das amostras líquidas. De acordo com as pesagens no decorrer do processo, o cálculo utilizado foi o seguinte:

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{V_{NaOH} \cdot M_{NaOH} \cdot f_{NaOH} \cdot M_{\text{ácido}}}{10 \cdot N_H \cdot m_{\text{amostra}}}$$

Onde:

V_{NaOH} = volume (em mL) da solução de NaOH gasto na titulação

M_{NaOH} = molaridade do NaOH usado na titulação

f_{NaOH} = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 M

$M_{\text{ácido}}$ = massa molar do ácido = 90 (ácido láctico)

N_H = n° de hidrogênios titulados

m_{amostra} = massa (em gramas) de amostra usada na titulação

Os valores são expressos em gramas de ácido láctico por 100 g da amostra.

4.7 Cor

As medidas de cor foram avaliadas em colorímetro modelo ColorQuest XE (HunterLab, Virgínia, EUA) conectado ao software EasyMatch QC 4.81, sendo a análise realizada através do método de reflexão especular exclusiva, utilizando-se do sistema de leitura CIELAB e determinados os seguintes parâmetros: L^* – Luminosidade, que varia de 0 (preto) a 100 (branco); a^* - cromaticidade, que varia de $+a^*$ (vermelho) a $-a^*$ (verde); e b^* - cromaticidade, que varia de $+b^*$ (amarelo) a $-b^*$ (azul).

Para as análises, o equipamento foi submetido à calibração por meio de uma placa branco/preto, as amostras de tucupi comercial, de tucupi ressuspenso e de estruturados foram colocadas em cubeta de vidro (capacidade 4 mL) e 20 mm para uma área de leitura de 5,07 cm². Também foi verificada a cromaticidade (C^*) expressando a pureza da cor e o ângulo hue (H^*) com representação da tonalidade da cor. A seguinte equação representa os cálculos realizados no sistema para verificação de C^* e H^* :

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$H^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

4.8 Avaliação físico-química do estruturado de tucupi

Os estruturados preparados também foram avaliados através dos mesmos parâmetros aos quais os tucupis comercial e ressuspenso foram avaliados. Estas análises foram

avaliadas conforme descrito nos subitens do item 4.4.

4.9 Capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+}

A atividade antioxidante foi realizada pelo método da captura dos radicais 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS^{•+}) descrito por Re et al. (1999) e adaptações de Rufino et al. (2007). O tucupi comercial, o tucupi concentrado e as formulações dos estruturados de tucupi foram pesados (12g cada amostra), submetidos à extração por meio de etanol 50% e acetona 70% e separados para armazenamento em refrigeração, seguindo o método de extração de Larrauri et. al., (1997). Para a geração do radical livre ABTS^{•+}, foram adicionados 5 mL de ABTS^{•+} (mM) em 88 µL de persulfato de potássio. A solução foi mantida em repouso sob temperatura ambiente, em local escuro, por 16 horas até a realização da análise. A seguir, a solução foi diluída em álcool etílico monitorando a absorbância até atingir valores na faixa de 0,699 a 0,705 em espectrofotômetro a 734 nm.

A atividade antioxidante das amostras foi calculada baseando-se em uma curva padrão utilizando como antioxidante de referência o composto 6-hidroxi -2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico (Trolox) a 2000 µM. As absorbâncias foram medidas em espectrofotômetro SHIMADZU Modelo UV - 1800 a 734 nm, 6 minutos após a adição da solução do radical. A curva gerada foi calculada de acordo com os valores alcançados na absorbância das concentrações das amostras, sendo os dados expressos com base na atividade oxidante equivalente ao Trolox/g em µM.

4.10 Determinação de polifenóis extraíveis totais (PET)

Para determinar a concentração de polifenóis foram preparados inicialmente os extratos para o tucupi comercial, para o tucupi ressuspensão e para cada formulação dos quatro estruturados de acordo com a metodologia de Larrauri et. al., (1997) descritos anteriormente. Os polifenóis extraíveis totais foram determinados através do reagente Folin-Ciocalteu, por meio de uma curva padrão de ácido gálico como referência segundo os métodos caracterizados por Obanda e Owur (1997).

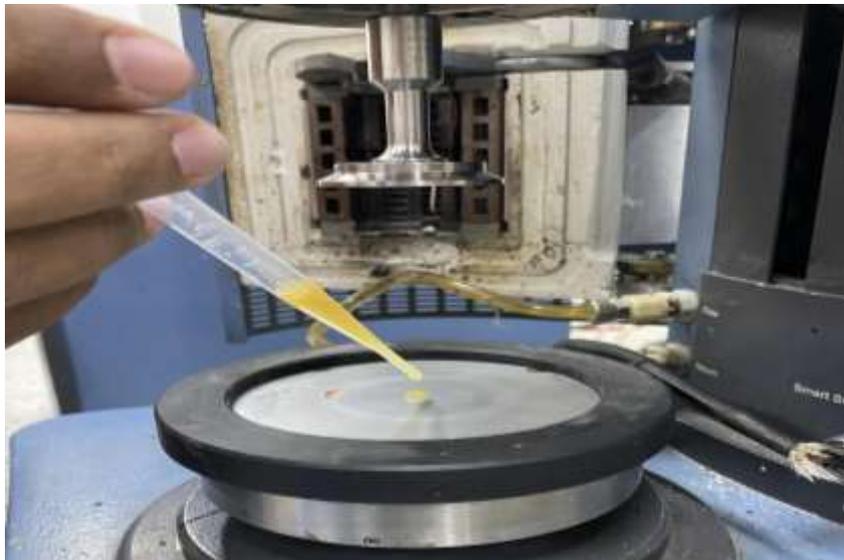
A determinação foi realizada usando alíquotas das amostras de 100 µL adicionadas em tubos de ensaio, seguido da adição 400 µL de água destilada para diluição da amostra, 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu, 1,0 mL de Na₂CO₃ 20% e 1,0 mL de água destilada. Os tubos de ensaio foram homogeneizados em agitador e deixados em repouso por 30 minutos. Decorrido esse tempo, as leituras das absorbâncias foram realizadas em espectrofotômetro (SHIMADZU

Modelo UV – 1800 a 700 nm), os resultados foram expressos em mg de ácido gálico (GAE)/100 g de amostra.

4.11 Reologia do estruturado de tucupi

Este teste teve como objetivo avaliar a temperatura de gelificação dos produtos estruturados. As quatro amostras dos estruturados foram submetidas a análise reológica, além da utilização de uma amostra de tucupi comercial como controle. Uma amostra foi transferida para a placa do reômetro pré-aquecida à temperatura de 90 °C, onde foram realizados os testes (Figura 11). O reômetro utilizado foi o de amplitude controlada (modelo AR2000 TA Instruments), com um sistema de controle de temperatura Peltier e uma geometria cone placa (40mm, 1°00'47''), com uma distância de 27 µm. Antes do ensaio reológico, todas as amostras foram sujeitas à temperatura de 90 °C durante 2 min na geometria do reômetro (Costa et al., 2021).

Figura 11 – Análise reológica dos estruturados de tucupi.



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Para cada formulação foram realizados vários ensaios oscilatórios de baixa amplitude, na seguinte ordem: I. Varredura de amplitude da formulação ($T = 90\text{ °C}$, $f = 1\text{ Hz}$, $0,1\% < \tau < 30\%$), para avaliar a Zona Viscoelástica Linear (ZVL). II. Com uma nova amostra da formulação, foi realizada uma varredura de temperatura usando um valor constante de

amplitude da ZVL ($\sigma = 5\%$, $f=1$ Hz), resfriando de 90 °C até 20 °C a uma taxa de 1 °C/min.

4.12 Análise sensorial

As quatro formulações que apresentaram melhores resultados de textura do tucupi foram submetidas a um estudo sensorial através de grupo focal, a fim de apresentar o produto e explicar suas principais características. Os participantes foram selecionados com o intuito de melhor avaliar as possíveis aplicações do estruturado na culinária. O contato se deu por meio de telefonemas e mensagens de texto e as sessões aconteceram no laboratório de análise sensorial do curso de gastronomia da Universidade Federal do Ceará, no Instituto de Cultura e Arte.

Para tanto, foram convidados profissionais e estudantes de gastronomia, condizente com Iervolino e Pelicione (2001), que apontam a importância da semelhança entre os participantes com o tópico abordado, a fim de provocar ideias, sugestões e opiniões, através da interação entre os mesmos. Foram entregues amostras das formulações, uma por vez, com o intuito de que os provadores avaliassem suas características mais evidentes e para que fossem sugeridas preparações culinárias diversas, demonstrando a versatilidade e aplicabilidade gastronômica do produto. Foi elaborado um roteiro de perguntas norteadoras para o grupo focal que estão disponíveis no Quadro 2.

Quadro 2: Perguntas norteadoras para utilização no grupo focal.

ROTEIRO DE PERGUNTAS ANÁLISE SENSORIAL – GRUPO FOCAL ESTRUTURADO DE TUCUPI
1. Você conhece o tucupi? Se sim, já consumiu? Se não, o que espera do sabor?
2. Você que já possui familiaridade com o tucupi, costuma consumir de que modo?
3. As características nutricionais do tucupi de algum modo influenciam no seu consumo?
4. A forma de processamento do tucupi, incluindo, armazenamento, temperos utilizados, conservação, manipulação e cocção tem importância para você?
5. Quais as principais diferenças entre os produtos?
6. De que forma consumiria o novo produto?

7. Quais alimentos você acredita que melhor harmonizam com o estruturado de tucupi?
8. Caracterize com termos sensoriais o novo produto (Ex.: ácido, picante, salgado...)
9. Quais os pontos positivos e os negativos do estruturado?
10. Você acha que as características sensoriais originais do tucupi foram preservadas no processamento do estruturado?

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Foram realizadas duas sessões, de aproximadamente uma hora de duração cada, com oito participantes na primeira turma e sete na segunda com o interesse em obter uma tendência de respostas para o novo produto, segundo propõem Della Lúcia e Minim (2006). Os participantes puderam analisar a cor, a textura, o sabor e outros aspectos do produto apresentado, para que pudessem se familiarizar e direcionar para possíveis experimentos culinários. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisas (CEP) da Universidade Federal do Ceará, sob o CAAE nº: 41822420.2.0000.5054.

4.13 Desenvolvimento de preparações culinárias e elaboração de fichas técnicas

Após as sessões do grupo focal foram desenvolvidas três preparações culinárias utilizando o estruturado de tucupi, seguido da elaboração das respectivas fichas técnicas. Essas preparações foram desenvolvidas no Laboratório de Gastronomia da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, a partir das observações e sugestões oriundas das sessões do grupo focal e habilidades de cozinha da autora, Bacharel em gastronomia pela UFC.. Acerca das técnicas gastronômicas aplicadas, foram consultados os métodos de Kovesi et al., (2007) e Wright e Treuille (2016) para as bases culinárias. As fichas técnicas foram elaboradas com base na metodologia de Conceição et al. (2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Preparação do tucupi estruturado

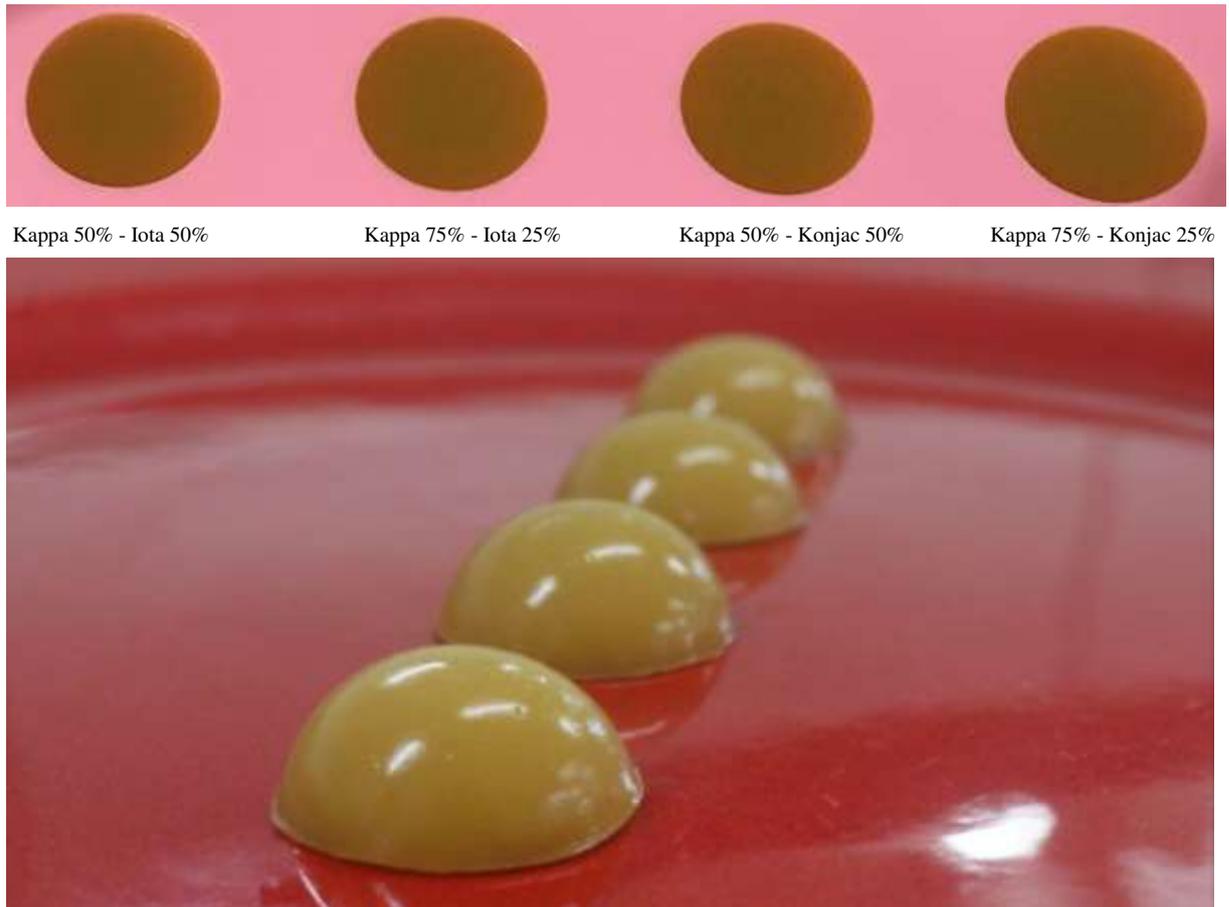
Diante do levantamento bibliográfico realizado foi possível encontrar vários trabalhos sobre utilização de hidrocolóides, porém, em sua maioria, eram destinados a estudos de estruturados de frutas e/ou produtos afins. No entanto, o trabalho de Brito (2019) propõe a elaboração de estruturados de *ajis* (pimentas peruanas) além do seu uso culinário. O autor levou em consideração alguns fatores como a facilidade de dispersão e dissolução do hidrocolóide, a firmeza e elasticidade do gel formado e a sinérese durante sete dias. Os resultados mais satisfatórios foram obtidos com o blend de k-carragenina e i-carragenina na proporção 50/50. Utilizando esse trabalho como referência, foram feitos os estudos necessários para chegar em um produto com características e desempenho similar ao do autor mencionado.

Inicialmente foi observada a formação ou não de gel e a sua estabilidade pós maturação (mínimo de 10 horas). Em um primeiro ensaio houve a tentativa de formulação Iota - Konjac nas mesmas concentrações e proporções descritas na Tabela 1. Os resultados, no entanto, foram insuficientes, visto que os géis obtidos eram notoriamente fracos. Por isso, não houve prosseguimento no estudo utilizando tais formulações e estas não estão descritas no decorrer da pesquisa.

Os ensaios seguintes foram realizados com todos os itens dispostos na Tabela 1, porém, formulações nas quais a k-carragenina consistia em menor proporção (25:75) foram observadas características de gel mais quebradiço e tenro que o desejado, o que também levou ao descarte dessas formulações. As oito formulações restantes foram avaliadas em relação à concentração (1% e 1,5%) e, como o esperado, os estruturados provenientes da maior concentração de hidrocolóides se mostraram mais rígidos e resistentes.

Todavia, as formulações de concentração a 1%, já apresentavam consistência ideal e satisfatória e, por isso, atendeu às expectativas para as características dos estruturados, incluindo uma dissolução em calor mais facilitada e rápida. Os resultados obtidos e discutidos nesta pesquisa, portanto, são relativos às quatro formulações de concentração a 1% de hidrocolóides, sendo estas: Kappa 50% - Iota 50%, Kappa 75% - Iota 25%, Kappa 50% - Konjac 50% e Kappa 75% - Konjac 25%. Os estruturados selecionados para o estudo podem ser visualizados na Figura 12.

Figura 12 - Imagem das formulações de estruturado de tucupi.



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

5.2 Caracterização físico-química do tucupi comercial e do tucupi adicionado de hidrocolóides (*blends* de kappa, iota e konjac)

Na Tabela 2 pode-se verificar a apresentação dos resultados da caracterização físico-química do tucupi comercial, do tucupi concentrado e adicionado de hidrocolóides (*blends* de kappa, iota e konjac).

Tabela 2 - Caracterização físico-química do tucupi comercial, do tucupi concentrado e adicionado de hidrocolóides (*blends* de kappa, iota e konjac).

Amostra	Acidez (g/100 mL de ácido láctico)	pH	Sólidos solúveis (°Brix)	
Tucupi comercial*	0,21A ± 0,01	4,32A ± 0,01	6,83A ± 0,06	0,98B ± 0,01
Tucupi ressuspenso*	0,13B ± 0,01	4,60B ± 0,01	9,20B ± 0,00	0,97A ± 0,01
Kappa 50%-Iota 50%**	0,19a ± 0,01	4,16a ± 0,03	6,00a ± 0,00	0,97a ± 0,01

Kappa 75%-Iota 25%**	0,21a± 0,01	4,21a ± 0,02	5,30a ± 0,06	0,97a ± 0,01
Kappa 50%-Konjac 50%**	0,21a ± 0,01	4,21a ± 0,01	6,30a ± 0,06	0,97a ± 0,01
Kappa 75%-Konjac 25%**	0,22ab± 0,01	4,16a ± 0,03	6,00a ± 0,00	0,97a ± 0,01

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

* Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem estaticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. ** Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estaticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Houve diminuição de valor na acidez do tucupi ressuspenso (0,13 % de ácido láctico) em comparação com a amostra comercial (0,21 % de ácido láctico ± 0,01) ($p < 0,05$). Em relação aos estruturados, não houve diferença significativa ($p > 0,05$), variando entre $0,19 \pm 0,01$ e $0,21 \pm 0,01$ % de ácido láctico. A adição dos estruturados não interferiu nos resultados entre as quatro amostras, independente do hidrocolóide e proporções adotadas nas formulações. Todos os valores encontrados estão de acordo com a legislação da ADEPARÁ (2008), a qual estabelece a faixa de 0,1 a 0,8g de ácido láctico/100 mL.

Silva et al. (1976) estudaram os ácidos orgânicos no tucupi e constataram a presença dos ácidos acético, propiônico, palmítico, oléico, butírico, valérico e succínico no tucupi amarelo tanto fermentado quanto fervido. É importante destacar que esses resultados corroboram com a já bem estabelecida característica de acidez sensorial típica do tucupi, pois trata-se um alimento que passa por fermentação e, por isso, há naturalmente a liberação de ácidos orgânicos no decorrer do seu processo de fabricação.

Campos et al. (2017), em seu estudo de caracterização físico-química de tucupi de dois estabelecimentos em Belém-PA, obtiveram valores de acidez que variam entre 0,6 e 0,8g de ácido láctico/100mL. Costa et al. (2017) constataram diferenças significativas entre valores de acidez da pasta cremosa de tucupi (1,19 g de ácido láctico/100mL) e de tucupi comercial (0,7g de ácido láctico/100mL), indicando um aumento na acidez do produto em creme, o que pode se justificar por uma fermentação mais longa em relação às amostras estudadas nesta pesquisa, além da possível variação das espécies de mandiocas manipuladas na produção de tucupi utilizado nas diferentes pesquisas.

Do Carmo et al. (2019) analisaram mudanças nas características físico-químicas nas etapas de produção do tucupi desde a manipueira, passando por tempos diferentes de fermentação até a obtenção do produto final e relataram o valor médio de 0,24 (g/100 g de ácido láctico) na acidez referente às raízes das mandiocas utilizadas na produção de tucupi.

Os resultados do pH das amostras líquidas de tucupi comercial (4,32) e de tucupi

ressuspensão (4,60) mostram diferença significativa ($p \leq 0,05$). A ADEPARÁ (ADEPARÁ, 2008), em sua instrução normativa, estabelece o parâmetro de 3,5 a 4,3 para as análises de pH de tucupi comercial, estando apenas a amostra de tucupi comercial próximo a esse valor e a de tucupi ressuspensão razoavelmente acima.

Não houve diferença significativa para o pH nas amostras dos estruturados ($p > 0,05$), tendo as formulações Kappa 50% - Iota 50% e Kappa 75% - Konjac 25% apresentado o mesmo resultado médio (4,16) e as formulações Kappa 75% - Iota 25% e Kappa 50% - Konjac 50% também apresentaram o mesmo resultado médio (4,21). Todas as quatro amostras estão dentro dos parâmetros estipulados pela ADEPARÁ (2008). Brito et al. (2023) analisaram o pH de amostras de tucupi comercializado tanto pela agroindústria (2,82 a 4,30) quanto por produtores artesanais (3,79 a 4,67), percebendo-se semelhança com os valores encontrados em todas as amostras de tucupi comercial, ressuspensão e estruturados.

É importante destacar que o tucupi é um alimento de baixo pH, ou seja, com alta acidez, o que é possível verificar através dos resultados tanto das amostras líquidas quanto dos estruturados. Cohen, Oliveira e Chisté (2007) em seu estudo sobre as propriedades físico-químicas do tucupi salientam a importância de observar os parâmetros de pH para a possibilidade de crescimento de microrganismos patogênicos no alimento, apesar haver chances de crescimentos de bolores e leveduras. Ademais, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, através da Instrução Normativa Nº 60, de 23 de dezembro de 2019 estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos, na qual determina o mesmo padrão de pH a 4,5 para a maioria dos alimentos comercializados no país (Brasil, 2019).

Ainda sobre a relação entre pH e fermentação no processamento do tucupi, Campos, Carvalho e Matietto (2016) evidenciam a relevância do pH estar entre 3,5 a 6,0 na última etapa de fermentação do tucupi, visto que essa faixa de acidez favorece a hidrólise enzimática da linamarina, o glicosídeo cianogênico presente nos tecidos vegetais da mandioca brava.

Brito (2019) analisou o impacto da adição de sal no pH de estruturados de pimenta peruana *aji* utilizando k-carragenina e i-carragenina, os quais apresentaram valores aproximados entre 3,5 e 5,0 e boa estabilidade por 13 dias. Costa et al. (2017) desenvolveram uma pasta cremosa de tucupi com 10% de tucupi concentrado, temperos e fécula de mandioca para conferir viscosidade e, na sua caracterização físico-química, obtiveram o valor de pH a 3,7 que, se comparado aos valores dos resultados dos estruturados, é baixo. Pode-se pontuar que por haver muitas variedades de mandiocas e vendas do tucupi em diversas feiras livres, é pouco provável encontrar valores exatamente iguais.

Em relação aos sólidos solúveis, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as

amostras de tucupi comercial (6,83 °Brix) e de tucupi ressuspenso (9,20 °Brix). A ADEPARÁ (2008) determina que os valores padrões para sólidos solúveis em tucupi comercial estejam entre 2,5 e 6,5 °Brix, estando o tucupi comercial em conformidade com a instrução normativa e o tucupi ressuspenso mostra um valor acima do estabelecido. Este fato, no entanto, pode-se justificar pelo fato de o tucupi ressuspenso possuir uma maior concentração e, portanto, apresentar um valor mais elevado de sólidos solúveis.

Dentre os estruturados, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) nos valores de sólidos solúveis, que variam de 5,30 a 6,30 °Brix, conforme a instrução normativa de ADEPARÁ (2008). Campos et al. (2016), em seu estudo sobre a qualidade do tucupi comercializado em Belém-Pa, obtiveram valores entre 2,72 e 6,77 °Brix, enquanto que Do Carmo Brito (2019) estudou o processo de produção do tucupi, encontrando o valor de 6,90 °Brix para a maniveira e 9,34 °Brix para o tucupi (pós-cocção).

Os valores de atividade de água (Aa) para as amostras de tucupi comercial (0,98) e de tucupi ressuspenso (0,97) apresentaram diferença ($p \leq 0,05$) entre elas, tendo o tucupi comercial o maior valor de Aa. Ambos apresentam índices altos de água em sua composição, ou seja, acima de 0,90, como se era esperado devido o tucupi ser um alimento líquido. Todos estruturados resultaram no valor de Aa igual a 0,97, portanto, não houve diferença significativa ($p > 0,05$). Os resultados da análise de atividade de água nos estruturados de tucupi se assemelham aos valores obtidos por Brito (2019), que desenvolveu um produto estruturado de pimenta *ají* utilizando carrageninas e obteve valores entre 0,93 e 0,95. Azoubel et al. (2011), analisaram a influência de diferentes hidrocolóides em géis de maracujá (*Passiflora cincinnata*) com alto teor de sólidos solúveis e também não constataram diferenças significativas entre os produtos estruturados, mantendo a média de Aa em 0,87.

5.3 Cor

A amostra de tucupi ressuspenso apresentou diferença ($p < 0,05$) em relação à amostra comercial para todos os parâmetros de cor, enquanto verificou-se diferença estatística somente para o parâmetro L^* (Tabela 3) quando comparadas as barras com diferentes formulações de estruturados.

Os resultados das amostras de tucupi comercial obtidos sobre a variável L^* , que representa a Luminosidade, foram de 46,893 ($\pm 0,74$) e 45,047 ($\pm 0,08$), respectivamente. As amostras de estruturados não apresentaram diferenças significativas entre elas para a^* ($p > 0,05$), já as amostras de tucupi líquido diferiram entre si, sendo o ressuspenso mais próximo ao

vermelho do que o comercial.

Em relação às amostras líquidas de tucupi, observou-se que o tucupi comercial se apresentou mais claro quando comparado ao tucupi ressuspenso, fato que pode ser atribuído à maior concentração e seu teor de sólidos.

Tabela 3 - Resultados das coordenadas da cor realizadas no tucupi comercial, do tucupi concentrado e adicionado de hidrocolóides (*blends* de kappa, iota e konjac).

Parâmetros de cor					
Amostras	L*	a*	b*	C*	h*
Tucupi comercial*	46,893 ^B ± 0,74	3,013 ^A ± 0,07	24,683 ^B ± 0,74	24,870 ^A ± 0,74	83,043 ^B ± 0,06
Tucupi Ressuspenso*	45,047 ^A ± 0,08	5,480 ^B ± 0,02	34,077 ^B ± 0,04	34,510 ^B ± 0,03	80,863 ^A ± 0,04
Kappa 50% - Iota 50%**	42,050 ^a ± 0,44	6,293 ^a ± 0,31	30,947 ^a ± 0,19	31,580 ^a ± 0,24	78,507 ^a ± 0,48
Kappa 75% - Konjac 25%**	42,163 ^{ab} ± 0,01	6,263 ^a ± 0,10	29,200 ^a ± 0,16	29,867 ^a ± 0,17	77,870 ^a ± 0,12
Kappa 50% - Konjac 50%**	42,303 ^{ab} ± 0,08	6,183 ^a ± 0,26	28,943 ^a ± 1,24	29,593 ^a ± 1,27	77,943 ^a ± 0,07
Kappa 75% - Iota 25%**	42,743 ^b ± 0,16	6,030 ^a ± 0,12	30,650 ^a ± 1,40	31,237 ^a ± 1,35	78,870 ^a ± 0,81

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

L* – luminosidade (branco puro ao preto puro). a* – intensidade de verde (-) e vermelho (+). b* – intensidade de azul (-) e amarelo (+). C* – cromaticidade. h – ângulo de tonalidade. * Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem estaticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. ** Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estaticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Ao analisar os estruturados, as únicas amostras que mostraram variação de luminosidades foram Kappa 50% - Iota 50 % e a Kappa 75% - Iota 25%, sendo a primeira mais escura que a última. Considerando os valores médios, os estruturados se mostram mais escuros em comparação às amostras líquidas de tucupi. Essas observações ressaltam a influência das formulações na luminosidade dos produtos finais, proporcionando *insights* importantes para o desenvolvimento e caracterização, bem como a padronização dos produtos estruturados à base de tucupi.

O parâmetro a* indica a variável entre o vermelho e o verde. Quanto mais positivo (+a*), maior é a aproximação com a coloração avermelhada. Quanto mais negativo (-a*), mais verde. As amostras de estruturados não apresentaram diferenças significativas entre elas para a* (p > 0,05). As amostras de tucupi líquido diferiram entre si (p < 0,05), sendo o ressuspenso mais próximo ao vermelho e do amarelo que o *comercial*, enquanto as amostras de estruturados são mais avermelhadas que as amostras de tucupi líquido.

O valor b* varia entre o amarelo e o azul. Quanto mais positivo (+b*), mas tende para a coloração amarelada. Quanto mais negativo (-b*), mais azulada. Todas as amostras de estruturados tendem ao amarelo e não tem diferenças significativas entre elas (p > 0,05). As amostras de tucupi são diferentes (p ≤ 0,05), sendo o ressuspenso mais amarelo que o comercial.

Os valores dos estruturados mostram diminuição na cor amarela se comparados com os das amostras líquidas de tucupi.

C* corresponde ao grau de saturação e, para os estruturados, não apresentam diferenças cromáticas significativas ($p < 0,05$) e dentre elas, a formulação Kappa 50% - Iota 50% foi a que apresentou o valor mais alto ($C^* = 0,947^a \pm 0,19$), ou seja, uma cor levemente mais intensa. Já as amostras de tucupi comercial e tucupi ressuspenso apresentam diferença significativa ($p < 0,05$) sendo o valor do ressuspenso ($34,510 \pm 0,03$) maior do que o valor referente ao comercial ($24,870 \pm 0,74$).

H* indica a tonalidade e corresponde à cor real expressa em número. Para os estruturados, não apresenta diferenças significativas ($p > 0,05$). Já as amostras de tucupi comercial do ressuspenso diferem entre si ($p \leq 0,05$).

A análise instrumental da cor da pasta cremosa de tucupi de Costa et al. (2017) apresentou valores de 53,38 ($\pm 0,46$) para luminosidade (L^*) e -6,58 ($\pm 1,09$) e 42,33 ($\pm 2,04$) para os parâmetros de cromaticidade a^* e b^* , respectivamente. Os valores encontrados para o tucupi comercial são semelhantes ($L = 59,76 \pm 0,01$; $a^* = -2,71 \pm 0,12$; $b^* = 45,82 \pm 0,08$), o que evidencia a permanência da cor amarelada característica do produto.

Costa, Carmo e Pena (2017), ao desenvolverem um produto condimentado em pó à base de tucupi, obtiveram valores de L^* de $68,20 \pm 0,21$, a^* de $4,36 \pm 0,06$ e b^* de $41,55 \pm 0,26$, que também indicaram a predominância da cor amarela e sutil tendência à coloração cor vermelha. Na mesma pesquisa, o valor para C^* foi de $41,39 \pm 0,13$, que mostrou que o produto apresentou cor viva e o valor para h^* foi de $83,98 \pm 0,06$; o qual confirmou a cor amarela do condimento.

Azoubel et al. (2011), analisaram a influência de diferentes hidrocolóides em géis de maracujá (*Passiflora cincinnata*) utilizando a polpa amarelada da fruta como controle para os parâmetros de cor e observaram interferência dos hidrocolóides em seus produtos (valores a^* aumentaram, valores b^* diminuíram e os valores L^* aumentaram ou diminuíram). É interessante relacionar esses resultados com os obtidos nos estruturados de tucupi, já que os valores de L^* entre formulações constituídas de k e i-carrageninas, mesmo em proporções diferentes, não diferem entre si, assim como as formulações de k-carragenina e konjac, ainda que em proporções diferentes, também não apresentaram mudanças entre si, mas houve alteração dos valores de L^* entre formulações de k-carragenina e i-carragenina e k-carragenina e konjac.

Ainda sobre a associação entre adição de hidrocolóides e alterações em valores de L^* em parâmetros de cor em alimentos, Gill et al. (2004) texturizaram polpa de manga

utilizando alginato de sódio e relataram que os valores de L^* se apresentavam de forma inversamente proporcional à concentração do hidrocolóide de 0 para 1%, ou seja, quanto maior a quantidade de alginato de sódio empregada no produto em desenvolvimento, menor o valor de L^* . Já os valores de a^* e b^* , neste trabalho, aumentaram conforme o aumento de alginato no produto.

Do Carmo Brito et al. (2019) concluíram que o processo de fermentação da não alterou a cor amarelada manipueira até a obtenção do tucupi (líquido após cocção) visto seus valores de a^* (-4,83 a - 2,80) e b^* (20,62 a 14,98), assim como os demais parâmetros (L^* = 29,01 a 37,51, C^* = 21,00 a 14,02 e H^* = 103,56 a 98,37) não apresentaram diferença significativa, afirmando que os carotenóides não foram alterados durante a produção de tucupi.

Brito (2019), desenvolveu produtos estruturados à base de pimentas *aji* utilizando carrageninas e estudou o impacto do processamento e da adição de sal na cor dos estruturados ao longo do tempo de armazenamento, obtendo valores para L^* variando entre 35 e 51, valores para a^* entre 22 e 27 e valores para b^* entre 30 e 33. Com os resultados, não observou diferença significativa na cor apesar da adição dos hidrocolóides e de cloreto de sódio, apontando preservação e estabilidade da cor. Não houve avaliação para os parâmetros C^* e h^* neste caso.

Leal et al. (2021) avaliaram os parâmetros de cor em estruturados de goiaba utilizando hidrocolóides utilizando a polpa como controle e constatou um aumento da intensidade da cor vermelha em uma das formulações composta de goma gelana (a^* = 25,54), enquanto que as demais formulações apresentaram uma coloração avermelhada que tende à cor da polpa. Para os parâmetros de b^* , houve uma propensão ao amarelo, tendo os valores de b^* (+) variando de 9,78 a 11,60. Em relação aos valores de L^* , houve variação entre 45,58 e 46,93 e os estruturados de goiaba apresentaram mais brilho ao invés de opacidade. Os valores de croma (C^*) variaram entre 24,53 e 27,53. Hue (h^*) apresentou aumento dentre as amostras de estruturados em relação à polpa. O processamento dos estruturados, por fim, implica em um aumento na coloração vermelha, o qual foi atribuído ao processamento e à concentração dos hidrocolóides.

5.4 Compostos fenólicos e capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+}

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados para polifenóis totais e da capacidade antioxidante do tucupi comercial, do tucupi concentrado e adicionado de hidrocolóides (blends de kappa, iota e konjac).

Tabela 4 – Teores médios de polifenóis totais e da capacidade antioxidante do tucupi comercial, do tucupi ressuspenso e estruturados (*blends* de kappa, iota e konjac).

Amostra	Polifenóis totais (AGE/100 mg)	ABTS ^{•+} (μ M Trolox/g de polpa)
Tucupi comercial	60,50A \pm 2,09	3,80B \pm 0,23
Tucupi ressuspenso	95,50B \pm 5,04	3,19A \pm 0,20
Kappa 50% - Iota 50%	94,17a \pm 6,19	2,30a \pm 0,02
Kappa75% - Iota 25%	91,79a \pm 9,56	3,09a \pm 0,15
Kappa50% - Konjac 50%	96,54a \pm 3,14	3,12a \pm 0,10
Kappa75% - Konjac 25%	91,14a \pm 2,14	3,08a \pm 0,16

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem estaticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estaticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Identificou-se diferença estatisticamente significativa nos teores de compostos fenólicos e na capacidade antioxidante (método ABTS) entre as amostras de tucupi comercial e ressuspenso. Contudo, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as quatro amostras dos produtos estruturados em relação a compostos fenólicos e capacidade antioxidante.

Os estruturados demonstraram valores relativamente elevados de compostos fenólicos, variando de 91,14 a 96,54 mg de AGE/100g. Esses resultados destacam-se, uma vez que a literatura científica carece de informações sobre compostos fenólicos e capacidade antioxidante para o tucupi. Nesse contexto, a comparação com outros estudos realizados em matérias primas semelhantes, como frutas e produtos fermentados, torna-se relevante.

Em uma pesquisa realizada por Almeida et al. (2011) sobre 11 frutas cultivadas no Nordeste brasileiro, foram encontrados valores de compostos fenólicos variando de $13,5 \pm 1,1$ a $159,9 \pm 5,6$ mg de AGE/100 g de fruta fresca. Vale ressaltar que, entre essas frutas, apenas a mangaba e o murici apresentaram valores superiores aos estruturados de tucupi, reforçando a notável presença desses compostos nos produtos desenvolvidos nesse estudo.

Ao serem comparados com estudos que abordam produtos derivados de processos fermentativos, os valores nos estruturados de tucupi destacam-se pela sua superioridade. Em uma pesquisa realizada por Singhal, Satya e Naik et al. (2021), observou-se que brotos de bambu fermentados apresentaram um aumento do teor de fenóis totais, passando de 29,0 para 42 mg AGE/100 g de massa fresca, durante a fermentação da parte aérea do bambu. Esse incremento no conteúdo fenólico pode ser atribuído à hidrólise das ligações glicosídicas nos

compostos fenólicos, resultante da atividade microbiana, levando à liberação ou formação de compostos bioativos, conforme discutido por Oboh, Alabi e Akindahunsi (2008).

Em um estudo conduzido por Kareem et al. (2022), que investigou a farinha de gari produzida a partir da fermentação de mandioca, foram encontradas concentrações de compostos fenólicos variando de $0,22 \pm 0,03$ a $0,38 \pm 0,01$ mg de GAE/100 g da farinha, ao estudar cinco genótipos diferentes. Os baixos teores de fenólicos totais foram atribuídos pelos autores aos efeitos de diferentes métodos de processamento, como fervura, fermentação e torrefação, sobre os polifenóis.

Já Sugiharto, Yudiart e Isroli (2016) avaliaram a produção do *gathot*, uma mandioca seca fermentada tradicional produzida na Indonésia, utilizando dois tipos de fungos, encontrando valores entre $16,08 \pm 0,16$ GAE/100 g (*R. oryzae*) e $26,25 \pm 0,39$ GAE/100 g (*A. charticola*).

Em um trabalho realizado por Irakoze et al. (2023), avaliou-se o efeito da fermentação láctica sobre o conteúdo fitoquímico e capacidade antioxidante de uma espécie de planta africana, a *Solanum nigrum*, utilizando culturas iniciadoras combinadas (*Lactobacillus fermentum* e *Lactococcus lactis*). A *Solanum nigrum* não inoculada e inoculada apresentaram teores de compostos fenólicos de 218,4 mg de AGE/g e 228,8 mg de AGE/g, respectivamente, após 144h de fermentação. O aumento de compostos fenólicos durante o processo de fermentação está associado a alterações bioquímicas na matriz alimentar, devido ao aumento de fitoquímicos e compostos voláteis em alimentos fermentados. Enzimas presentes em bactérias ácido-láticas como o *Lb. fermentum* catalisam mudanças na composição alimentar por meio da quebra de ligações ou hidrólise de moléculas fitoquímicas, como os ácidos cumárico e vanílico. Um aumento nos compostos fenólicos tem sido observado na fermentação de *Solanum nigrum* africanos e é explicado pela capacidade da fermentação láctica de aumentar o conteúdo fitoquímico de alimentos fermentados por meio de alterações catalisadas por enzimas.

A faixa de valores de TEAC obtida no presente trabalho estão próximos ou maiores do que os encontrados para algumas frutas no trabalho de Almeida et al. (2011), expressos em TEAC ($\mu\text{M/g}$): jaca (0,63), abacaxi (3,78), sapoti (0,99) e umbu (1,07).

No trabalho de Singhal, Satya e Naik (2021) com brotos de bambu verificou-se que o efeito sequestrador do extrato da parte aérea do bambu foi fraco para a parte aérea fresca em comparação com a parte aérea fermentada, que exibiu maior atividade sequestradora de radicais livres. A parte aérea fermentada por 30 dias exibiu potencial sequestrador de radicais livres de $6,24 \mu\text{mol TE/g}$ em comparação com $5,82 \mu\text{mol TE/g}$ na parte aérea fresca quando avaliados pelos ensaios de TEAC. O aumento da atividade sequestradora de radicais livres das frações

durante a fermentação foi proporcional ao conteúdo fenólico total nas frações, sugerindo que os compostos fenólicos contribuem com a atividade antioxidante.

No estudo com a farinha de gari processadas a partir de cinco genótipos de macaxeira, a habilidade de sequestro do radical $ABTS^{\bullet+}$ variou de 6,67 a 7,28 TEAC mM/g entre os cinco genótipos avaliados (Kareem et al., 2022).

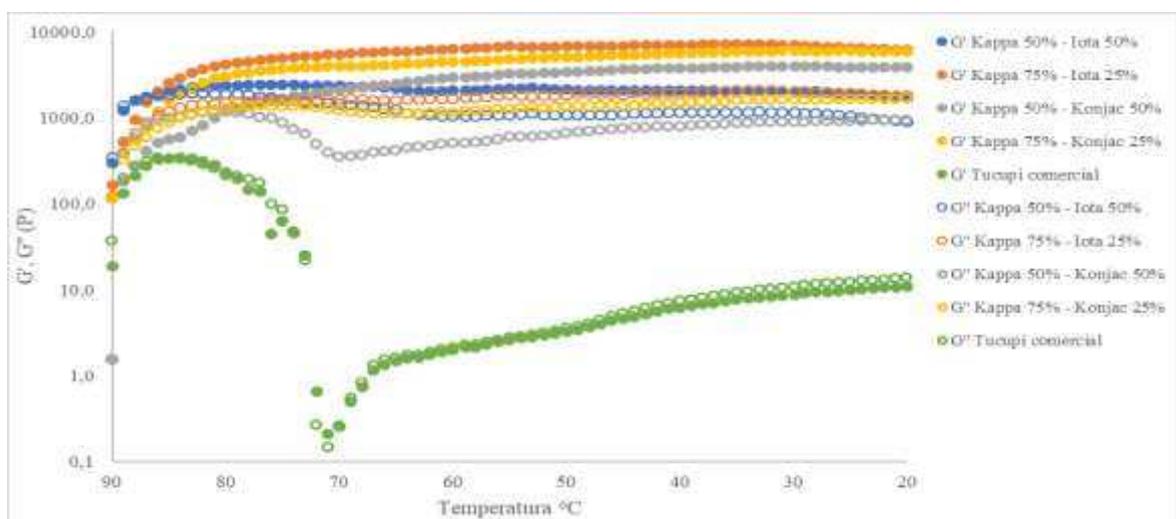
Uma correlação positiva ($r = 0,84$) significativa ($p \leq 0,05$) entre os compostos fenólicos e atividade antioxidante dos estruturados foi observada.

Vários estudos têm abordado a relação entre conteúdos de fenólicos e atividade antioxidante. Alguns autores encontraram uma elevada correlação entre fenólicos e atividades antioxidantes (Almeida et al., 2011), enquanto outros não encontraram tal relação (Imeh e Khokhar, 2002; Ismail, Marjan e Foong, 2004).

5.5 Reologia do estruturado de tucupi - varrimento de temperatura

Através dos gráficos das Figuras 13 e 14 é possível visualizar o resultado do varrimento de temperatura. A temperatura de gelificação das amostras pode ser identificada a partir da mudança de valores dos módulos dinâmicos G' e G'' , que modificaram durante o intervalo de temperatura analisado em relação aos valores obtidos sem agente gelificante (controle, tucupi comercial). Todas as amostras avaliadas exibiram G' maiores que G'' em toda a faixa de temperatura, sem cruzamento entre os módulos, inclusive a amostra de tucupi comercial (Figura 13).

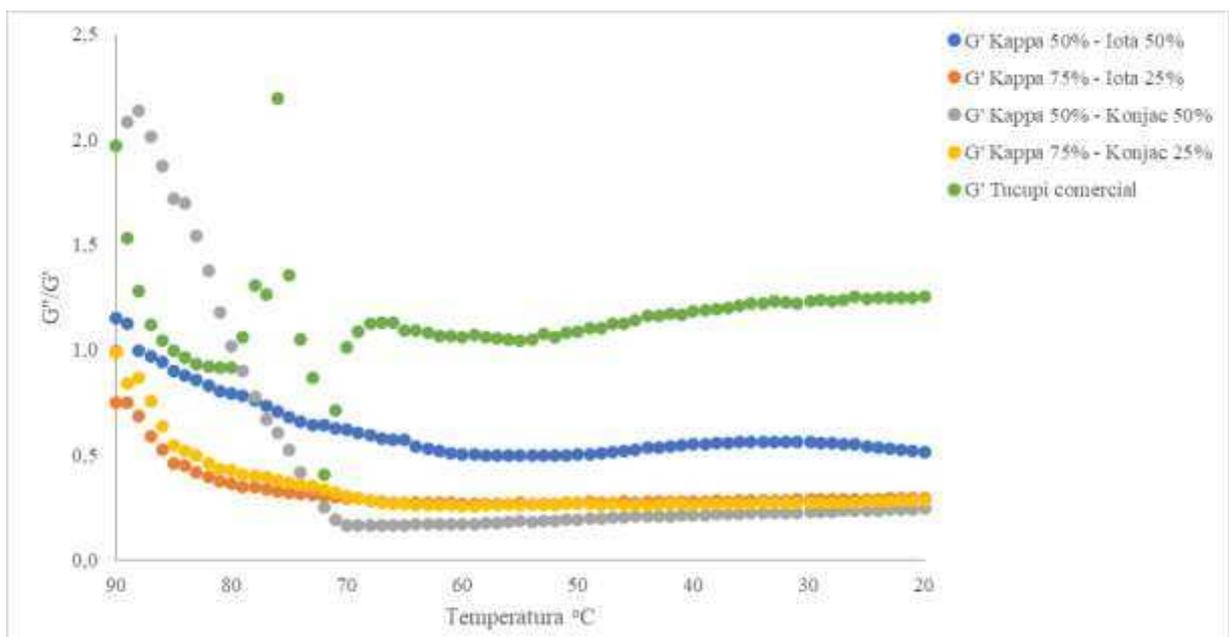
Figura 13 - Varrimento de temperatura de tucupi comercial e estruturados de tucupi à base de kappa, iota e goma konjac em função de G' e G'' .



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Nas amostras de estruturados elaborados quase não foram observadas nenhuma transição durante a fase de temperatura investigada (90 a 20 °C). A amostra kappa 50% - konjac 50% apresenta transição próximo a 80 °C. As amostras com 75% de kappa, com 25% de konjac ou com 25% de iota, apresentaram valores semelhantes. A tangente do ângulo de fase ($\tan \delta$) é calculada como a razão do módulo de perda pelo módulo de armazenamento ($\tan \delta = G''/G'$). O valor da tangente é útil para caracterizar o comportamento viscoelástico de um material. Um valor elevado de $\tan \delta$ indica que a componente viscosa é dominante, no caso, a amostra kappa 50% - konjac 50% apresentou o maior valor de tangente; enquanto um valor baixo sugere que a componente elástica é mais significativa, como no caso das amostras com 75% de kappa.

Figura 14 - Varrimento de temperatura de tucupi comercial e estruturados de tucupi à base de kappa, iota e goma konjac em função de G' e G'' .



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

5.6 Análise sensorial

As duas reuniões dos grupos focais foram realizadas na mesma sala, situada no Instituto de Cultura e Arte – UFC, portanto, não há diferença na ambientação de ambas as equipes. No início, todos os avaliadores se apresentaram a fim de estabelecer certo entrosamento e houve uma breve explicação acerca do que se tratava o produto e com que finalidade ele fora desenvolvido. Ao todo, participaram dos grupos focais oito homens e sete mulheres, com idades que variam entre 18 e 56 anos. É importante também salientar que os participantes estavam

cientes de que não precisariam convergir entre si sobre certas características do produto e assim poderiam ter opiniões diferentes ou até mesmo mudá-las no decorrer da reunião.

É relevante destacar que em todos os dois grupos focais foi especificado que o produto é termorreversível, ou seja, dissolve quando submetido a temperaturas altas (acima de 80 °C). Para esta demonstração, cada unidade de produto estruturado foi disposta béquer de 250 mL contendo água e levada ao forno microondas até ebulição.

Todos os presentes visualizaram as dissoluções enquanto uma pessoa agitava, com um bastão de vidro, o conteúdo do béquer recém saído do forno microondas. Este processo de visualização da dissolução ocorreu com cada uma das quatro formulações apresentadas e, com isso, os avaliadores puderam tirar suas conclusões e fazer as devidas observações.

Na Tabela 5 foi realizado um resumo dos termos levantados pelos avaliadores durante o grupo focal.

Tabela 5 - Principais termos levantados pelos avaliadores durante o grupo focal.

Atributo	Kappa 50% - Iota 50%	Kappa 75% - Iota 25%	Kappa 50% - Konjac 50%	Kappa 75% - Konjac 25%
Aparência	Brilhoso; agradável	Agradável; amarelo mais escuro que o 1;	Heterogêneo; poroso; aquoso	Heterogêneo; poroso
Aroma	Agradável; intenso; umami; miojo; glutamato monossódico; cheiro de caldo; sopa; tempero pronto;	Ácido; intenso; aromático; umami; miojo; glutamato monossódico	Adocicado; fraco;	Adocicado; fraco
Textura	Macio; gelatinoso; agradável	Gelatinoso, mas mais firme que o 1; agradável; ponto de corte;	Firme; resistente; quebradiço	Firme; resistente;

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

5.6.1 Grupo 1

Foi questionado ao grupo se todos conheciam o tucupi, fazendo menção ao ingrediente tradicional, e apenas uma pessoa afirmou não conhecer. Porém, após a explicação do que era o tucupi, a mesma provedora lembrou de ter consumido em uma viagem a Belém, capital do Pará. Estabelecido que todos ali conheciam o tucupi, alguns provedores afirmaram já ter provado inclusive em estados brasileiros diferentes, como Maranhão, Amazonas, Acre e

Ceará e, então, foram instigados a responder sobre a maneira que consumiram o tucupi, resultando em: tacacá, vatapá, acompanhando peixe e outras formas, como molho de pimenta.

Vale informar que neste grupo em específico havia uma participante natural do estado do Acre, que alegou diferenças significativas entre o tucupi do Pará e o tucupi do seu estado, sendo o proveniente do Pará mais adocicado e com a cor amarela mais viva, enquanto que o encontrado no Acre possui acidez muito elevada e coloração mais clara. Tal fato provocou a reflexão sobre a adulteração do produto em sua comercialização, incluindo a utilização do corante amarelo tartrazina e temperos ultraprocessados.

É sabido que, mediante a instrução normativa da ADEPARÁ (ADEPARÁ, 2008), os ingredientes opcionais listados são apenas alho, sal, açúcar e outros componentes vegetais tradicionais como, por exemplo, coentro chicória-do-Pará e alfavaca. No aspecto sensorial, a normatização menciona que a cor pode variar do amarelo mais claro ao intenso. Neste contexto, a utilização de tartrazina além de desnecessária, torna-se prejudicial à saúde, pois se trata de um aditivo alimentar relacionado a diversas reações de hipersensibilidade que provocam problemas de pele, de estômago, respiratórios, incluindo possível surgimento de câncer (Guimarães et. al., 2023).

Após, foi perguntado aos avaliadores se estes sabiam do que e como era feito o tucupi. Prontamente uma voluntária explicou sobre o processo produtivo e listou vários coprodutos da mandioca. Sobre as características nutricionais, os participantes relacionaram a sua cor amarelada com a possível existência de carotenóides e propriedades pró vitamina A. Silva et al. (2023) apontam a presença de carotenoides, que participam da formação da vitamina A, e de β -caroteno no tucupi e Do Carmo Brito et al. (2019) foram pioneiros em avaliar o perfil de amins bioativas e carotenóides durante a fabricação de tucupi. Nesta pesquisa foram encontrados perfis de all-trans- β -caroteno, 9-cis- β -caroteno e 13-cis- β -caroteno, verificados desde as raízes da mandioca até a produção de tucupi. No entanto, foi constatada uma degradação dos carotenóides no decorrer do processo da obtenção do produto final.

Em seguida, os avaliadores foram questionados se a produção do tucupi influenciaria na compra do produto. Todos concordaram que preferem comprar já fermentado, temperado e pronto para consumir, já que a produção do tucupi é bastante trabalhosa e demanda muito tempo e atenção. Um aspecto importante que surgiu foi sobre a fermentação e o tempo de prateleira do tucupi, que é de aproximadamente cinquenta e seis dias (Campos 2016).

Após a ambientação dos provadores e ter sido tirado todas as dúvidas sobre os produtos a serem provados e explicado os objetivos do estudo iniciou-se a seção.

5.6.1.1 Grupo 1: avaliação das formulações de estruturados à base de tucupi

Em um primeiro momento foi apresentada a ideia geral do produto e os objetivos para a sua utilização na culinária. O processo de produção também foi descrito, a fim de que todos ali presentes entendessem o desenvolvimento do estudo até chegar no produto final.

Foi perguntado se era o tucupi ou a manipueira, e se havia alguma intervenção prévia no tucupi utilizado como base para o estruturado. Esclareceu-se que se tratava de um tucupi da marca Manioca® comprado pronto para o consumo e sem qualquer adição de ingredientes extras, apenas os hidrocolóides correspondentes a cada formulação diferente foram adicionados.

A formulação Kappa 50% - Iota 50% foi entregue aos presentes e houve um pedido para que estes avaliassem, primeiramente, quanto ao aroma. Uma pessoa afirmou sentir cheiro intenso e agradável de tucupi e também foi mencionada a expressão “cheiro salgado”. Outra, curiosamente, expressou lembrar de bolo de macaxeira. Pode-se constatar uma linha de raciocínio bastante aceitável já que o tucupi deriva de mandioca e a macaxeira é conhecida como mandioca mansa, uma das muitas variedades da *Manihot esculenta* Crantz. A mesma participante, ao sentir o aroma da formulação já dissolvida em água quente, disse sentir cheiro de jambu e, instantaneamente, afirmou ser uma associação, pois o tucupi e o jambu são muito utilizados em conjunto nos preparos regionais que, em sua maioria, são pratos servidos quentes. Demais integrantes do grupo relacionaram o aroma sentido com tempero Knorr®³, condimentos variados e alimentos adocicados. Todos os presentes classificaram o cheiro como agradável.

Já com a formulação Kappa 75% - Iota 25%, uma participante comentou que a amostra aparentava ser mais resistente e firme que a anterior e o aroma mais ácido. Outras pessoas alegaram que o aroma era mais intenso e forte que a primeira amostra. Uma avaliadora mencionou “cheiro de caramelo”, enquanto que outra relatou “cheiro de sopa”. Mais de uma pessoa afirmou que a segunda amostra tinha “cheiro doce” e que a primeira amostra possuía “mais cheiro de tucupi”, mas, dentre os avaliadores, uma pessoa não sentiu um aroma que se destacasse muito na segunda formulação.

A formulação Kappa 50% - Konjac 50% chamou a atenção acerca da aparência, que afirmaram ser mais escura e heterogênea que as anteriores, destacando alguns grânulos e “bolinhas”. Diante da dissolução em água quente, uma pessoa apontou que a terceira amostra aparentava estar menos diluída se comparada à primeira. Outra avaliadora relatou que lembrou

³ O Guia Alimentar para a População Brasileira desaconselha o uso de temperos prontos na alimentação por se tratar de produtos ultraprocessados e consequente composição nutricional desbalanceada (Brasil, 2014).

de caldo de frango ao vê-la dissolvida. Houve um reforço quanto ao produto estar com o “cheiro menos forte”. Diante da dissolução em água quente, uma pessoa apontou que a amostra Kappa 50% - Konjac 50% aparentava estar menos diluída se comparada à Kappa 50% - Konjac 50%. Outra voluntária relatou que lembrou de caldo de frango ao vê-la dissolvida. Houve um reforço quanto ao produto estar com o “cheiro doce” e “menos forte”.

Por fim, a formulação Kappa 75% - Konjac 25% foi avaliada e bastante comparada à anterior quanto a aparência, apresentando uma cor mais “opaca”, mas com uma textura mais macia. O aroma também é mencionado como “fraco”, parecendo um “caramelo fraco”.

A maioria dos provadores preferiu a amostra Kappa 50% - Iota 50% em impressão global: aparência homogênea, textura mais macia e aroma intenso de tucupi. Uma provadora preferiu a amostra Kappa 75% - Iota 25% por conta do aroma, mas apontou que a textura da primeira formulação a agradou mais. Outra voluntária argumentou que a amostra Kappa 50% - Iota 50% era sua preferida enquanto consumidora por causa do “cheiro condimentado”, a textura bem aceitável e, por isso, a sua aplicabilidade pode ser bastante explorada, além da diluição - ao seu ver - aparentar ser mais eficaz.

Quanto à utilização na cozinha, quem estava conduzindo a análise sensorial perguntou ao grupo se preferiam o produto mais macio ou rígido e todos os presentes optaram pela alternativa mais macia por causar a impressão de que se dissolve mais rápido com o calor. Sobre em quais pratos/preparações o produto poderia ser utilizado, os avaliadores responderam: frango refogado; sobrecoxa; caldos e molhos de peixe; redução com mel para servir com queijo frito; carne de porco ao forno; base para molho *demi glace*; emulsão com azeite, pimenta e mostarda; saborizar arroz; risoto; substituto de tempero para macarrão instantâneo.

Os avaliadores, quando perguntados sobre possíveis tipos de embalagens para o produto, responderam os seguintes: alumínio para evitar possível oxidação, embalagem laminada à vácuo; foi mencionada a possibilidade de produzir em menores porções “tipo bolinhas de sílica” em embalagem de vidro, até mesmo por conta do apelo visual. Após, ocorreu a sugestão de futuros estudos para a proporção de diluição do produto como instrução para o consumidor. Uma provadora propôs que, levando em consideração a textura gelatinosa, fosse embalado revestimento de alumínio, mas em forma de cápsula “tipo cartela de remédio, mas maior” para que o produto pudesse ser destacado de forma individual.

Sobre pontos positivos, destacaram a manutenção do sabor e aroma original, acesso ao tucupi em regiões que seria mais difícil de obter e que muitas pessoas não conhecem, a facilidade de transportar, praticidade de ter um produto pronto para usar. Houve elogios em relação à cor do produto. Como ponto negativo, uma pessoa expressou relutância em utilizar o

produto à base de tucupi para preparos tradicionais da culinária paraense, mas foi reforçado que não se trata de um substituto para o ingrediente, e sim um novo produto para condimentar e contribuir em diversos preparos culinários.

Quando questionados sobre a intenção de compra, todos os presentes demonstraram interesse em futuramente comprar o produto e houve maior preferência pela formulação Kappa 50% - Iota 50% neste grupo.

5.6.2 Grupo 2

Após as boas-vindas e os processos introdutórios semelhantes ao grupo 1 (item 5.5), foi explicado o processo de produção do produto a ser avaliado e seu intuito na culinária. Diante do questionamento se já haviam consumido tucupi, duas pessoas alegaram que não. Sobre o processo de produção e do que se trata o tucupi, todos os integrantes do grupo mencionaram que já tinham noção do que se tratava. Ainda assim foi explicado sobre os meios de fabricação do tucupi (ingrediente tradicional).

Um participante questionou sobre a utilização do tucupi “comercial” “de marca” em detrimento de algo mais artesanal. Sabe-se que a produção e comercialização de tucupi deve seguir a instrução normativa nº 1 de 24/06/2008 da ADEPARÁ (ADEPARÁ, 2008) que preconiza a padronização deste alimento e, sendo assim, utilizando como base um produto certificado e inspecionado, o resultado da pesquisa também estaria dentro das conformidades exigidas.

5.6.2.1 Grupo 2: avaliação das formulações de estruturados à base de tucupi

A formulação Kappa 50% - Iota 50% foi apresentada a todos do grupo e o primeiro termo citado foi “muito agradável”, seguido de “aroma adocicado”. Um participante sentiu “cheiro de marrom glacê”, um doce de batata doce. Após partir a amostra, o mesmo integrante disse sentir “cheiro de caldo”. Outras pessoas concordaram e contribuíram com os seguintes termos descritivos: “tablete de caldo”, “tempero pronto”, “tempero de miojo”. Apesar dessas alegações, o grupo concordou que se tratava de um aroma mais sutil se comparado aos ultraprocessados usados de referência e que era agradável.

A textura foi elogiada pelo grupo, que a classificou como “gelatinosa” e uma pessoa comentou que o produto tinha uma aparência bonita. A cor não agradou um participante, que preferiria “ou mais amarelo ou mais escuro”, pois a coloração da amostra, ao seu ver, estava

em uma tonalidade “pastel”, apesar de parecer fiel à cor do tucupi (produto líquido). Sobre o aroma, apenas uma pessoa não detectou intensidade, enquanto que o resto do grupo considerou a amostra bastante aromática.

Após, a amostra foi dissolvida e todos os participantes gostaram do aroma exalado e, mais uma vez, relacionaram o produto a condimentos prontos, bem como o “cheiro de miojo” e “todo tempero que leva glutamato monossódico”, além de “sopa Vono”, “caldo de peixe”, “cheiro de rio”, “lembrou o Ver-O-Peso”. A dissolução foi apontada como positiva por conta da rapidez na qual ela ocorreu.

A formulação Kappa 75% - Iota 25% foi apresentada e, de antemão, um participante afirmou achar a estrutura mais firme que a amostra Kappa 50% - Iota 50%. Uma outra pessoa falou que lembrou de *curry* e outras especiarias ao sentir o aroma e, nesse contexto, duas pessoas sentiram uma certa picância. Sobre a textura, todos aprovaram e uma pessoa disse não gostar da textura gelatinosa, mas como não iria consumir o produto diretamente e sim dissolvido em preparos culinários, esse fato não seria decisivo. Três participantes consideraram a amostra mais aromática do que a Kappa 50% - Iota 50% e uma pessoa achou a amostra mais escura.

Enquanto a amostra era dissolvida, o grupo observou que ela se mantinha “estruturada até o final” e que “se dissolveu inteira”, diferentemente da primeira amostra, que “se dissolvia em partes”. Um participante observou que o “caldo dissolvido” aparentou ser mais denso em comparação à primeira amostra diluída. Mais uma vez uma pessoa relembrou o “cheiro de miojo” e outro participante apontou essas características positivas do ponto de vista comercial. Uma avaliadora argumentou que, entre um tablete de tempero pronto, ultraprocessado, e o produto avaliado, escolheria este último justamente por conta do menor teor de aditivos alimentares.

Sobre a formulação Kappa 50% - Konjac 50%, foi apontado um aspecto mais heterogêneo do que as anteriores e uma pessoa descreveu como “poroso”, aparentando “uns pontinhos”, “grânulos”, “bolhas” e “partículas”, assim como aparente exsudação, o que a torna menos atrativa dentre todas as mostras até então avaliadas. Alguns avaliadores perceberam um aroma mais adocicado e sutil, um participante comparou com “doce de abóbora com cravo”. Uma pessoa classificou a textura como “mais resistente à quebra”, e outros presentes concordaram, surgindo o termo “ponto de corte”.

Quanto à sua dissolução, foi percebido que demorou um pouco mais que as anteriores. O aroma foi considerado mais fraco, e um “cheiro salgado”, “cheiro de mar”. A partir deste momento não houve mais comentários sobre a amostra, que o grupo alegou ser a “menos preferida”.

Após, o grupo recebeu a formulação Kappa 75% - Konjac 25% para análise. Uma avaliadora afirmou que a amostra era visualmente semelhante à formulação Kappa 50% - Konjac 50%, mas que “cortava melhor”, e “duro por fora e mole por dentro”. O fato de as amostras de Kappa 50% - Konjac 50% e Kappa 75% - Konjac 25% apresentarem a mesma aparência pode ser explicado pela utilização dos mesmos hidrocolóides, mesmo que em proporções diferentes. O mesmo aspecto “poroso” também foi citado, bem como uma aparência de “talhado”. O aroma foi elogiado, pois os participantes concordaram em se tratar de uma amostra bem aromática, adocicada e agradável do que a Kappa 50% - Konjac 50%.

Ao chegar no momento da dissolução, um avaliador relatou ter observado essa situação relativa a cada amostra e demonstrou não perceber uma diferença significativa entre todas as quatro formulações avaliadas. O formato apresentado foi aprovado pelo grupo e houve a sugestão de produzir também na forma retangular/tablete e totalmente esférico. O grupo sugeriu como opções de embalagens cartela “tipo comprimidos”; “geleia de hospital” individual; vidro transparente “para enfeite” e embalagens similares às de missô.

Acerca da utilização do produto estruturado de tucupi na culinária, os avaliadores mencionaram acompanhamentos como maionese e molhos; preparos com caldos como peixada e moqueca; vatapá; recheios de tortas e salgados “por conta do sabor de umami” e colocar debaixo da pele de aves para assar. Quando feita a pergunta sobre a intenção de compra, todos os avaliadores responderam que comprariam o produto. Em sua maioria, o grupo elencou como amostra favorita a de formulação Kappa 75% - Iota 25%.

5.7 Desenvolvimento de preparações culinárias e elaboração de fichas técnicas

Dentre as várias sugestões dos participantes sobre a utilização culinária do produto estruturado de tucupi durante as sessões dos grupos focais, foram elaboradas três preparações, que serão descritas nos itens abaixo. Considerando que cada unidade de produto varia de 4,6 a 5,0 g, a referência para as fichas técnicas será descrita como quantidade de produto destacado dos moldes e sua massa aproximada.

Vale ressaltar que, apesar de ter sido adicionado em todos os pratos, o produto é rapidamente dissolvido em calor, contribuindo em aroma e em aporte de sabor nos preparos.

5.7.1 Risoto de camarão

Ao invés de utilizar arrozes como o arbóreo ou o carnaroli, esta preparação contou com a participação do arroz da terra, proveniente da Serra da Ibiapaba, no Ceará. Ele também contém altos teores de amido, o que facilita a reprodução da técnica de risotos, conferindo cremosidade e um bom resultado sensorial, apresentando vantagens como o custo baixo de compra e o incentivo à produção regional. O tucupi estruturado foi adicionado na quantidade de três unidades junto à última porção de caldo de legumes e dissolveu em menos de um minuto.

Por ser bastante utilizado junto a frutos do mar na sua forma mais tradicional, o tucupi, como se era esperado, conseguiu se adequar ao sabor do camarão, bem como dos outros elementos adicionados ao prato (Figura 15).

Figura 15 - Risoto de camarão saborizado com produto estruturado à base de tucupi.



Foto: Jarbas Lima da Silva (2024).

A ficha técnica do preparo do risoto de camarão utilizando produto estruturado de tucupi pode ser visualizada na Figura 16.

Figura 16 - Ficha técnica do preparo do risoto de camarão saborizado com produto estruturado à base de tucupi.

RISOTO DE CAMARÃO SABORIZADO COM ESTRUTURADO DE TUCUPI			
Qtde.	Unid.	Ingrediente	Modo de preparo
500	g	Camarão rosa	1. Colocar uma panela média em fogo médio. Adicionar um fio de azeite e deixar esquentar. Enquanto isso, temperar os camarões já limpos
300	g	Arroz da terra (ou arbóreo)	

2000	mL	Caldo de legumes (<i>mirepoix</i>)
100	mL	Vinho branco seco
15	g	Estruturado de tucupi
30	g	Pimentão vermelho em <i>brunoise</i>
30	g	Pimentão amarelo em <i>brunoise</i>
10	g	Cebola branca em <i>ciseler</i>
3	g	Alho picado
100	g	Queijo parmesão ralado
100	mL	Azeite extravirgem
50	g	Manteiga sem sal gelada
Qtb.	-	Rabanete em lâminas finas
Qtb.	-	Tomilho fresco
Qtb.	-	Sal
Qtb.	-	Pimenta do reino moída

com sal e pimenta.

2. Adicionar os camarões, espalhar bem na superfície da panela e deixar dourar por aproximadamente 1 minuto de cada lado. Reservar.

3. Na mesma panela, adicionar um fio de azeite e refogar a cebola até ficar translúcida. Juntar o alho e refogar até dourar. Após, colocar os pimentões e, logo em seguida, o arroz e temperar com uma pitada de sal. Continuar refogando por aproximadamente 1 minuto.

4. Adicionar o vinho branco e mexer bem até evaporar. Com o auxílio de uma concha, adicionar aos poucos o caldo de legumes e mexer sem parar. Quando o arroz absorver o líquido, adicionar mais uma concha do caldo. Repetir esse processo até que o arroz fique *al dente*, ou seja, macio por fora, mas firme no centro do grão.

5. Juntar o estruturado de tucupi por aproximadamente 1 minuto, até que derreta e incorpore ao preparo. Adicionar os camarões.

6. Desligar o fogo, adicionar o queijo ralado e mexer. Em seguida, colocar a manteiga, mexer e acerte o sal.

7. Finalizar com o rabanete e o tomilho fresco. Servir ainda quente.

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

5.7.2 Sobrecoxa, redução de cajuína e tucupi e vegetais tostados

Nesta preparação, o produto estruturado de tucupi foi empregado tanto na redução quanto na sobrecoxa. Foi realizado um pequeno corte entre a pele e a carne da sobrecoxa - já após ter sido temperada com sal e limão - para inserir uma unidade de produto estruturado de tucupi (Figura 17). Não se utilizou outros variados temperos no intuito de conferir um sabor diferenciado por meio do tucupi após o assamento em forno de convecção.

Figura 17 - Corte entre pele e carne da sobrecoxa de frango para inserir o estruturado.



Foto: Jarbas Lima da Silva (2024).

Para a redução, foram adicionadas duas unidades de estruturado para 500 ml de cajuína, 5g de açúcar mascavo, sal e pimenta à gosto por aproximadamente vinte minutos ou até obter a consistência desejada. O prato finalizado pode ser visualizado na Figura 18.

Figura 18 - Sobrecoxa, redução de cajuína com tucupi estruturado e vegetais tostados.



Foto: Jarbas Lima da Silva (2024).

A ficha técnica do preparo da sobrecoxa de frango, redução de cajuína e vegetais tostados utilizando produto estruturado de tucupi pode ser visualizada na Figura 19.

Figura 19 - Ficha técnica do preparo da sobrecoxa, redução de cajuína com tucupi estruturado e vegetais tostados.

SOBRECOXA, REDUÇÃO DE CAJUÍNA E VEGETAIS TOSTADOS			
Qtde.	Unid.	Ingrediente	Modo de preparo
1	-	Sobrecoxa de frango	<ol style="list-style-type: none"> Iniciar limpando a sobrecoxa e temperando com o limão, um fio de azeite, o sal e a pimenta. Reservar e deixar sob refrigeração por, no mínimo, uma hora. Se possível, deixar por 12 horas. Em uma panela média, colocar a cajuína, uma pitada de sal e pimenta. Ligar o fogo médio e quando o líquido levantar fervura, adicionar duas unidades (aproximadamente 10g de estruturado de tucupi). Misturar e colocar o fogo na chama mínima por 15 minutos, sempre mexendo, até chegar em uma consistência mais grossa. Desligar o fogo e reservar. Cortar a batata no sentido do comprimento, até obter o formato “canao”. Cortar a cenoura no sentido do comprimento, em espessura fina. Cozinhar a batata e a cenoura até que fiquem <i>al dente</i>. Cortar a cebola pela metade e reservar. Retirar a sobrecoxa da geladeira e fazer um pequeno corte entre a pele e a carne. Neste espaço, introduzir uma unidade de estruturado de tucupi (5g). Levar ao forno pré-aquecido a 180 oC por 1 hora, até dourar. Aquecer uma frigideira e adicionar um fio de azeite. Deixar bem quente e colocar os vegetais até que fiquem tostados e, enfim, juntar a manteiga. Após pronto, retirar o frango do forno, servir em um prato com os vegetais e regar com a redução de cajuína. Finalizar com os ramos de coentro e brotos.
1	Colher de sopa	Sumo de limão	
15	g	Estruturado de tucupi	
500	mL	Cajuína	
5	g	Açúcar mascavo	
100	mL	Azeite extravirgem	
50	g	Manteiga sem sal	
10	g	Cebola pérola	
30	g	Cenoura cortada em fita	
30	g	Batata inglesa	
Qtb.	-	Coentro	
Qtb.	-	Broto de agrião	
Qtb.	-	Sal	
Qtb.	-	Pimenta do reino moída	

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

5.7.3 Queijo coalho grelhado, melado de cana e tucupi

Comumente servido como aperitivo ou entrada, queijo com melado é atrativo por se tratar de uma combinação agridoce. Neste preparo, utilizou-se de uma unidade de tucupi estruturado a fim de neutralizar o doce excessivo do melado de cana, na proporção de uma

unidade do produto para 40g. Após a dissolução e homogeneização, foi servido junto ao queijo previamente grelhado (Figura 20).

Figura 20 - Queijo coalho grelhado, melado de cana e estruturado de tucupi.



Foto: Jarbas Lima da Silva (2024).

A ficha técnica do preparo do queijo coalho grelhado e melado de cana utilizando produto estruturado de tucupi pode ser visualizada na Figura 21.

Figura 21 - Ficha técnica do preparo do queijo coalho grelhado, melado de cana e estruturado de tucupi.

QUEIJO COALHO GRELHADO COM MOLHO DE MELADO DE CANA E ESTRUTURADO DE TUCUPI			
Qtde.	Unid.	Ingrediente	Modo de preparo
500	g	Queijo coalho cortado em cubos médios	1. Em uma panela pequena, colocar o melado de cana e duas unidades de estruturado de tucupi (aproximadamente 10g). Levar ao fogo médio até o estruturado derreter. Reservar. 2. Aquecer uma frigideira antiaderente em fogo alto e adicionar os cubos de queijo. Não mexer até que doure e repetir o processo com todos os lados. 3. Servir o queijo grelhado junto do molho como aperitivo.
80	g	Melado de cana	
10	g	Estruturado de tucupi	

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

6 CONCLUSÃO

As amostras de tucupi comercial e ressuspenso apresentavam-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente, com algumas variações, que podem se dever à falta de padronização, tempo de fermentação da manieira indeterminados e grande variedades de mandiocas utilizadas para obter o tucupi.

As combinações dos hidrocolóides utilizados neste estudo não exerceram influência nas características físico-químicas, cor, capacidade antioxidante e compostos fenólicos, onde estes apresentaram valores semelhantes para essas determinações.

A avaliação sensorial foi crucial para definir, dentre as quatro formulações elaboradas, quais as possivelmente mais aceitáveis pelo público consumidor e os dois estruturados mais bem pontuados foram Kappa 50%-Iota 50% e Kappa 75%-Iota 25%, o que leva a pensar que a sinergia das carrageninas aproximou as formulações de atributos considerados ideais para o produto e sua utilização. Os grupos, compostos por estudantes da graduação e da pós graduação em gastronomia desempenhou um papel muito importante e todos os presentes se mostraram assíduos e participativos, analisando detalhadamente todas as amostras, observando semelhanças e diferenças entre elas, além das valiosas contribuições sobre as possibilidades de uso do produto à base de tucupi na gastronomia, bem como as técnicas culinárias mais interessantes a ser empregadas do desenvolvimento de preparos.

A avaliação sensorial foi fundamental para identificar as formulações mais aceitas, destacando Kappa 50% - Iota 50% e Kappa 75% - Iota 25%. A sinergia entre as carrageninas nessas formulações se aproximou dos atributos ideais. O grupo focal foi fundamental, fornecendo análises detalhadas e valiosas contribuições sobre o uso do produto à base de tucupi na gastronomia. Estes resultados consolidam a viabilidade e atratividade sensorial do produto, destacando seu potencial na culinária.

Foi identificada a viabilidade técnica da utilização dos estruturados de tucupi na elaboração de preparações culinárias, sendo de fácil utilização dos mesmos, assim como sua contribuição no aroma e no aporte de sabor.

O produto desenvolvido a base de tucupi tem o mérito de alcançar um amplo público, inclusive aqueles que seguem dietas restritivas, dado que possui baixos teores de gordura e não contém leite, glúten e derivados de produtos de origem animal em sua composição. Além disso, oferece benefícios logísticos ao simplificar o transporte para regiões mais distantes do estado - ou até mesmo do país -, proporcionando novas experiências gastronômicas tanto para indivíduos não familiarizados com o produto, quanto para aqueles que

já têm familiaridade com o alimento, porém em suas formas mais tradicionais.

Diante disso, nota-se a importância da introdução de estruturados de tucupi na gastronomia, revelando-se como uma alternativa inovadora e versátil, não atendendo apenas às demandas por novidades e experiências sensoriais, mas também representa um avanço significativo no enriquecimento e diversificação do repertório culinário.

Também foram realizadas determinações importantes da quantificação de compostos fenólicos e capacidade antioxidante no tucupi e em seus estruturados, resultados escassos na literatura.

Sugere-se em estudos posteriores um maior detalhamento na qualificação e quantificação dos compostos bioativos presentes no tucupi e em seus produtos durante o processo de fermentação e ao longo do tempo de armazenamento do mesmo, bem como avaliação de suas atividades biológicas.

REFERÊNCIAS

- ADEPARÁ - AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO PARÁ. Instrução Normativa n.º 001/2008 de 24 de junho de 2008. Padrão de identidade e qualidade do tucupi para comercialização no Estado do Pará. **Diário Oficial do Estado do Pará**, p. 7, 26 jun. 2008. Seção 3.
- ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; DO PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; DE LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.051>.
- AZOUBEL, P. M.; ARAÚJO, A. J. B.; OLIVEIRA, S. B.; AMORIM, M. R. Restructuring *Passiflora cincinnata* fruit pulp: influence of hydrocolloids. **Food science and technology**, v. 31, p. 160-166, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000100023>
- BENEMANN, N. W.; MENASCHE, R. Pitadas sobre tradição e inovação na cozinha contemporânea: por uma antropologia do cozinhar. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 25, n. 3, p. 477-496, 2017.
- BLACKMORE, W. R.; HARPELL, A. R. Carrageenan. In: IMESON, A. **Food stabilisers, thickeners and gelling agents**. West Sussex: Wiley-Black Well, 2010. P. 73-88.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa n.º 60 de 23 de dezembro de 2019**. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 dez. 2019, Edição 249, Seção 1, p. 133.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed., 1. reimpr. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.
- BRITO, B. N. C.; MARTINS, M. G.; CHISTÉ, R. C.; LOPES, A. S.; GLORIA, M. B. A.; PENA, R. S. Total and Free Hydrogen Cyanide Content and Profile of Bioactive Amines in Commercial Tucupi, a Traditionally Derived Cassava Product Widely Consumed in Northern Brazil. **Foods**. v 12, n. 23, p. 4333, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12234333>.
- BRITO, S. A. **Cozinha Peruana: Desenvolvimento de ajis estruturados e seu uso culinário**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Gastronômicas). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. 2019.
- CAETANO, R. G. **Isolamento e identificação molecular de bactérias lácticas e leveduras envolvidas no processo fermentativo da mandioca para produção de tucupi e avaliação higiênico sanitário**. 2018. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
- CAMPOS, A. P. R. **Estudo do Processo de Conservação do Tucupi**. 2016. 87 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

- CAMPOS, A. P. R.; CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A. **Efeito da fermentação e cocção nas características físico-químicas e teor de cianeto durante o processamento de tucupi**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 107. Embrapa Amazônia Oriental-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2016.
- CAGNON, J. R.; CEREDA, M. P.; PANTAROTTO, S. Glicosídeos cianogênicos da cassava: biossíntese, distribuição, destoxificação e métodos de dosagem. *In*: CEREDA, M. P. (Coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 2, cap. 5, p. 83-99.
- CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A.; CAMPOS, A. P. R. Avaliação da qualidade do tucupi comercializado em Belém do Pará e indicações para melhoria do processo de produção e conservação. *In*: ALVES, R. N. B.; Modesto-Júnior, M. S. **Mandioca: agregação de valor e rentabilidade de negócios**, Brasília, DF: Embrapa Amazônia Oriental, 2019. p 109-125.
- CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O. Determinação de cianeto total nas farinhas de mandioca do grupo seca e d'água comercializadas na cidade de Belém-PA. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 2, n. 2: p. 96-102, 2008.
- COHEN, K. O.; OLIVEIRA, S. S.; CHISTÉ, R. C. **Quantificação de teores de compostos cianogênicos totais em produtos elaborados com raízes de mandioca**. Documentos 290. Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E), 2007.
- CONCEIÇÃO, J. G.; BARBOSA, A. G. F.; SILVA, I. M. M.; FREITAS, F.; CAMILO, V. M. A. Fichas Técnicas de Preparações Regionais como instrumento para preservação da identidade cultural. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 16, e57174, 2021. <https://doi.org/10.12957/demetra.2021.57174>.
- COSTA, T. S.; CARMO, J. R.; BRAGA, A. C. C.; PENA, R. S. Tucupi creamy paste: development, sensory evaluation and rheological characterization. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 37, 115-124. 2017. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.34516>
- COSTA, T. S.; CARMO, J. R.; PENA, R. S. Powdered tucupi condiment: sensory and hygroscopic. **Food Science and Technology**, v. 38, p. 33-40. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.36816>
- DA COSTA, J. N., NASCIMENTO, L. G. L., LEAL, A. R., DANALACHE, F., LEITE, B. S. M., FIGUEIREDO, R. W., SOUSA, P. H. M. Effect of agar and gellan gum on structured guava (*Psidium guajava* L.): Rheological behavior and gastrointestinal digestion in vitro. **Food Bioscience**, v. 42, 101165, 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221242922100290X>. Acesso em: 04 fev. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101165>.
- DA SILVA, C. N. P.; TVARES, A. L.; MARTINS, M. M.; RAMOS, R. S.; CARVALHO, V. M. T. Caracterização físico-química e microbiológica de molho de tucupi preto e molho shoyu. *In*: NASCIMENTO, R. M. (org.). **Microbiologia: clínica, ambiental e alimentos**. Ponta Grossa - PR: Atena, 2021. <https://doi.org/10.22533/at.ed.5432101201>.
- DA SILVA, A. K. N.; VELOSO, E. A. C.; MOREIRA, P. I. O.; ANDRADE, A. C. B.; MACEDO, C. S.; NAGATA, V. M. N. Minimização do impacto ambiental na comunidade do Poacê (Moju-Pa) pela elaboração de fermentado acético de manipueira. *In*: PONTES, A. N. (org.). **Multidisciplinaridade nas Ciências Ambientais: biotecnologia de alimentos e**

plantas e impactos ambientais das atividades agropecuárias. – Belém: EDUEPA, 2017. 244 p.

DELLA LUCIA, S. M.; MINIM, V. P. R. Grupo de foco. *In*: MINIM, V. P. R. (ed.) **Análise sensorial - Estudos com consumidores.** Viçosa: Editora UFV, 2006, p. 85-109.

DIAS, V. L.; RODRIGUES, N. L.; CALIXTO, M. S. **A fabricação do tucupi e seu uso na preparação de molhos de pimenta artesanais.** *In*: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química – ENEQ. 2016, Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química. Florianópolis - SC, 2016.

DO CARMO BRITO, B. N.; CHISTÉ, R. C.; LOPES, A. S.; GLORIA, M. B. A.; PENA, R. S. Influence of spontaneous fermentation of manipueira on bioactive amine and carotenoid profiles during tucupi production. **Food Research International**, v. 120, p. 209-216, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.02.040>.

DÓRIA, Carlos Alberto. **A formação da culinária brasileira.** São Paulo: Publifolha, 2009. – Série 21.

FIDALGO, J. G. **A autenticidade da gastronomia paraense.** 2007. Monografia (Especialização em Padrões Gastronômicos) - Universidade Anhembí Morumbi. São Paulo, 2007.

FREIXA, D.; CHAVES, G. **Gastronomia no Brasil e no mundo.** 3ª edição. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2013.

GILL, B. S.; SODHI, N. S.; SINGH N.; SINGH M.; SINGH D. Effects of °Brix, sodium alginate and drying temperature on colour, texture and sensory properties of Dushehari mango leather. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, p. 373-378, 2004.

GRAHAM, S.; MARINA, P. F.; BLENCOWE, A. Thermoresponsive polysaccharides and their thermoreversible physical hydrogel networks. **Carbohydrate Polymers**, v. 207, p. 143-159, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.11.053>.

GROXKO, M. **Prognóstico agropecuário - Mandioca 2022/2023.** Secretaria da Agricultura e do Abastecimento - Departamento de Economia Rural - DERAL, Paraná, v. 14, p. 3313-4010, 2022.

GUIMARÃES, R. C. A.; NASCIMENTO, V. A.; BOGO, D.; HIANE, P. A. Corantes artificiais: uma revisão. **Multitemas**, v. 28, n. 69, p. 67–82, 2023. <https://doi.org/10.20435/multi.v28i69.3776>

IERVOLINO, S. A.; PELICIONI, M. C. F. A utilização do grupo focal como metodologia qualitativa na promoção da saúde. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 35, p. 115-121, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0080-62342001000200004>.

IMEH, U.; KHOKHAR, S. Distribution of Conjugated and Free Phenols in Fruits: Antioxidant Activity and Cultivar Variations, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 22, p. 6301-6306, 2002. <https://doi.org/10.1021/jf020342j>.

IMESON, A. P. Carrageenan and furcellaran. *In*: Phillips, G. O.; Williams, P. A. (eds.). **Handbook of Hydrocolloids.** Cambridge: Woodhead Publishing Ltda, 2000. p 164 - 185.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

ISMAIL, A.; MARJAN, Z. M.; FOONG, C.W. Total Antioxidant Activity and Phenolic Content in Selected Vegetables. **Food Chemistry**, v. 87, n. 4, p. 581-586. 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.010>.

KAREEM, B.; IRONDI, E. A.; ALAMU, E. O.; AJANI, E. O.; ABASS, A.; ADESOKAN, M.; PARKES E.; AND MAZIYA-DIXON, B. Influence of traditional processing and genotypes on the antioxidant and antihyperglycaemic activities of yellow-fleshed cassava. **Frontier in Nutrition**, v9, 894843, 2002. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.894843>.

KÖVESI, B.; SIFFERT, C.; CREMA, C.; MARTINOLI, G. **400 gramas: TÉCNICAS DE COZINHA**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2007.

LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997. <https://doi.org/10.1021/jf960282f>

LEAL, A. R.; OLIVEIRA, L. S.; FARIAS, L. M.; ALVES, C. A. N.; DA COSTA, J. N.; MATA, P.; SOUSA, P. H. M. Elaboration of mixed structured fruit formulations with agar and gellan gum: Texture, physicochemical, and sensory properties. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 23, 100294. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100294>

LIMA, G. A. T. D. **Efeito de polissacarídeos de algas marinhas na agregação plaquetária e coagulação plasmática**. 2020, 90 p. Tese (Doutorado em Ciências e Biotecnologia) – Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.

LISBOA, A., SIMONIAN, L. T. L. Gastronomia internacional e hábitos alimentares amazônicos: expansão e transformação. **Papers do NAEA**, 1, 273, 2010. <http://dx.doi.org/10.18542/papersnaea.v19i1.11369>

MAUES, R. H.. Almoço do Círio: um banquete sacrificial em homenagem a Nossa Senhora de Nazaré. **Religião e Sociedade**, v. 36, n. 2, p. 220-243, 2016. <https://doi.org/10.1590/0100-85872016v36n2cap10>.

MARANHÃO, R. F. A.; BASTOS, S. R.; MARCHI, M. M. Cultura e sociedade no sistema culinário da mandioca no Brasil. **Revista Sociais e Humanas**, v. 28, n. 2, p. 54–68, 2015. <https://doi.org/10.5902/2317175816893>.

MODESTO JUNIOR, M. S., ALVES, R. N. B. Fabricação artesanal de derivados da mandioca: tucupi e goma. **Portal Dia de Campo**, 09 de abr. 2012.

NECAS, J.; BARTOSIKOVA, L. Carrageenan: a review. **Veterinari medicina**, v. 58, n. 6, p. 187-205, 2013. <https://doi.org/10.17221/6758-VETMED>

OBANDA, M.; OWUOR, P.O. Flavanol Composition and Caffeine Content of Green Leaf as Quality Potential Indicators of Kenyan **Black Teas**. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, United States, v.74, p.209-215, 1997.

OBOH, G.; ALABI, K. B.; AKINDAHUNSI, A. A. Fermentation changes the nutritive value, polyphenol distribution, and antioxidant properties of *Parkia biglobosa* seeds (African locust beans). **Food Biotechnology**, v. 22, n. 4, p. 363-376, 2008.
<https://doi.org/10.1080/08905430802463404>

OLIVEIRA, R. C. S. **Avaliação da citotoxicidade, genotoxicidade e mutagenicidade da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em célula tumoral HepG2**. 2012, 49 p. Tese (Doutorado em Toxicologia) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012.

QUIROGA, A. L. B. Espessantes, **Food Ingredientes Brasil**, n. 40, 20-44, 2017.

RE, R.; PELEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying and improved ABTS^{•+} radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9/10, p. 1231-1237, 1999.
[https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3).

IRAKOZE, M. L.; WAFULA, E. N.; OWAGA, E. E. Effect of Lactic Acid Fermentation on Phytochemical Content, Antioxidant Capacity, Sensory Acceptability and Microbial Safety of African Black Nightshade and African Spider Plant Vegetables. **Bactérias**, v. 2, n. 1, p. 48-59, 2023. <https://doi.org/10.3390/bacteria2010004>.

ROCHA, F. G. Gastronomia: Ciência e profissão. **Arquivos Brasileiros de Alimentação**, v. 1, n. 1, p. 3-20, 2015. <https://doi.org/10.53928/aba.v1i1.417>.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; JIMÉNEZ, J. P.; CALIXTO, F. D. S. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS.+** . Comunicado Técnico 128. Embrapa, Fortaleza, 2007.

SACHO, S. D.; ZANG, W. A. F.; ZANG, J. W.; Hora, K. E. R. Produção científica sobre o biogás dos resíduos do beneficiamento da mandioca no Brasil: características e abordagens. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 26, p. e8, 2022.
<https://doi.org/10.5902/2236117068531>.

SANTOS, F. P.; BRUNIERA, L. B.; GARCIA, C. E. R. Carragena: uma visão ambiental. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 24, n. 47, p. 58-68, 2018.

SANTOS, V. F. N.; PASCOAL, G. B. Aspectos gerais da cultura alimentar paraense. **RASBRAN - Revista da Associação Brasileira de Nutrição**. v. 5, n. 1, p. 73-80, 2013.

SHIMADA, T. A. **Caracterização do konjac em pó e elaboração de Gel**. 2013, 37p. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação (Curso Superior de Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Londrina, 2013.

SILVA, M.; MAIA, J. G.; WOLTER FILHO, W.; MOURÃO, A. P. Determinação de ácidos orgânicos em plantas e alimentos da Amazônia. I-Ácidos orgânicos do Tucupí, **Acta Amazonica**, v. 6, n. 2, p. 235-236, 1976.

SILVA, R. P. **Produção de biocarvão de casca de mandioca: perspectivas de aplicações ambientais**. 2023. 22 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2023.

SILVA, A. P. R.; PANTOJA, G. V.; CRISPINO, A. C. S.; BRAGA, Y. P.; LIMA, M. F. T.; SILVA, L. F.; RODRIGUES, E. A. L.; OLIVEIRA, J. A. R. Tucupi: a review of uses, physical-chemical, nutritional properties and technologies. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 5, p. 17467-17487, 2023. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n5-199>.

SINGHAL, P.; SATYA, S.; NAIK, S. N. Fermented bamboo shoots: A complete nutritional, anti-nutritional and antioxidant profile of the sustainable and functional food to food security. **Food Chemistry: Molecular Sciences**, v. 3, 100041, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2021.100041>.

SOUZA, F. F.; AGUILAR, P. B.; AZEVEDO, J. M. A.; LIMA, C. B.; COSTA, L. F. R.; SORIANO, N. M. G. Avaliação da composição bromatológica da casca da mandioca: uma alternativa para a alimentação animal no Vale do Juruá-Acre. **Cadernos de Agroecologia**, Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe, v. 15, n. 2, 2020.

SUGIHARTO, S.; YUDIARTI, T.; ISROLI, I. Assay of antioxidant potential of two filamentous fungi isolated from the Indonesian fermented dried cassava. **Antioxidants**, v. 5, n. 1, p. 6, 2016. <https://doi.org/10.3390/antiox5010006>.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4.ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161p. Disponível em: http://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf.arquivo=taco_4_versao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 13 mar. 2022.

WRIGHT, J.; TREUILLE, E. **Le Cordon Bleu: todas as técnicas culinárias**, São Paulo: Ed. Marco Zero, 2016.

YANG, D.; YUAN, Y.; WANG, L.; WANG, X.; MU, R.; PANG, J.; XIAO, J.; ZHENG, Y. A Review on Konjac Glucomannan Gels: Microstructure and Application, **International Journal of Molecular Sciences**. v. 18, n. 11, p. 2250. <https://doi.org/10.3390/ijms18112250>.

ZHANG, W.; RHIM, J. W. Recent progress in konjac glucomannan-based active food packaging films and property enhancement strategies, **Food Hydrocolloids**, v 128, 107572, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107572>.

ZHU B.; NI F.; SUN Y.; ZHU X.; YIN H.; YAO Z.; DU Y. Insight into carrageenases: major review of sources, category, property, purification method, structure, and applications. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 38, n. 8, p. 1261–1276, 2018. <https://doi.org/10.1080/07388551.2018.1472550>.