

Desenvolvimento e caracterização de farinha de tapioca obtida a partir de féculas de mandiocas cultivadas no Nordeste do Pará**Development and characterization of tapioca flour obtained from cassava starches cultivated in the Northeast of Pará**

DOI:10.34117/bjdv6n7-005

Recebimento dos originais: 03/06/2020

Aceitação para publicação: 01/07/2020

Priscilla Andrade Silva

Doutora em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal Rural da Amazônia.

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: prisciandra@yahoo.com.br

Igor Vinícius de Oliveira

Mestre em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal Rural da Amazônia.

Instituição: Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Endereço: Folha 31, Quadra 07, Lote Especial, s/n.º - Nova Marabá, Marabá – PA, Brasil.

E-mail: igor.oliveira@unifesspa.edu.br

Rodrigo Oliveira Aguiar

Mestre em Biotecnologia Aplicada à Agropecuária pela Universidade Federal Rural da Amazônia.

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil.

E-mail: rodrigoagro08@hotmail.com

Wilton Pires da Cruz

Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Rodovia PA 275 s/n – Km 13, Zona Rural, Parauapebas – PA, Brasil.

E-mail: wilton@uft.edu.br

Luiza Helena da Silva Martins

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas.

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil.

E-mail: luiza.martins@ufra.edu.br

Fabio Israel Martins Carvalho

Doutor em Química (Química Analítica) pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia

Endereço: Rodovia PA 275 s/n – Km 13, Zona Rural, Parauapebas – PA, Brasil.

E-mail: fabioimc@yahoo.com.br

Alessandra Santos Lopes

Doutora em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas.

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: R. Augusto Corrêa, nº 01, Guamá, Belém - PA, Brasil.
E-mail: aslopes@ufpa.br

Rosinelson da Silva Pena

Doutor em Engenharia Química pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Instituição: Universidade Federal do Pará
Endereço: R. Augusto Corrêa, nº 01, Guamá, Belém - PA, Brasil.
E-mail: rspena@ufpa.br

RESUMO

A farinha de tapioca é um alimento produzido artesanalmente a partir da fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização físico-química e morfológica, e a avaliação microbiológica e sensorial das farinhas de tapioca obtidas com as féculas de três variedades de mandioca produzidas no estado do Pará (Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho), através de dois processos térmicos (com e sem escaldamento) utilizados pelos produtores paraenses. Na formulação das farinhas foram utilizados grânulos de fécula, com 40% de umidade inicial e tamanho médio inferior a 3,0 mm. Todas as farinhas de tapioca obtidas atenderam os padrões de identidade físico-químicos e de qualidade microbiológica, estabelecidos pela Legislação Brasileira. A microscopia eletrônica de varredura indicou que a etapa de escaldamento provoca um maior dano nos grânulos da farinha de tapioca. A farinha de tapioca obtida com a fécula da variedade de mandioca Paulo Velho e não submetida ao processo de escaldamento foi a que obteve a maior aceitação dos provadores, porém todas as farinhas obtiveram boa aceitação.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, físico-química, morfologia, análise sensorial.

ABSTRACT

The tapioca flour is a food produced by handmade from manioc starch (*Manihot esculenta* Crantz). This work aimed to perform the physical-chemical and morphological characterization, and the microbiological and sensorial evaluation of tapioca flour obtained with the starch of three varieties of cassava produced in the state of Pará (Pai Ambrósio, Pocu and Paulo Velho), through two thermal processes (with and with no boiling) used by Pará producers. In the formulation of flours, we used starch granules with 40% of initial moisture and average size less than 3.0 mm. All tapioca flours obtained complied with the standards of physical-chemical identity and microbiological quality, established by the Brazilian Legislation. The Scanning electron microscopy indicated that the boiling step causes greater damage on the tapioca flour granules. The tapioca flour obtained with the Paulo Velho cassava variety starch and not subjected to the boiling process was the one that received the greatest acceptance from the tasters, but all the flours obtained good acceptance.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz, physicochemical, morphology, sensory analysis.

1 INTRODUÇÃO

A mandioca é uma espécie de grande interesse agrônomico, que pode ser classificada como doce ou amarga. É um dos vegetais mais cultivados no mundo, especialmente nos trópicos, sendo o Brasil um dos principais países produtores (NWOKOCHA et al., 2009; FRANCK et al., 2011). Se adaptada bem às condições edafoclimáticas brasileiras e é tolerante a estresses bióticos e abióticos, podendo apresentar rendimentos elevados até mesmo em solos já esgotados por outras culturas (EMBRAPA, 2005; SOUZA et al., 2008).

Entre os produtos e subprodutos da mandioca, o mais versátil e valorizado é a fécula, denominação que a Legislação Brasileira dá à fração amilácea originária de raízes e tubérculos (BRASIL, 2005). A fécula de mandioca, conhecida também, em algumas regiões brasileiras, como polvilho doce ou goma, é um pó fino, branco, inodoro, insípido, que produz ligeira crepitação quando comprimido entre os dedos (BELEIA et al., 2006). É um polissacarídeo natural, constituído de cadeias lineares (amilose) e ramificadas (amilopectina) (OSUNDAHUNSI et al., 2011). Segundo Cereda e Vilpoux (2003), a fécula de mandioca é utilizada em mais de mil segmentos industriais.

A farinha de tapioca consiste em um sagu expandido, que na região Norte é considerado um dos principais produtos de consumo obtido a partir da fécula de mandioca. Sua fabricação é realizada em fornos com movimentação manual ou mecanizada (SILVA et al., 2013). O sagu assume o mesmo papel no Sul e Sudeste do país e apresenta formas granulométricas variadas. A farinha de tapioca é consumida na região amazônica na forma de mingaus, roscas, bolos, pudins, sorvetes, bem como no acompanhamento da bebida açaí; e é comercializada nas feiras livres da cidade de Belém (CEREDA; VILPOUX, 2003; CHISTÉ et al., 2012).

No estado do Pará, particularmente na Zona Bragantina, estão situadas as “casas de farinha de tapioca”, locais onde a farinha é elaborada de forma artesanal e em pequena escala (GUIMARÃES et al., 1998; CEREDA; VILPOUX, 2003). De acordo com informações técnicas da EMATER/PA o principal produtor paraense na atualidade é a localidade de Americano, no município de Santa Izabel do Pará. O estudo do processo de produção da farinha de tapioca é uma importante contribuição para a industrialização do produto, que na maioria das comunidades é produzido de forma totalmente artesanal, sem controle tecnológico efetivo.

Diante o exposto, o objetivo do trabalho foi elaborar e realizar a caracterização físico-química e morfológica de farinhas de tapioca, bem como a avaliação microbiológica e sensorial dos produtos, obtidas a partir das féculas de três variedades de mandioca produzidas no estado do Pará (Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MANDIOCA

A mandioca é classificada como o sexto mais importante alimento em todo o globo, sendo consumida por mais de 800 milhões de famílias em todo o mundo (SARAVANAN et al., 2016), isso tudo é certamente gerado pela possibilidade de ser produzida em ambientes rústicos, solos pouco férteis, tolerância à seca, flexibilidade no período de colheita, bem como grande fonte de energia na alimentação humana e animal (OLIVEIRA et al., 2013). Segundo a Conab (2018), a Nigéria é a maior produtora de mandioca no mundo, já o Brasil apresenta-se como o 4º maior produtor mundial de raiz

de mandioca. No cenário nacional, o Pará destaca-se como detentor das maiores áreas plantadas, com 20,97% do total e como maior produtor, apresentando 20,55% da produção nacional (FERNANDES, 2017).

Aguiar et al. (2013) relatam que a comercialização da mandioca de mesa para uso culinário acontece em todo o mundo das mais variadas formas, incluindo refrigerada, congelada, pré-cozida e cozida, em forma de “chips”, “in natura”, minimamente processada e assada. Entretanto, observa-se que a raiz possui elevada perecibilidade pós-colheita. Tal fato, tornou-se um desafio para os produtores e para as indústrias em busca de conservar e proporcionar um aumento na vida útil deste produto (VIANA et al., 2010). Segundo Djabou et al. (2017), as raízes de mandioca quando comparada com outras culturas alimentares básicas, possuem maior deterioração fisiológica pós-colheita em um curto espaço de tempo. Após o dano ocorrido nas raízes durante a colheita ocorre o equilíbrio do processo fisiológico das células expostas, provocando o estresse oxidativo do alimento e consequentemente deterioração dos tecidos (DJABOU et al., 2017).

2.2 FÉCULA DE MANDIOCA

A Legislação Brasileira define amido como a fração amilácea encontrada nos órgãos aéreos, tais como grãos e frutos, e fécula como a fração amilácea encontrada nas raízes e tubérculos (BRASIL, 2005). A diferença de denominação indica uma diferença, não de composição química, mas de origem do produto amiláceo, além de uma forte diferenciação funcional e tecnológica (CARDOSO, 2005).

O rendimento do processo de transformação da mandioca em fécula depende muito do porte da empresa e da tecnologia empregada. Pode ser realizado em escala artesanal ou semi-industrial (CARDOSO, 2005). O fluxograma de obtenção da fécula é o mesmo para todas as escalas de produção, o que varia é o tipo de equipamento utilizado. As etapas do processo consistem na lavagem das raízes, descascamento, ralação, adição de água, extração do amido da massa por agitação manual ou mecânica, separação da massa do leite de fécula por filtragem, separação do amido por decantação ou centrifugação, secagem do amido e acondicionamento. A partir da fécula podem ser fabricados diversos produtos como o polvilho azedo, a tapioca, o sagu (bolinhas de fécula), dentre outros (MATTOS et al., 2002).

A fécula de mandioca é constituída, em média, por 18% de amilose e 82% de amilopectina. Nos amidos de cereais, a amilose ocorre em porcentagens que variam de 20 a 25% (CEREDA, et al., 2001).

2.3 FARINHA DE TAPIOCA

A farinha de tapioca consiste em um sagu expandido, que na região Norte é considerado um dos principais produtos de consumo obtido a partir da fécula de mandioca. Assim como outros derivados da mandioca, a farinha de tapioca caracteriza-se pelo elevado teor de amido e baixo teor de proteínas, lipídios e minerais, o que faz da mesma um alimento altamente calórico (CEREDA; VILPOUX, 2003).

Na Zona Bragantina estão concentradas as casas de farinha de tapioca do estado do Pará, onde o produto é elaborado de forma rudimentar e em pequenas quantidades. No início dos anos 90, o município de Santa Izabel era o principal produtor, mais especificamente a Comunidade de Americano, localizado na rodovia BR-316.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), aprovou o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Amiláceos Derivados da Raiz de Mandioca, através da Instrução Normativa nº 23, de 14 de Dezembro de 2005 (BRASIL, 2005). Essa legislação estabelece os limites de tolerância para os produtos amiláceos derivados da raiz de mandioca e enquadra-os em grupo, subgrupo e tipo, respectivamente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATÉRIA-PRIMA E OBTENÇÃO DA FÉCULA

Foram utilizadas as raízes de três variedades de mandioca, comumente utilizadas pelos produtores de goma e farinha de tapioca, no estado do Pará, sendo: Pai Ambrósio, procedente do município de Acará (PA); Pocu, procedente do município de Santo Antônio do Tauá (PA) e Paulo Velho, procedente do município de Ourém (PA). Todas as raízes apresentavam 14 meses de plantio. Na obtenção das féculas foi utilizada a metodologia sugerida pela Emater (2004), que consiste no descascamento das raízes, trituração, desintegração, purificação, peneiramento, centrifugação, concentração e secagem.

3.2 PROCESSO DE OBTENÇÃO DA FARINHA DE TAPIOCA

Para o processamento das farinhas de tapioca tomou-se como base a metodologia descrita por Cereda e Vilpoux (2003), com adaptações, de acordo com as etapas descritas a seguir:

Umidificação das féculas: o teor de umidade da fécula foi aferido para um valor fixo, de acordo com cada experimento. O aferimento foi feito adicionando-se água em quantidade estabelecida através da Equação 1.

$$Y = (U_f - U_i) \times P / 100 - U_f \quad (1)$$

onde: Y = quantidade de água a ser adicionada (mL); U_f = umidade final da amostra; U_i = umidade inicial da amostra; P = peso da amostra (g)

Peneiramento: a fécula umedecida foi pressionada contra uma peneira de malha 3,0 mm, para produzir partículas com esse tamanho médio.

Formação dos grânulos (encarocamento): essa operação foi realizada em um aparato denominado “caroçadeira”, que consiste de um tecido de algodão fixado em uma moldura de madeira. As partículas de fécula obtidas na operação anterior foram friccionadas suavemente com as mãos sobre o tecido, com um movimento giratório, para formar os grânulos, os quais foram novamente peneirados em malha de 3,0 mm, sendo a fração passante a utilizada na etapa subsequente.

Escaldamento: com o objetivo de gelatinizar parcialmente o amido superficial dos grânulos de fécula (pérolas), os mesmos foram submetida a uma etapa denominada escaldamento. Essa operação foi realizada em um forno de procedência japonesa, similar aos utilizados no beneficiamento da farinha de mesa (farinha d’água), com revolvimento constantemente, para evitar a aderência dos grânulos na chapa quente. A temperatura do forno foi controlada através de termômetro infravermelho da marca ICEL, modelo TD950PRO, com taxa de temperatura de -20 a 270°C.

Repouso: os grânulos escaldados foram deixados em repouso, por aproximadamente 24 horas à temperatura ambiente ($\approx 25^\circ\text{C}$), antes de proceder à próxima etapa do processo: a espocagem.

Espocagem: esta operação foi realizada no mesmo forno utilizado para o escaldamento. A operação de espocagem é caracterizada pela expansão dos grânulos como “pipocas”, os quais tornam-se brancos e opacos, com aparência de isopor.

Peneiramento: após a espocagem, o produto foi submetido a peneiramento, em malhas com abertura de 4,75; 3,35 e 2,36 mm (peneiras 4, 6 e 8 *mesh*, respectivamente), para uniformização da granulometria.

Embalagem: as farinhas de tapioca foram embaladas em sacos de polietileno com capacidade máxima de 200 gramas e armazenadas em temperatura ambiente ($\approx 25^\circ\text{C}$) até o momento das análises.

Foram obtidas duas farinhas de tapioca para cada fécula das três variedades de mandioca estudadas (Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho), perfazendo seis produtos. Uma farinha foi obtida com o escaldamento dos grânulos, antes da espocagem, enquanto a outra foi submetida à espocagem direta, sem a etapa de escaldamento. Em ambos os casos foram utilizados grânulos de féculas com 40% de umidade e tamanho médio inferior a 3,0 mm. Para as farinhas escaldadas, o escaldamento foi realizado a 190°C , até os grânulos atingirem 20% de umidade. A operação de espocagem foi realizada 240°C , para os grânulos escaldados e a 190°C , para os grânulos que não sofreram escaldamento. O tempo de espocagem variou de 3,5 a 4,5 minutos.

3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FARINHAS

As seguintes análises foram realizadas em triplicata nas farinhas de tapioca: Umidade: determinada por gravimetria, método 920.151 da AOAC (1997); pH: determinado em potenciômetro, método 981.12 da AOAC (1997); Acidez total titulável: determinada segundo a metodologia nº 942.15 da AOAC (1997); Atividade de água (a_w): através de leitura direta em termohigrômetro digital, da marca Decagon, Aqualab Séries 3TE modelo TE 8063; Proteínas totais: a determinação foi realizada empregando a técnica de Kjeldahl, método 920.87 da AOAC (1997), e o fator de conversão nitrogênio-proteína de 5,75 (proteína vegetal); Lipídios: determinado por extração com éter de petróleo, em equipamento Soxhlet, de acordo com método 922.06 da AOAC (1997); Cinzas: de acordo com o método 930.05 da AOAC (1997); Teor de amido: foi quantificado conforme a metodologia descrita por Cereda et al. (2004); Carboidratos: calculado por diferença, segundo Brasil (2003); Cor instrumental: foi determinada por colorimetria *tristimulus*, através de leitura direta em colorímetro digital da marca Konica-Minolta, modelo CR 400, pelo sistema CIE Lab; Valor calórico: foi obtido pela somatória do teor de lipídios multiplicado por nove, e de carboidratos e proteínas multiplicados por quatro (BRASIL, 2003).

3.4 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS FARINHAS

A análise morfológica dos grânulos de amido foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), em microscópio eletrônico de varredura, marca LEO, modelo 1450 VP.

3.5 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DAS FARINHAS

Foram avaliados nas farinhas de tapioca produzidas, Coliformes termotolerantes, *Bacillus cereus* e *Salmonella sp.*, com base nas metodologias descritas por Downes e Ito (2001). Os resultados foram avaliados segundo os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira, em vigor (BRASIL, 2001).

3.6 AVALIAÇÃO SENSORIAL DAS FARINHAS

3.6.1 Teste de aceitabilidade

O método aplicado para a avaliação sensorial das farinhas de tapioca foi o afetivo, também chamado de teste de aceitabilidade com escala hedônica. Neste teste o provador expressa o grau de quanto gosta ou desgosta das amostras, utilizando uma escala com valores numéricos que indicam cada uma das expressões verbais hedônicas, permitindo a partir desses números, a análise estatística dos resultados (STONE; SIDEL, 1993).

Os testes de aceitação foram realizados, com escala hedônica de nove pontos, cujos extremos foram ancorados nos termos gostei muitíssimo (9) e desgostei muitíssimo (1). Os atributos avaliados nos produtos foram: aparência, crocância e impressão global. Para a realização das análises, 30 provadores não treinados receberam as amostras, um copo de água e a ficha para avaliação. As amostras foram codificadas com três dígitos e os provadores selecionados aleatoriamente.

3.6.2 Teste de intenção de compra

Esse teste foi realizado para verificação da intenção de compra das farinhas de tapioca elaboradas. O teste foi realizado logo após o teste de aceitabilidade, com os mesmos provadores. Utilizou-se escala estruturada de cinco pontos (1 = certamente não compraria; 5 = certamente compraria), empregando-se os procedimentos descritos por Meilgaard et al. (1991).

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Os resultados das análises físico-químicas e sensoriais das farinhas de tapioca foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a teste complementar de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa *Statistica*[®] versão 7.0 (StatSoft Inc., 2006, Tulsa, OK, USA).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FARINHAS

Os resultados da caracterização físico-química das farinhas são apresentados nas Tabelas 1 e 2. Comparando os resultados obtidos para as farinhas produzidas com as féculas das três variedades de mandioca, escaldadas (Tabela 1) e não escaldadas (Tabela 2) é possível observar que houve diferença significativa para a maioria dos parâmetros analisados ($p \leq 0,05$). A variação mais representativa ocorreu em relação ao teor de amido, o qual está diretamente relacionado com a pureza da fécula utilizada.

Os valores de atividade de água (a_w) apresentados pelas farinhas escaldadas (0,10 a 0,20) e não escaldadas (0,15 a 0,24) garantem que as condições de processo utilizadas asseguram a estabilidade microbiológica de todos os produtos ($a_w < 0,6$) (SCOTT, 1957). A acidez, que variou de 0,90% a 1,10% para todos os produtos, atendeu a Legislação Brasileira (máximo de 2,0%) (BRASIL, 2005). Esses valores são da ordem de grandeza da média observada por Dias e Leonel (2006) (0,94%), para farinhas de tapioca obtidas em diferentes regiões do Brasil. As seis farinhas foram classificadas como alimento de baixa acidez, por apresentarem $pH > 5$ (JAY, 2005).

Tabela 1. Propriedades físico-químicas das farinhas de tapioca escaldadas.

| Parâmetros | Variedade da mandioca | | |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Pai Ambrósio | Pocu | Paulo Velho |
| Atividade de água | 0,10 ± 0,01 ^b | 0,19 ± 0,02 ^a | 0,20 ± 0,02 ^a |
| Acidez titulável (%) | 0,90 ± 0,03 ^b | 1,06 ± 0,14 ^a | 1,10 ± 0,09 ^a |
| pH | 5,35 ± 0,07 ^a | 5,27 ± 0,02 ^a | 5,11 ± 0,16 ^a |
| Umidade (%) | 4,54 ± 0,12 ^a | 4,94 ± 0,63 ^a | 5,25 ± 0,07 ^a |
| Proteínas (%) ¹ | 0,08 ± 0,04 ^a | 0,08 ± 0,71 ^a | 0,06 ± 0,15 ^a |
| Lipídios (%) ¹ | 0,15 ± 0,39 ^b | 0,26 ± 0,05 ^a | 0,21 ± 0,38 ^a |
| Cinzas (%) ¹ | 0,06 ± 0,23 ^a | 0,04 ± 0,39 ^a | 0,05 ± 0,07 ^a |
| Amido (%) ¹ | 93,02 ± 0,47 ^a | 91,78 ± 0,08 ^b | 87,61 ± 0,05 ^b |
| Cor L* | 99,23 ± 0,64 ^a | 97,57 ± 0,15 ^b | 93,99 ± 0,60 ^c |
| a* | 0,17 ± 0,04 ^c | 0,39 ± 0,06 ^b | 0,49 ± 0,02 ^a |
| b* | 0,33 ± 0,02 ^a | 0,15 ± 0,01 ^b | 0,31 ± 0,07 ^a |
| Carboidratos (%) | 95,17 ± 0,58 ^a | 94,68 ± 0,68 ^b | 94,43 ± 0,34 ^b |
| VET (kcal/100g) | 382,35 | 381,38 | 379,85 |

Médias com letras iguais, em uma mesma linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade; valores representam a média das triplicatas ± desvio-padrão; ¹resultados em base seca.

O teor de umidade das farinhas variou de 4,54 a 5,77%, estando de acordo com os valores encontrados por Barbosa e Hidaka (2008), para farinhas de tapioca produzidas na Vila de Americano, município de Santa Izabel do Pará e no município de Acará (PA), que foram de 5,75 e 3,91%, respectivamente.

O teor médio de proteínas das farinhas (0,07%) foi da mesma ordem de grandeza observada por Silva et al. (2013) em farinhas de tapioca comerciais (0,08%). Os teores médios de lipídios, de 0,21% para as farinhas escaldadas e de 0,24% para as farinhas não escaldadas, ficaram dentro da faixa observada por Cereda e Vilpox (2003) (0,03-0,41%), para o produto. O teor médio de cinzas das farinhas (0,06%) foi inferior a média encontrada por Dias e Leonel (2006) (0,10%), porém dentro da faixa observada por Silva et al. (2013) (0,04 a 0,12%), para farinhas de tapioca comerciais. O fato desses três nutrientes terem representados juntos menos que 0,5% da farinha de tapioca, permite afirmar que o produto é pobre nos mesmos.

Guimarães et al. (1998), Cereda e Vilpoux (2003) e Silva et al. (2013) observaram teores de amido em farinhas de tapioca, na faixa de 92,92 a 93,97%; 92,62 a 96,04% e 84,30 a 93,03%, respectivamente. A composição média em amido das farinhas obtidas com as féculas das variedades de mandioca Pai Ambrósio (92,62%), Pocu (91,53%) e Paulo Velho (87,58%) se apresentou dentro da faixa observada pelos autores.

Tabela 2. Propriedades físico-químicas das farinhas de tapioca não escaldadas

| Parâmetros | Variedade da mandioca | | |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Pai Ambrósio | Pocu | Paulo Velho |
| Atividade de água | 0,15 ± 0,05 ^c | 0,24 ± 0,01 ^a | 0,18 ± 0,01 ^b |
| Acidez titulável (%) | 0,92 ± 0,03 ^b | 1,01 ± 0,06 ^a | 1,04 ± 0,03 ^a |
| pH | 5,12 ± 0,04 ^a | 5,04 ± 0,23 ^a | 5,01 ± 0,08 ^a |
| Umidade (%) | 4,93 ± 0,05 ^c | 5,77 ± 0,07 ^a | 5,32 ± 0,21 ^b |
| Proteínas (%) ¹ | 0,07 ± 0,02 ^a | 0,06 ± 0,90 ^a | 0,07 ± 0,11 ^a |
| Lipídios (%) ¹ | 0,23 ± 0,05 ^a | 0,25 ± 0,13 ^a | 0,24 ± 0,09 ^a |
| Cinzas (%) ¹ | 0,07 ± 0,01 ^a | 0,05 ± 0,36 ^a | 0,07 ± 0,14 ^a |
| Amido (%) ¹ | 92,22 ± 0,03 ^a | 91,29 ± 0,30 ^b | 87,55 ± 0,15 ^b |
| Cor L* | 97,01 ± 0,62 ^a | 95,75 ± 1,57 ^a | 92,63 ± 1,15 ^b |
| a* | 0,23 ± 0,03 ^{ab} | 0,16 ± 0,06 ^b | 0,32 ± 0,04 ^a |
| b* | 3,81 ± 0,14 ^a | 0,51 ± 0,10 ^b | 0,44 ± 0,05 ^b |
| Carboidratos (%) | 94,70 ± 0,15 ^a | 93,87 ± 0,11 ^b | 94,30 ± 0,05 ^a |
| VET (kcal/100g) | 381,15 | 377,97 | 379,64 |

Médias com letras iguais, em uma mesma linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade; valores representam a média das triplicatas ± desvio-padrão; ¹resultados em base seca.

Os valores da componente de cor L* (luminosidade ou brilho) foram elevados, tanto para as farinhas escaldadas (93,99 a 99,23), quanto para as não escaldadas (92,63 a 97,01). Esse comportamento, juntamente com os valores das coordenadas de cromaticidade a* e b* próximos a zero, confirmaram a brancura dos produtos, que é uma característica marcante da farinha de tapioca. As farinhas obtidas com a fécula da variedade de mandioca Pai Ambrósio apresentaram os maiores valores de L* (97,01 a 99,23), enquanto os menores valores foram observados para as farinhas da variedade Paulo Velho (92,63 a 93,99). A brancura da farinha de tapioca é atribuída à qualidade da fécula utilizada. Dias e Leonel (2006) e Silva et al. (2013) observaram valores de L* na faixa de 88,54 a 91,40, de a* entre 0,04 e 0,50 e de b* entre 3,81 e 6,33, para farinhas de tapioca comerciais.

Os carboidratos representam uma das maiores fontes energéticas nos alimentos, contribuindo normalmente com a maioria das calorias ingeridas durante o dia. Os valores obtidos desse macronutriente para as farinhas de tapioca (93,87 a 95,17%) expressam a riqueza energética dos produtos, fato confirmado pelos valores energéticos totais encontrados para as farinhas (377,97 a 382,35 kcal/100g). Esses valores estão dentro da faixa observada por Silva et al. (2013) (361,16 a 386,02 kcal/100g), para o produto.

4.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS FARINHAS

Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as eletromicrografias das farinhas de tapioca submetidas à espocagem, com e sem escaldamento, respectivamente. Nas eletromicrografias é possível observar

as modificações estruturais (gelatinização), e a perda do formato esférico, característico dos grânulos de amido, causadas pela elevada temperatura aplicada no processo de fabricação das farinhas de tapioca. As eletromicrografias sugerem que os grânulos das farinhas escaldadas (Figura 1) foram mais danificados, que os grânulos das farinhas não escaldadas (Figura 2). Esse comportamento é justificado pelo fato do processo de escaldamento provocar a formação de uma camada de amido gelatinizado na superficial dos grânulos, a qual dificulta a difusão da água na etapa de espocagem. O aumento da pressão interna favorece o rompimento dos grânulos, o que não acontece com os grânulos não escaldados (SILVA et al., 2013).

Figura 1. Eletromicrografias das farinhas de tapioca escaldadas: (A) Pai Ambrósio, 1000x; (B) Pocu, 242x e (C) Paulo Velho, 145x

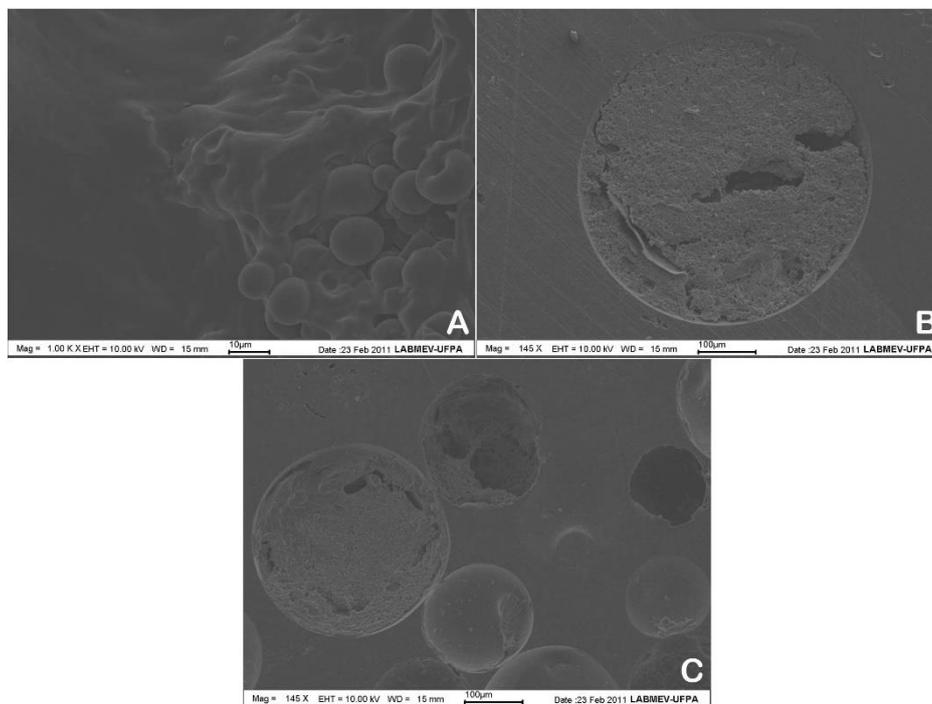
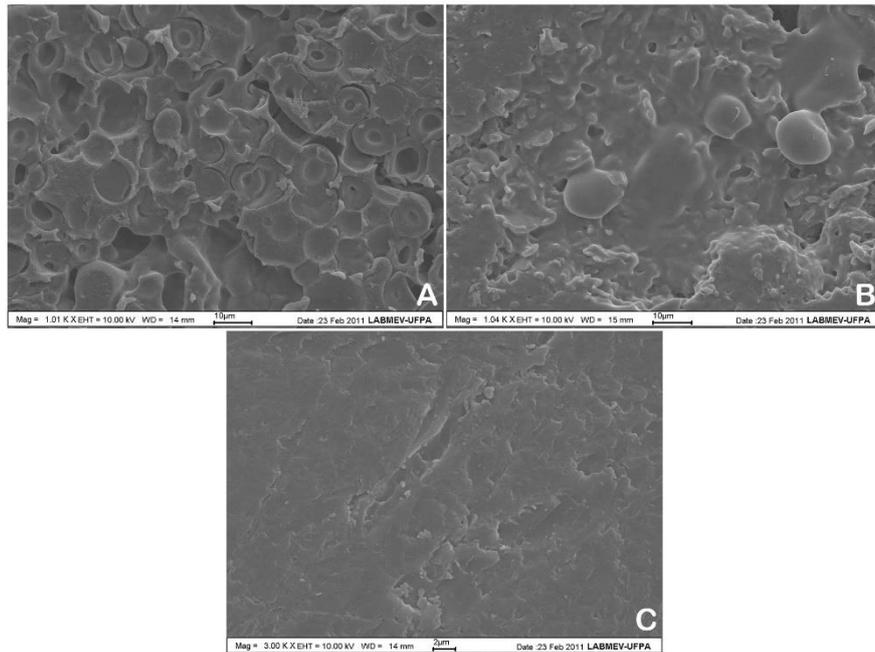


Figura 2. Eletromicrografias das farinhas de tapioca não escaldadas: (A) Pai Ambrósio, 1000x; (B) Pocu, 1000x e (C) Paulo Velho, 3000x



4.3 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DAS FARINHAS

A legislação brasileira (BRASIL, 2001) estabelece como padrão microbiológico para amidos, farinhas e féculas valores inferiores a 10^2 NMP/g para coliformes termotolerantes, 3×10^3 UFC/g para *Bacillus cereus* e ausência de *Salmonella sp* em 25g de produto. De acordo com a avaliação microbiológica, todas as farinhas de tapioca produzidas atenderam os limites estabelecidos pela legislação, para esses micro-organismos, estando aptas para o consumo.

4.4 AVALIAÇÃO SENSORIAL DAS FARINHAS

4.4.1 Teste de aceitabilidade

Os índices de aceitação (IA), obtidos com o teste de aceitação ao qual foram submetidas as farinhas de tapioca produzidas, são apresentados na Tabela 3. De acordo com os resultados, todas as farinhas de tapioca e as frações avaliadas, obtiveram aceitação de regular a boa, com IA variando entre 6,40 e 8,27, que correspondem às opções “gostei ligeiramente” e “gostei muito”, respectivamente.

Tabela 3. Índice de aceitação (IA) para os atributos avaliados na análise sensorial das farinhas de tapioca

| Origem da fécula | Tratamento | Fração | Atributo (média ± desvio padrão) | | |
|------------------|---------------|----------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | | Aparência | Crocância | Aceitação global |
| Pai Ambrósio | Não escaldada | Total | 7,23 ± 1,43 ^{ac} | 7,53 ± 1,57 ^{ab} | 7,50 ± 1,65 ^{ac} |
| | | Retida | 7,83 ± 1,12 ^{ab} | 8,13 ± 0,82 ^a | 8,00 ± 0,69 ^a |
| | | Passante | 7,37 ± 1,22 ^{ac} | 8,17 ± 0,91 ^a | 7,73 ± 1,01 ^a |
| | Escaldada | Total | 7,43 ± 0,97 ^{ac} | 8,27 ± 0,64 ^a | 7,80 ± 0,77 ^a |
| | | Retida | 7,87 ± 0,90 ^{ab} | 8,07 ± 0,98 ^a | 7,83 ± 1,02 ^a |
| | | Passante | 7,67 ± 0,88 ^{ac} | 8,13 ± 0,90 ^a | 7,90 ± 0,71 ^a |
| Pocu | Não escaldada | Total | 7,50 ± 1,36 ^{ac} | 7,93 ± 1,55 ^a | 8,00 ± 1,02 ^a |
| | | Retida | 7,33 ± 1,67 ^{ac} | 8,27 ± 0,74 ^a | 7,83 ± 1,08 ^a |
| | | Passante | 6,57 ± 1,89 ^c | 7,50 ± 2,03 ^{ac} | 7,10 ± 1,75 ^{ac} |
| | Escaldada | Total | 7,83 ± 1,05 ^{ad} | 7,90 ± 1,32 ^a | 7,70 ± 1,12 ^a |
| | | Retida | 7,47 ± 1,01 ^{ac} | 7,90 ± 1,21 ^a | 7,67 ± 1,15 ^a |
| | | Passante | 7,03 ± 1,56 ^{ac} | 8,03 ± 1,10 ^a | 7,53 ± 1,22 ^{ab} |
| Paulo Velho | Não escaldada | Total | 7,77 ± 1,33 ^{ad} | 8,07 ± 1,31 ^a | 8,03 ± 1,30 ^a |
| | | Retida | 8,13 ± 0,78 ^a | 8,17 ± 0,70 ^a | 8,13 ± 0,63 ^a |
| | | Passante | 7,50 ± 1,25 ^{ac} | 8,13 ± 1,07 ^a | 7,80 ± 1,06 ^a |
| | Escaldada | Total | 6,63 ± 1,38 ^c | 6,40 ± 1,97 ^c | 6,47 ± 1,74 ^c |
| | | Retida | 7,40 ± 1,27 ^{ac} | 7,60 ± 1,04 ^a | 7,53 ± 1,07 ^{ab} |
| | | Passante | 6,90 ± 1,49 ^{bcd} | 6,47 ± 1,96 ^{bc} | 6,50 ± 1,68 ^{bc} |

Médias com letras iguais, em uma mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a nível de 5%; Fração total: farinha de tapioca integral; Fração retida: farinha de tapioca retidas na peneira de 6 *mesh* (3,35 mm); Fração passante: farinha de tapioca passante na peneira de 6 *mesh* (3,35 mm).

De maneira geral, os IA para os atributos aparência, crocância e aceitação global das farinhas de tapioca foram estatisticamente iguais ($p > 0,05$), para todas as frações avaliadas, independente da origem da fécula utilizada na obtenção do produto. Já em relação ao processo utilizado (tratamento), observou-se uma maior preferência pelas farinhas obtidas com as féculas das variedades Pai Ambrósio e Pocu, submetidas ao escaldamento, em relação as não escaldadas.

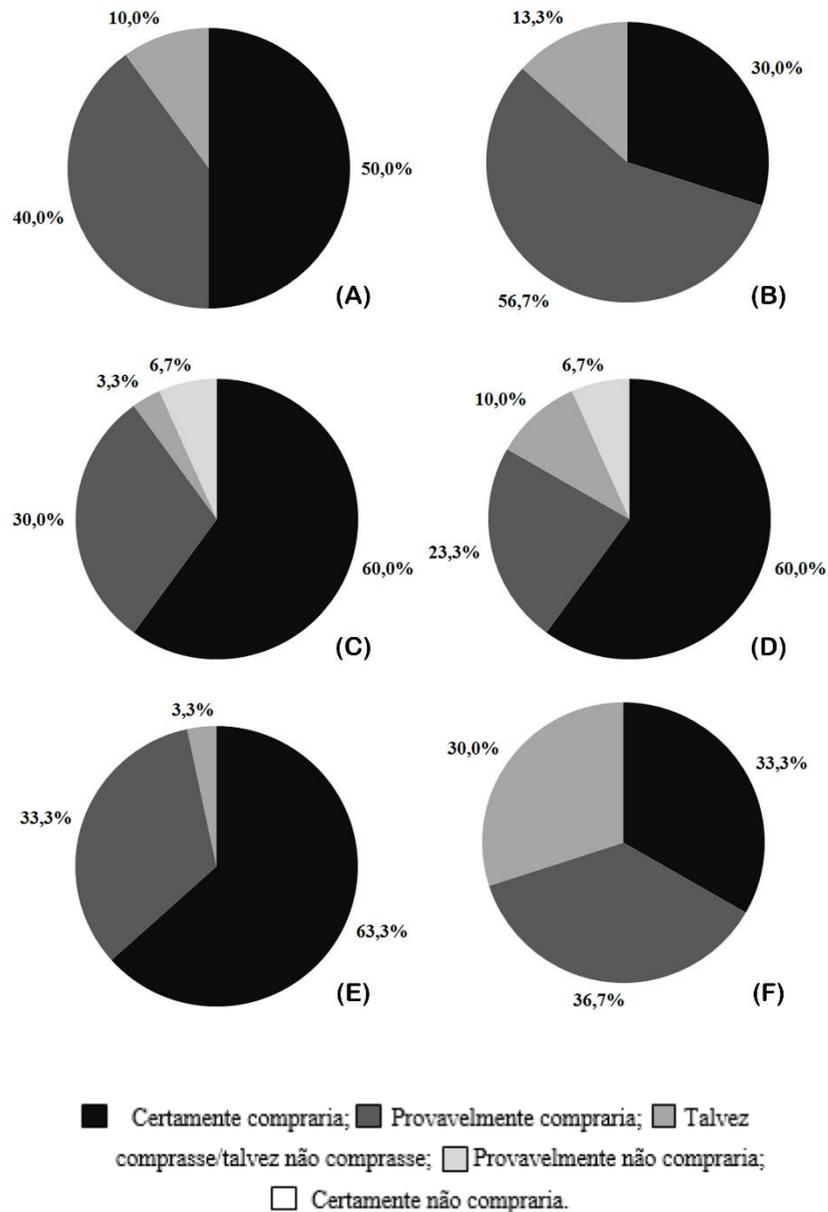
No caso da farinha obtida com a fécula da variedade Paulo Velho a tendência foi invertida: a farinha não escaldada teve maior preferência que a escaldada. Esta farinha inclusive foi a que obteve os maiores IA, para os três atributos avaliados, sendo: aparência (8,13), crocância (8,17) e aceitação global (8,13).

4.4.2 Teste de intenção de compra

Os resultados do teste de intenção de compra das farinhas de tapioca podem ser visualizados na Figura 3. De maneira geral, a intenção de compra indicou que o nível de rejeição das farinhas de tapioca obtidas com as féculas das três variedades de mandioca foi muito baixo. Apenas para as

farinhas da variedade Pocu (com e sem escaldamento) 6,7% dos provadores indicaram a citação “possivelmente não compraria”; para as demais farinhas essa citação não foi observada.

Figura 3. Intenção de compra para a farinha de tapioca integral obtida da variedade de mandioca Pai Ambrósio: (A) não escaldada e (B) escaldada; Pocu: (C) não escaldada e (D) escaldada; Paulo Velho: (E) não escaldada e (F) escaldada



A somatória dos itens “Certamente compraria” e “Provavelmente compraria” das farinhas: Pai Ambrósio não escaldada (90,0%), Pai Ambrósio escaldada (86,7%), Pocu não escaldada (90,0%), Pocu escaldada (83,3%), Paulo Velho não escaldada (96,7%) e Paulo Velho escaldada (70,0%), comprova a aceitação de muito boa a excelente de todas as farinhas. No entanto, os resultados

indicaram a maior aceitação pela farinha de tapioca não escaldada, obtida com a fécula da variedade de mandioca Paulo Velho.

5 CONCLUSÕES

O fato das farinhas de tapioca obtidas com as féculas das variedades de mandioca Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho terem atendido os padrões físico-químicos e microbiológicos exigido pela Legislação Brasileira, indica que as féculas utilizadas são apropriadas para o beneficiamento do produto.

A microscopia eletrônica de varredura indicou que os grânulos da farinha de tapioca submetida à etapa de escaldamento foram mais danificados.

A farinha de tapioca não escaldada, obtida com a fécula da variedade de mandioca Paulo Velho foi a que obteve a maior aceitação dos provadores, tanto no teste de aceitabilidade, quanto no teste de intenção de compra. Porém todas as farinhas obtiveram boa aceitação.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA), pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, J. L. P.; SOUSA, T. C. R.; LÔBO, C. F. Mandioca no cerrado – Orientações técnicas. **A importância da mandioca**. 2º ed. Revista e ampliada, Embrapa – Brasília, 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/981357/mandioca-no-cerrado-orientacoes-tecnicas>>. Acesso em: 18 mai. 2020.

AOAC- **Association of Official Analytical Chemistry**. Official methods of analysis of AOAC. 16.ed. Gaithersburg: AOAC, 1997. 1141p.

BARBOSA, A. J. P.; HIDAKA, J. C. **Avaliação da qualidade da farinha de tapioca produzida nos municípios de Acará e Santa Izabel do Pará**. Belém: UFPA, 2008. 54p. Trabalho de Conclusão de Curso.

BELEIA, A.; BUTARELO, S. S.; SILVA, R. S. F. Modeling of starch gelatinization during cooking of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **LWT – Food Science and Technology**, v.39, p.400-405, 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. **Aprova o Regulamento Técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]. Brasília, p.4, dez. 2003. Seção 1. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0360_23_12_2003.pdf/5d4fc713-9c66-4512-b3c1-afee57e7d9bc>. Acesso em: 18 mai. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. **Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.** Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]. Brasília, p.146, jan. 2001. Seção 1. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b>. Acesso em: 19 mai. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 23, de 14 de dezembro de 2005. **Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Amiláceos derivados da raiz da mandioca.** Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília p.5, dez. 2005. Seção 1. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMpa&chave=1141329604>>. Acesso em: 18 mai. 2020.

CARDOSO, E. **Uso de manipueira como biofertilizante no cultivo do milho: avaliação do efeito no solo, nas águas subterrâneas e na produtividade do milho.** 2005. 35 f. Dissertação (Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2005.

CEREDA, M. P.; CHUZEL, G. C.; VILPOUX, O. F.; NUNES, O. L. G. S. **Biotecnologia industrial.** In: Modificação de fécula por fermentação. São Paulo: Edgard Blücher, p. 413-460, 2001.
CEREDA, M. P.; DAIUTO, E. R.; VILPOUX, O. Metodologia de determinação de amido por digestão ácida em microondas. **Revista da Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca**, v.2, p.29, 2004.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas.** São Paulo: Fundação Cargill, 2003. Vol. 3, 711p.

CHISTÉ, R. C.; SILVA, P. A.; LOPES, A. S.; PENNA, R. S. Sorption isotherms of tapioca flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v.47, p.1-5, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02900.x>

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento.** Mandioca: análise mensal – Janeiro de 2018.

DIAS, L. T.; LEONEL, M. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.692-700, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cagro/v30n4/v30n4a15>>. Acesso em: 20 mai. 2020.

DJABOU, S. A.; CARVALHO, J. L.; LI, X. Q.; NIEMENAK, N.; CHEN, S. Cassava postharvest physiological deterioration: a complex phenomenon involving calcium signaling, reactive oxygen species and programmed cell death. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 39, n. 4, p. 91-101, 2017. DOI: 10.1007/s11738-017-2382-0

DOWNES, F. P; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological.** Examinations of Foods. 4.ed. Washington (DC): APHA, 2001. 676p. Disponível em: <<https://lib.ugent.be/catalog/rug01:000842770>>. Acesso em: 20 mai. 2020.

EMATER – **Tecnologia de fabricação de Mandioca** – on-line (2004). Disponível em: <www.engetecno.com.br/como_fabricar.htm>. Acesso em: 17 mai. 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mandioca: o pão do Brasil.** Brasília: Embrapa, 2005. 530p.

FERNANDES, C. L. G.; Análises gráficas dos principais produtos agropecuários do Estado do Pará: Cultura da mandioca. **Embrapa Amazônia Oriental**, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1354300/32272142/%20An%C3%A1lise+de+Cen%C3%A1rios+-+Mandioca/a23876b7-97ba-aff7-8c95-5dd1578cbe12>>. Acesso em: 10 mai. 2020.

FRANCK, H.; CHRISTIAN, M.; NOËL, A.; BRIGITTE, P.; JOSEPH, H. D.; CORNET, D.; MATHURIN, N. C. Effects of cultivar and harvesting conditions (age, season) on the texture and taste of boiled cassava roots. **Food Chemistry**, v.126, p.127-133, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.088>.

GUIMARÃES, M. C. F.; BARBOSA, W. C.; OLIVEIRA, M. L. S.; LIMA, C. L. S. **Caracterização tecnológica e química do produto “farinha de tapioca”**. In: Encontro de Profissionais da Química da Amazônia, 6, 1998, Manaus. Anais...Manaus: EPQA, 1998. p.179-188.

JAY, M. J. **Microbiologia de alimentos**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711p.

MATTOS, P. L. P. de; GOMES, J. C.; FARIAS, A. R. N.; FUKUDA, C. Cultivo da mandioca nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. In: **Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 2, p.274–301, 2002.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 2.ed. Florida: CRC Press, 1991. 354p.

NWOKOCHA, L. M.; AVIARA, N. A.; SENAN, C.; WILLIAMS, P. A. A comparative study of some properties of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) and cocoyam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches. **Carbohydrate Polymers**, v.76, p.362-367, 2009. DOI: 10.1016/j.carbpol.2008.10.034

OLIVEIRA, S. A. S.; FREITAS, J. P. X.; AUD, F. F.; SANTOS, V. S.; OLIVEIRA, E. J. Avaliação da resistência de híbridos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) à mancha parda, queima das folhas e mancha branca. **10º Congresso Brasileiro de Mandioca**, Bahia, 2013. Disponível em: <[https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95746/1/AVALIACAO-DA-RESISTENCIA-046-fitopato-21397 SAUL O.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95746/1/AVALIACAO-DA-RESISTENCIA-046-fitopato-21397%20SAUL%20O.pdf)>. Acesso em: 10 mai. 2020.

OSUNDAHUNSI, O. F.; SEIDU, K. T.; MUELLER, R. Dynamic rheological and physicochemical properties of annealed starches from two cultivars of cassava. **Carbohydrate Polymers**, v.83, p.1916–1921, 2011. DOI: 10.1016/j.carbpol.2010.10.056

SARAVANAN, R.; RAVI, V.; STEPHEN, R.; THAJUDHIN, S. Deterioração fisiológica pós-colheita de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) – Uma revisão. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 86, n. 11, p. 1383-1390, 2016.

SCOTT, W. J. Water relations of food spoilage microorganisms. **Advents Food Research**, v.7, p.83-127, 1957.

SILVA, P. A.; CUNHA, R. L.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Caracterização de farinhas de tapioca produzidas no estado do Pará. **Ciência Rural**, v.43, p.185-191, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cr/v43n1/a1113cr2012-0311.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2020.

SILVA, P. A.; CUNHA, R. L.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Obtenção da farinha de tapioca: Parte 1 – Avaliação do processo. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.31, p.13-24, 2013. DOI: 10.5380/cep.v31i1.32659.

SOUZA, J. M. L.; ÁLVARES, V. S.; LEITE, F. M. N.; REIS, F. S.; FELISBERTO, F. A. V. Caracterização físico-química de farinhas oriundas de variedades de mandioca utilizadas no Vale do Juruá. **ACTA Amazônica**, v.38, p.761-766, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672008000400021>.

STONE, S. M.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1993. 295p.

VIANA, E. S.; OLIVEIRA, L. A.; SILVA, J. **Processamento mínimo de mandioca**. Circular Técnica 95. Cruz das Almas, 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162384/1/circular-95.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2020.