

Avaliação das Características Físico-Químicas e Microbiológicas de Tucupi Comercial



ISSN 1983-0483

Novembro, 2016

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 112

Avaliação das Características Físico-Químicas e Microbiológicas de Tucupi Comercial

Ana Paula Rocha Campos
Juliana Rodrigues do Carmo
Ana Vânia Carvalho
Rafaella de Andrade Mattietto

Embrapa Amazônia Oriental
Belém, PA
2016

Disponível no endereço eletrônico:
<https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>

Embrapa Amazônia Oriental

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n.
CEP 66095-903 – Belém, PA.
Fone: (91) 3204-1000
Fax: (91) 3276-9845
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicação

Presidente: *Silvio Brienza Júnior*
Secretário-Executivo: *Moacyr B. Dias-Filho*
Membros: *Orlando dos Santos Watrin*
Eniel David Cruz
Sheila de Souza Correa de Melo
Regina Alves Rodrigues

Supervisão editorial e revisão de texto: *Narjara de F. G. da Silva Pastana*
Normalização bibliográfica: *Andréa Liliâne Pereira da Silva*
Tratamento de imagens: *Vitor Trindade Lôbo*
Editoração eletrônica: *Euclides Pereira dos Santos Filho*
Foto da capa: *Rafaella de Andrade Mattietto*

1ª edição

Publicação digitalizada (2016)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Amazônia Oriental

Avaliação das características físico-químicas e microbiológicas de tucupi comercial / Ana Paula Rocha Campos ... [et al.]. – Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2016.
25 p. : il. ; 15 cm x 21 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0483; 112).

1. Mandioca. 2. Tucupi. 3. Propriedade físico-química. 4. Microbiologia de alimento. 5. Análise de alimento. I. Campos, Ana Paula Rocha. II. Série.

CDD (21. ed.) 633.682

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	12
Resultados e Discussão	15
Conclusões	22
Agradecimento	22
Referências	23

Avaliação das Características Físico-Químicas e Microbiológicas de Tucupi Comercial

Ana Paula Rocha Campos¹

Juliana Rodrigues do Carmo²

Ana Vânia Carvalho³

Rafaella de Andrade Mattietto⁴

Resumo

Na fabricação da farinha de mandioca, obtém-se um líquido residual denominado manipueira, do qual, por meio do processo de fermentação e cocção, obtém-se o tucupi. Na fabricação do tucupi, são utilizadas raízes de mandioca com elevado teor de ácido cianídrico que, quando ingerido, pode causar intoxicação, caso o processamento de destoxificação não seja efetivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas, quantificar os teores de cianeto total e livre, além de determinar a qualidade microbiológica em 10 amostras comerciais de tucupi na cidade de Belém, PA. Os resultados mostraram variação entre as amostras analisadas. Para sólidos solúveis, observou-se valores variando de 1,79 °Brix a 6,77 °Brix, pH de 2,80 a 4,26 e acidez total titulável de 3,44 meq NaOH/100 mL a 18,37 meq NaOH/100 mL. Quanto ao teor de cianeto total, as amostras comerciais apresentaram valores de 37,67 mg HCN/L a 126,21 mg HCN/L, enquanto para cianeto livre observou-se variação de 4,18 mg HCN/L a 18,94 mg HCN/L, entre as

¹Engenheira de alimentos, mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

²Graduanda em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

³Engenheira-agrônoma, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

⁴Engenheira química, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

amostras analisadas. Com relação à qualidade microbiológica, 80% das amostras apresentou ausência de coliformes termotolerantes, porém altos níveis nas contagens de bactérias aeróbias mesófilas ($2,8 \times 10^3$ UFC/mL a $2,8 \times 10^8$ UFC/mL) e bolores e leveduras ($1,0 \times 10^1$ UFC/mL a $4,2 \times 10^7$ UFC/mL). Com base nos resultados obtidos no estudo, pode-se concluir que não há padronização para o processamento do tucupi comercializado na cidade de Belém, pois as amostras apresentaram grandes variações em suas características físico-químicas e microbiológicas, indicando deficiências durante o processamento do tucupi comercializado, o que pode oferecer risco à saúde do consumidor.

Termos para indexação: *Manihot esculenta*, processamento, microbiologia, cianeto, qualidade.

Evaluation of Physicochemical and Microbiological Characteristics of Commercial Tucupi

Abstract

In the manufacture of cassava flour, a residual liquid is obtained, known as manipueira, from which tucupi is obtained, through process of fermentation and cooking. In the manufacture of tucupi, cassava roots with high level of hydrocyanic acid are used and, when ingested, this acid may cause intoxication if the detoxification process is not effective. The objective of this study was to evaluate physicochemical characteristics, quantify total and free cyanide levels, and determine microbiological quality of 10 commercial samples of tucupi in Belém, PA. The results showed variation between samples. It was observed soluble solids values ranging from 1.79 °Brix to 6.77 °Brix, pH from 2.80 to 4.26 and titratable acidity from 3.44 meq NaOH/100 mL to 18.37 meq NaOH/100 mL. The total cyanide content of commercial samples had values from 37.67 mg HCN/L to 126.21 mg HCN/L, while for free cyanide variation observed ranged from 4.18 mg HCN/L to 18.94 mg HCN/L between samples. In relation to microbiological quality, 80% of the samples showed no fecal coliform, but high levels in the counts of mesophilic aerobic bacteria and molds and yeasts. Based on the results obtained in the study, it can be concluded that

there is no standardization for tucupi processing marketed in Belém, since the samples showed large variations in their physicochemical and microbiological characteristics, indicating deficiencies during tucupi processing, which may offer a risk to consumer health.

Index terms: *Manihot esculenta*, processing, microbiology, cyanide, quality.

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) destaca-se como importante produto da agricultura familiar no Norte e Nordeste do Brasil, onde números expressivos de indivíduos do meio rural vivem da produção e processamento da farinha e outros produtos, constituindo atividades de baixo investimento e fácil comercialização (CEREDA; VILPOUX, 2003).

O Brasil participa com mais de 15% da produção mundial de mandioca e, atualmente, é o segundo maior produtor. A produção brasileira, segundo dados do IBGE, foi de 23,7 milhões de toneladas de raízes em janeiro de 2016, com um aumento de 4,2% em relação a 2015 e, dentre os estados brasileiros, o Pará é o principal produtor, tendo contribuído com 5 milhões de toneladas (IBGE, 2016).

A mandioca apresenta glicosídeos cianogênicos em sua composição, pertencendo ao grupo de plantas cianogênicas. Os compostos cianogênicos (linamarina e lotaustralina) por si só não são tóxicos, mas liberam o ácido cianídrico (HCN), responsável pela toxidez, após a ação de enzimas (linamarase). As enzimas do tecido vegetal que estão envolvidas no processo de liberação do ácido cianídrico entram em contato com os compostos cianogênicos quando o tecido vegetal é triturado, seja durante o processamento ou durante a ingestão do alimento (ARAÚJO, 2008; CHISTÉ; COHEN, 2011).

O ácido cianídrico tem influência sobre a cadeia de transporte de elétrons na respiração, levando a uma diminuição da utilização de oxigênio e produção de adenosina trifosfato (ATP) (FEELEY et al., 2012). Segundo Feeley et al. (2012), este ácido se manifesta clinicamente no sistema nervoso central e em distúrbios cardiovasculares que podem resultar em coma e morte. O consumo da mandioca e seus produtos pode ainda resultar na doença do konzo, uma paralisia irreversível das pernas, e em neuropatia atáxica tropical, uma desordem neurológica observada em pessoas idosas. Além disso, o bócio e o cretinismo podem ser agravados pela ingestão do cianeto

da mandioca, em razão da inibição competitiva de absorção do iodo causada pelo tiocianato, um metabólito de cianeto que é semelhante em tamanho à molécula do iodo (FEELEY et al., 2012).

As variedades de mandioca podem ser classificadas em mansa ou brava, em função da quantidade de HCN que apresentam em suas raízes. As conhecidas como mandioca-mansa, contêm baixo teor de ácido cianídrico, menos de 50 mg de HCN/kg de raiz sem casca. Já as raízes da mandioca-brava apresentam um alto teor de ácido cianídrico, acima de 100 mg de HCN/kg de raiz sem casca (ARAÚJO, 2008; CAGNON et al., 2002).

A Organização Mundial da Saúde estabeleceu como limite de intoxicação (DL_{50}) para o cianeto uma dose de 10 mg HCN/kg de peso vivo. Entretanto, esse limite foi estabelecido para HCN inalado. Sabe-se que, abaixo da dose letal, existe um mecanismo de destoxificação que transforma o cianeto em tiocianato na presença da enzima rodanase e cisteína, um aminoácido doador de enxofre. O tiocianato formado não é mais tóxico e é eliminado pela urina (CEREDA, 2002).

Na fabricação da farinha de mandioca é gerado um líquido residual denominado manipueira, a partir do qual, por meio do processo de fermentação e cocção, obtém-se o tucupi. Segundo a Agência de Defesa Agropecuária do Pará (Adepará), o tucupi é um produto ou subproduto obtido da raiz de mandioca por meio de processo tecnológico adequado, o qual deve apresentar as seguintes características: duas fases distintas, sendo uma sólida e a outra líquida, cujas características são perceptíveis quando o produto está em repouso; coloração variando de amarelo claro ao amarelo intenso, quando homogeneizado; sabor levemente ácido e aroma próprio (AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO PARÁ, 2008). Tradicionalmente o tucupi é bastante utilizado em diversos preparos na culinária paraense, como, por exemplo, o pato no tucupi e o tacacá.

Durante as etapas de beneficiamento da mandioca e conseqüentemente da obtenção do tucupi, observa-se a ocorrência de alguns fatores críticos que podem prejudicar a qualidade do produto final e a segurança alimentar dos consumidores. Entre esses, podem-se destacar as precárias condições higiênico-sanitárias das unidades processadoras, a presença residual de HCN acima dos níveis seguros para o consumo humano e o uso indiscriminado de corantes artificiais na obtenção da farinha e do tucupi. Em razão da predominância da produção do tucupi em nível artesanal, há a ausência de processos com parâmetros estabelecidos que garantam o padrão de identidade e qualidade recentemente estabelecido por órgãos reguladores locais e nacionais (ABREU; MATTIETTO, 2014).

Práticas inadequadas de higiene dentro do ambiente em que se processam alimentos podem resultar em contaminação de produtos por patógenos e, além disso, torná-los um risco para a segurança do produto. Muitas vezes, a contaminação ocorre durante a manipulação da matéria-prima ou do produto pronto para o consumo. As doenças de origem alimentar são causadas principalmente pela ingestão de micro-organismos viáveis ou toxinas que estes produzem em quantidades suficientes para desenvolver a patologia (AFIFI; ABUSHELAIBI, 2012; DEVERE; PURCHASE, 2007; LUES; VAN TONDER, 2007).

Segundo a RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2001), que dispõe sobre os padrões microbiológicos para alimentos, as contaminações microbiológicas podem ocorrer em todas as etapas pelas quais passam os produtos agrícolas, desde a colheita até o processamento, embalagem, transporte, estocagem e por diversos meios, como o solo, a água e o ar, incluindo as diversas formas de contato físico, mecânico ou manual.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar as características físico-químicas, o teor de cianeto total e livre e a contaminação microbiológica de amostras de tucupi, visando avaliar a qualidade do produto comercializado na cidade de Belém, PA.

Material e Métodos

Matéria-prima

As amostras de tucupi avaliadas foram adquiridas em feiras livres e estabelecimentos comerciais da cidade de Belém, PA. Foram selecionadas 10 amostras provenientes de unidades de processamento, sendo cinco agroindústrias (codificadas como A, B, C, D e E) e cinco artesanais (situadas em feiras livres, codificadas como F, G, H, I e J). Foram coletadas três amostras aleatórias de cada unidade comercial.

Na Tabela 1 são apresentadas diferenças entre os processos observados em cada estabelecimento, em função dos tempos de fermentação e cocção.

Tabela 1. Variação do tempo de fermentação da maniveira e do tempo de cocção do tucupi, em 10 estabelecimentos processadores, na cidade de Belém, PA.

Estabelecimento	Tempo de fermentação (horas)	Tempo de cocção após atingir a temperatura de ebulição (minutos)
A	12	30
B	24	30
C	16	30
D	8-12	40
E	6-8	0
F	16	40
G	12	0
H	12	30
I	16	60
J	24	60

Análises físico-químicas

As análises físico-químicas realizadas nas 10 amostras de tucupi comerciais são descritas a seguir.

Determinação do pH

Foi determinado por meio de leitura direta em potenciômetro (Tecnal, TEC-51, China) devidamente calibrado com as soluções tampões pH 7,0 e 4,0 a 20 °C, segundo método nº 981.12 da Association of Official Analytical Chemists (1997).

Determinação de sólidos solúveis

Foi determinado por leitura direta da amostra em refratômetro digital de bancada (Instrutherm, RTD-45, Brasil), com correção automática da temperatura, de acordo com o método nº 932.12 da Association of Official Analytical Chemists (1997). Os resultados foram expressos em °Brix.

Determinação da acidez total titulável (ATT)

A acidez total titulável foi determinada pela titulação da amostra com NaOH 0,1 N, sendo o pH da solução monitorado por potenciômetro, segundo método nº 942.15B da Association of Official Analytical Chemists (1997). O resultado foi expresso em meq NaOH/100mL.

Determinação do teor de cianeto total e livre

Extração da linamarase

Para a extração da enzima linamarase foi utilizada a metodologia descrita por Oliveira (2010). A enzima linamarase foi extraída da entrecasca da mandioca. Foram pesados e cortados em pedaços 200 g de entrecasca. Em seguida, foi realizada a homogeneização da amostra em processador de alimentos com 250 mL de solução tampão acetato 0,1M pH 5,5.

Após a homogeneização foi realizada uma filtração a vácuo e o líquido obtido foi centrifugado (Eppendorf, 5430 R, Alemanha) a 14.600 x g por 30 minutos a 4 °C. O sobrenadante foi saturado com 60% de sulfato de amônio e mantido sob agitação lenta a 4 °C por 16 horas.

Passado este tempo, a solução foi centrifugada a 14.600 x g por 1 hora a 4 °C e o precipitado foi diluído em 150 mL de solução tampão fosfato 0,1M pH 6,0. Em seguida realizou-se a diálise em solução tampão fosfato 0,1M pH 6,0 durante 2 dias a 4 °C, sendo a solução tampão trocada periodicamente durante o período da diálise. A enzima obtida foi armazenada em tubos a -18 °C até o momento da análise.

Extração dos compostos cianogênicos

A extração dos compostos cianogênicos das amostras de tucupi comercial foi realizada segundo descrito por Chisté e Cohen (2011). Foram pipetados 10 mL da amostra, adicionados 60 mL de solução alcoólica de ácido fosfórico 0,1M (solução extratora) e centrifugados (Eppendorf, Centrifuge 5804, Alemanha) a 5.100 x g por 10 minutos. Após a centrifugação, o volume do extrato sobrenadante, contendo os glicosídeos cianogênicos, foi medido em proveta de 100 mL para utilização nos cálculos da concentração de ácido cianídrico e armazenado congelado.

Dosagem de cianeto total e livre

Utilizou-se a metodologia enzimática descrita e adaptada por Essers et al. (1993), determinando-se os teores de cianeto total (linamarina + acetona-cianidrina + HCN) e cianeto livre (HCN). A leitura de absorbância foi realizada em espectrofotômetro UV-visível (Thermo Scientific, Evolution 300, Inglaterra), a 605 nm.

Para a construção da curva de calibração foram utilizados 7 pontos, com concentrações variando de 0,153 µg HCN/mL a 1,185 µg HCN/mL.

Análises microbiológicas

Foram realizadas a contagem total de bactérias aeróbias mesófilas e a contagem de bolores e leveduras e coliformes totais e termotolerantes, segundo métodos oficiais da American Public Health Association (APHA) (VANDERZANT; SPLITTSTOESSER, 1992).

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias, quando significativas, comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de significância, com auxílio do programa *Statistica* versão 7.0 (STATSOFT, 2004).

Resultados e Discussão

Os resultados da caracterização físico-química das amostras de tucupi comercializadas na cidade de Belém, PA, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização físico-química em amostras comerciais de tucupi da cidade de Belém, PA⁽¹⁾.

Estabelecimento	pH	Acidez Total Titulável (meq NaOH/100mL)	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)
A	4,26 ± 0,01a	4,14 ± 0,03e	4,08 ± 0,15c
B	3,48 ± 0,00cd	18,37 ± 0,02a	4,53 ± 0,09b
C	3,53 ± 0,55cd	6,04 ± 0,06cd	2,72 ± 0,10f
D	4,17 ± 0,01ab	7,78 ± 0,06b	6,77 ± 0,10a
E	3,83 ± 0,04abc	3,48 ± 0,26e	3,19 ± 0,05e
F	4,11 ± 0,01ab	3,44 ± 0,05e	3,62 ± 0,08d
G	3,09 ± 0,07de	4,72 ± 1,14de	2,53 ± 0,19f
H	2,80 ± 0,07e	6,68 ± 1,31bc	2,78 ± 0,02f
I	3,69 ± 0,01bc	5,97 ± 0,33cd	3,23 ± 0,10e
J	3,88 ± 0,01abc	4,47 ± 0,04de	1,79 ± 0,07g

⁽¹⁾Valores são média ± desvio padrão. Valores médios de três repetições, em três amostras selecionadas aleatoriamente. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade.

Os valores de pH das amostras comerciais de tucupi analisadas variaram entre 2,80 e 4,26, classificando o tucupi como um alimento de pH baixo e, portanto, de alta acidez. Para a acidez total titulável, observou-se variação entre 3,44 meq NaOH/100mL e 18,37 meq NaOH/100mL (correspondendo a 0,3 g e 1,6 g de ácido láctico/100mL, respectivamente). Quanto ao teor de sólidos solúveis, as amostras analisadas variaram entre 1,79 °Brix e 6,77 °Brix. De acordo com a

Instrução Normativa nº 001/2008 estabelecida pela Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará (AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO PARÁ, 2008), o tucupi deve apresentar pH entre 3,5 a 4,3 e acidez total variando de 0,1 g a 0,8 g de ácido láctico/100mL. Os resultados encontrados no presente trabalho estão de acordo com a legislação mencionada, à exceção dos estabelecimentos G e H, que apresentaram pH de 3,09 e 2,80, respectivamente, ficando abaixo da faixa estipulada. Já o estabelecimento B apresentou acidez titulável de 1,6 g de ácido láctico/100mL, estando acima da faixa estabelecida pela legislação vigente.

Valores semelhantes de pH e acidez titulável foram encontrados por Chisté et al. (2007) ao estudarem as propriedades físico-químicas de 10 amostras de tucupi comercializadas em Belém, em que os autores encontraram valores de pH variando entre 3,00 e 4,35 e acidez titulável de 3,92 meq NaOH/100mL a 10,66 meq NaOH/100mL.

O pH é um fator importante que influencia na atividade das enzimas. Segundo Cereda (2002), quando ocorre dilaceração dos tecidos vegetais das raízes de mandioca, o glicosídeo cianogênico presente é clivado em glicose e acetonacianoidrina, por causa da ação catalisadora da enzima β -glicosidase (linamarase). Em uma segunda e última etapa da cianogênese, a acetonacianoidrina é convertida em HCN e acetona, e esta etapa pode ser medida pela enzima hidroxinitriloliase numa faixa de pH de 3,5 a 6,0. Observou-se que os valores de pH das amostras comerciais analisadas ficaram dentro da faixa de pH de ação da enzima e, portanto, podem contribuir para a cianogênese da linamarina.

De maneira geral, observou-se variações significativas nas características físico-químicas dos tucupis comerciais analisados, comprovando a falta de padronização durante o processamento, pelos diferentes estabelecimentos. De fato, o processamento do tucupi varia muito entre os fabricantes, principalmente com relação às etapas de fermentação e cocção (Tabela 1), além da variedade de mandioca utilizada para a extração da manipueira.

A Tabela 3 apresenta os resultados das concentrações de cianeto total e livre nas amostras comerciais de tucupi.

Tabela 3. Dosagem de cianeto total e livre em amostras comerciais de tucupi da cidade de Belém, PA ⁽¹⁾.

Estabelecimento	Cianeto Total (mg HCN/L)	Cianeto Livre (mg HCN/L)
A	100,40 ± 1,56bc	18,94 ± 3,75a
B	106,01 ± 9,47ab	7,78 ± 0,09cde
C	64,02 ± 1,28d	6,17 ± 0,29de
D	126,21 ± 9,68a	11,02 ± 0,82bc
E	110,03 ± 4,71abc	12,99 ± 0,90b
F	118,71 ± 12,99ab	13,29 ± 1,65b
G	37,67 ± 5,36d	4,18 ± 0,36e
H	66,99 ± 3,4d	6,19 ± 0,68de
I	98,67 ± 6,21c	9,60 ± 0,66bcd
J	68,43 ± 3,84d	10,09 ± 0,91bcd

⁽¹⁾Valores são média ± desvio padrão. Valores médios de três repetições, em três amostras selecionadas aleatoriamente. Média seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade.

Com relação à presença de cianeto, observou-se variação entre as amostras, em que o teor de cianeto total variou de 37,67 mg HCN/L a 126,21 mg HCN/L e o teor de cianeto livre de 4,18 mg HCN/L a 18,94 mg HCN/L. Chisté et al. (2007), ao estudarem o teor de cianeto em 10 amostras de tucupi comerciais, verificaram valores de cianeto total na faixa de 55,58 mg HCN/L a 157,17 mg HCN/L e para cianeto livre, de 9,47 mg HCN/L a 46,86 mg HCN/L. Os teores de cianeto total e livre no tucupi dependem de alguns fatores do processo de produção, como a variedade da mandioca e as etapas de fermentação e cocção. Além do processamento, a variedade da mandioca utilizada no processo de extração da manipueira também influencia no teor de cianeto do produto final, pois para a fabricação do tucupi em geral utiliza-se a mandioca-brava, ou seja, aquela que apresenta teor de HCN acima de 100 mg de HCN/kg de raiz fresca sem casca.

No processamento do tucupi, sabe-se que as etapas de fermentação e cocção são importantes na redução dos teores de cianeto. Portanto, se estas não forem bem conduzidas, o produto final poderá apresentar teores elevados de cianeto, podendo representar um risco para o consumidor. Durante a fermentação da manípueira ocorre o processo natural de hidrólise realizado pela enzima linamarase em contato com o substrato (linamarina), que é clivado em glicose e acetonacianoidrina, sendo convertida em acetona e íon cianeto. Como a enzima tem sua atividade máxima em pH 5,5-6,0, o tempo de fermentação influencia a liberação de cianeto, até a sua acidificação atingir um pH abaixo de 4,0, quando a atividade da enzima reduz drasticamente. Durante a cocção do tucupi, ocorre a redução dos níveis de cianeto em razão de sua alta volatilização e da inativação da enzima linamarase, a qual ocorre em temperaturas acima de 70 °C. Assim, a cocção do tucupi deve ser realizada durante tempo suficiente para que ocorra a volatilização do cianeto e a inativação da enzima linamarase (COHEN et al., 2007; NAMBISAN, 1994).

Considerando a dose letal (DL_{50}) de cianeto aceita pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que é de 10 mg HCN/kg de peso vivo, e com base no valor obtido para a maior concentração de cianeto total observada no presente estudo, de 118,94 mg HCN/L, o qual irá sofrer hidrólise formando o cianeto livre, que é a forma tóxica do HCN, um indivíduo com 70 kg deveria ingerir aproximadamente 6 L de tucupi para que a DL_{50} fosse alcançada.

Considerando que as variações nas concentrações de cianeto entre os estabelecimentos são atribuídas, possivelmente, à variedade da mandioca e ao processo de obtenção do tucupi, faz-se necessária a padronização das variáveis de processamento, a fim de garantir níveis seguros de cianeto no produto final.

Os resultados da contagem de coliformes termotolerantes obtidos para as amostras de tucupi estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Coliformes termotolerantes em amostras⁽¹⁾ comerciais de tucupi da cidade de Belém, PA.

Estabelecimento	Coliformes termotolerantes (NMP/mL)		
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
A	< 3	< 3	< 3
B	< 3	< 3	< 3
C	< 3	< 3	< 3
D	< 3	< 3	< 3
E	< 3	< 3	< 3
F	< 3	< 3	3
G	< 3	< 3	< 3
H	< 3	< 3	< 3
I	< 3	< 3	< 3
J	24	43	43

⁽¹⁾ Amostras coletadas em um único lote, totalizando a triplicata estudada.

Os índices de coliformes totais e termotolerantes são utilizados como indicadores das condições higiênico-sanitárias do processamento. A Agência de Defesa Agropecuária do Pará (Adepará) estabeleceu o Padrão de Identidade e Qualidade do Tucupi, que determina os limites máximos microbiológicos para coliformes termotolerantes como menor que 3 NMP/mL.

Para 80% das amostras analisadas, os resultados mostraram ausência de coliformes termotolerantes, estando estas de acordo com o padrão estabelecido pela legislação estadual. O estabelecimento J, correspondente a uma unidade de fabricação artesanal, foi o único que apresentou contaminação nas três amostras coletadas, comprovando a falta de condições higiênicas durante o processamento do tucupi por este fabricante.

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos para contagem de bactérias aeróbias mesófilas em 10 amostras de tucupi comercializadas na cidade de Belém, PA. Mesmo a legislação não estabelecendo um padrão para bactérias mesófilas e para bolores e leveduras, esse parâmetro pode ser usado como indicador da qualidade higiênica de um alimento, bem como é um indicativo do tempo útil de conservação do produto, partindo daí a importância de realizar tais análises.

Tabela 5. Contagem de bactérias aeróbias mesófilas em amostras⁽¹⁾ comerciais de tucupi da cidade de Belém, PA.

Estabelecimento	Bactérias aeróbias mesófilas (UFC/mL)		
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
A	$7,8 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$	$7,4 \times 10^3$
B	$1,4 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$	$9,1 \times 10^3$
C	$4,2 \times 10^7$	$3,1 \times 10^7$	$2,7 \times 10^7$
D	$7,5 \times 10^4$	$2,8 \times 10^3$	$6,0 \times 10^3$
E	$5,8 \times 10^7$	$1,9 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$
F	$6,4 \times 10^3$	$2,2 \times 10^8$	$7,3 \times 10^4$
G	$1,4 \times 10^7$	$1,9 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$
H	$1,0 \times 10^6$	$1,1 \times 10^5$	$9,0 \times 10^5$
I	$7,3 \times 10^3$	$6,5 \times 10^3$	$6,6 \times 10^3$
J	$2,3 \times 10^8$	$2,4 \times 10^8$	$2,8 \times 10^8$

⁽¹⁾ Amostras coletadas em um único lote, totalizando a triplicata estudada.

Pode-se observar que as amostras que apresentaram menores contagens para bactérias aeróbias mesófilas foram as dos estabelecimentos A, B, D e I, sendo as três primeiras adquiridas em unidades agroindustriais e a última em uma unidade artesanal. O estabelecimento F apresentou diferença na contagem entre as amostras de um mesmo lote, ressaltando a falta de padronização e controle da qualidade higiênica no processamento do tucupi, principalmente durante o envase do produto, em que rotineiramente observa-se a reutilização inadequada de garrafas do tipo PET. Já os valores para contagem de bactérias mesófilas apresentaram-se elevados nas amostras obtidas dos estabelecimentos C, E, G, H e J, indicando possíveis falhas em Boas Práticas de Fabricação.

Ao se comparar os resultados dos estabelecimentos D e E, ambos sendo agroindústrias, pode-se observar uma diferença dos níveis populacionais que variou de 3 a 5 ciclos logarítmicos, entre os dois estabelecimentos. Essa variação pode estar relacionada com a etapa de prensagem, pois o estabelecimento D, o qual apresentou a menor contagem, utiliza prensa hidráulica de aço inoxidável, enquanto o estabelecimento E faz uso de tipiti, utensílio artesanal que muitas vezes é reutilizado sem a correta higienização e de forma inadequada, resultando em valores elevados na contagem microbiana do produto final.

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos para contagem de bolores e leveduras nas 10 amostras de tucupi comercial analisadas.

Tabela 6. Contagem de bolores e leveduras em amostras⁽¹⁾ comerciais de tucupi da cidade de Belém, PA.

Estabelecimento	Bolores e Leveduras (UFC/mL)		
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
A	4,0x10 ¹ (est.)	1,1x10 ¹ (est.)	7,5x10 ¹ (est.)
B	1,0x10 ¹ (est.)	2,0x10 ¹ (est.)	1,0x10 ² (est.)
C	9,4x10 ³	8,4x10 ³	7,3x10 ²
D	3,0x10 ¹ (est.)	2,5x10 ¹ (est.)	2,3x10 ²
E	2,2x10 ²	2,7x10 ²	9,0x10 ¹ (est.)
F	2,9x10 ⁵	1,4x10 ⁶	6,6x10 ³
G	1,5x10 ⁷	1,4x10 ⁶	1,0x10 ⁵
H	4,2x10 ⁷	2,0x10 ²	1,5x10 ²
I	1,4x10 ³	3,2x10 ²	1,0x10 ¹ (est.)
J	1,1x10 ⁴	1,2x10 ⁴	3,0x10 ³

⁽¹⁾ Amostras coletadas em um único lote, totalizando a triplicata estudada.

Nota-se que as amostras dos estabelecimentos A e B apresentaram valores estimados, indicando assim uma baixa contagem para este tipo de micro-organismo e ratificando o resultado já observado na contagem de bactérias, no qual verificou-se que esses estabelecimentos apresentaram tucupis com melhor qualidade microbiológica.

As amostras dos estabelecimentos A, B, D, E e I apresentaram valores estimados em uma ou mais amostras. Esses resultados eram esperados para as amostras A e D, em razão do pH apresentado pelas mesmas, de 4,26 e 4,17, respectivamente, considerando que o crescimento ótimo para bolores e leveduras é em alimentos de alta acidez (pH < 4,0); além disso, estas amostras apresentaram uma população de bactérias na ordem de 10⁴ UFC/mL, caracterizando a predominância deste tipo de micro-organismo. A variação nos níveis populacionais encontrada entre as amostras analisadas, principalmente nas amostras F, G e H, deve-se à falta de padronização e controle da qualidade higiênica durante o processamento do tucupi.

A partir das contagens microbiológicas e do levantamento do processo realizado nos estabelecimentos, pôde-se observar que os tempos de cocção não apresentaram relação direta com a destruição dos micro-organismos, indicando que a contaminação dos tucupis analisados pode estar ocorrendo durante o envase inadequado do tucupi. Observou-se que os maiores níveis populacionais na contagem de bactérias aeróbias mesófilas e bolores e leveduras são dos estabelecimentos artesanais, os quais utilizam garrafas reutilizadas inadequadamente e sacos plásticos para o envase e comercialização, além das precárias condições de higiene do ambiente, equipamentos, utensílios e manipuladores. Portanto, faz-se necessário um maior controle das Boas Práticas de Fabricação durante a etapa de envase do tucupi.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos no estudo, pode-se concluir que não há padronização para o processamento do tucupi comercializado na cidade de Belém, pois as amostras apresentaram grandes variações em suas características físico-químicas e microbiológicas. Com relação ao teor de cianeto total, observou-se que 80% das amostras de agroindústrias e 20% das amostras artesanais analisadas apresentaram teor de cianeto total superior a 100 mg HCN/L. Esse fato provavelmente se deve às diferentes variedades de mandioca utilizadas entre os estabelecimentos para a obtenção da manipueira, o que influencia no teor de cianeto do produto final.

De maneira geral, os tucupis analisados apresentaram altos níveis nas contagens de bactérias aeróbias mesófilas e bolores e leveduras, indicando deficiências nas condições higiênico-sanitárias e falta de padronização no processamento do tucupi comercializado, podendo oferecer risco à saúde do consumidor.

Agradecimento

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro ao projeto (CNPq 407764/2013-5).

Referências

ABREU, L. F.; MATTIETTO, R. A. Procedimentos de fabricação dos derivados de mandioca: recomendações para obtenção de produtos seguros e de qualidade.

In: MODESTO JÚNIOR, M. S.; ALVES, R. N. B. **Cultura da mandioca**: apostila. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. p. 165-182.

AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO PARÁ. Instrução Normativa n.º 001/2008, de 24 de junho de 2008. Norma de identidade, qualidade, acondicionamento e rotulagem do tucupi. **Diário Oficial do Estado do Pará**, v. 116, n. 31.198, p. 7, 26 jun. 2008. Executivo 3. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/6633377/pg-7-executivo-3-diario-oficial-do-estado-do-para-doepa-de-26-06-2008>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

AFIFI, H. S.; ABUSHELAIBI, A. A. Assessment of personal hygiene knowledge, and practices in Al Ain, United Arab Emirates. **Food Control**, v. 25, n. 1, p. 249-253, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Resolução RDC n. 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre Padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, v. 139, n. 7, p. 45-53, 10 jan. 2001. Seção 1.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 16. ed., 3. rev. Gaithersburg, 1997. v. 2.

ARAÚJO, J. M. A. Química de alimentos: teoria e prática. In: ARAÚJO, J. M. A. (Org.). **Toxicantes naturais**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2008. p. 286-301.

CAGNON, J. R.; CEREDA, M. P.; PANTAROTTO, S. Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas In: CEREDA, M. P. (Coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 2, p. 13-37. (Fundação Cargill. Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, 2).

CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M. P. (Coord). **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 4, cap. 1, p. 13-37.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Produtos regionais a base de mandioca ou derivados. In: CEREDA, M. P. **Tecnologia, uso e potencialidade de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 683-693.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; OLIVEIRA, S. S. Estudo das propriedades físico-químicas do tucupi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 437-440, 2007.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O. Teor de cianeto total e livre nas etapas de processamento do tucupi. **Revista do Instituto Adolf Lutz**, v. 70, n. 1, p. 41-46, 2011.

COHEN, K. O.; OLIVEIRA, S. S.; CHISTÉ, R. C. **Quantificação de teores de compostos cianogênicos totais em produtos elaborados com raízes de mandioca**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 23 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 290).

DEVERE, E.; PURCHASE, D. Effectiveness of domestic antibacterial products in decontaminating food contact surfaces. **Food Microbiology**, v. 24, n. 4, p. 425-430, 2007.

ESSERS, A. J. A.; BOSVELD, M.; VAN DER GRIFT, R. M.; VORAGEN, A. G. J. Studies on the quantification of specific cyanogenes in cassava products and introduction of a new chromogen. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 63, n. 3, p. 287-296, 1993.

FEELEY, M.; AGUDO, A.; BRONSON, R.; EDGAR, J.; GRANT, D.; HAMBRIDGE, T.; SCHLATTER, J. **Cyanogenic glycosides (addendum)**. In: SAFETY Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. Geneva: World Health Organization, 2012. p. 171-322. (WHO Food Additives Series, 65).

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: janeiro 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

LUES, J. F. R.; VAN TONDER, I. The occurrence of indicator bacteria on hands and aprons of food handlers in the delicatessen sections of a retail group. **Food Control**, v. 18, n. 4, p. 326-332, 2007.

NAMBISAN, B. Evaluation of effect of various processing technique on cyanogens content reduction in cassava. **Acta Horticulturae**, v. 375, p. 141-173, 1994. International Workshop on Cassava Safety.

OLIVEIRA, L. A. Compostos cianogênicos em mandioca. In: OLIVEIRA, L. A. **Manual de laboratório**: análises físico-químicas de frutas e mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. p. 175-218.

STATSOFT. **Statistica**: data analysis software system. Version 7. [S.l.], 2004.

VANDERZANT, T.; SPLITTSTOESSER, E. F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1992. 1919 p.

Embrapa

Amazônia Oriental

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



CGPE 13245