



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS**

SABRINA DOS SANTOS COSTA

**AMIDO DA BANANA *MUSA AAB-PRATA VERDE* – UM ESTUDO DAS SUAS
PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS**

POMBAL - PB

2019

SABRINA DOS SANTOS COSTA

**AMIDO DA BANANA *MUSA AAB-PRATA VERDE* – UM ESTUDO DAS SUAS
PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais na modalidade Profissional, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Mestre em Sistemas Agroindustriais.

Orientadoras:

Prof^ª. D. Mônica Tejo Cavalcanti
Prof^ª. D. Mônica Correia Gonçalves

POMBAL - PB

2019

C837a Costa, Sabrina dos Santos.
Amido da banana *Musa AAB*-prata verde: um estudo das suas propriedades tecnológicas / Sabrina dos Santos Costa. – Pombal, 2019. 34 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2019.
"Orientação: Profa. Dra. Mônica Tejo Cavalcanti".
"Coorientação: Profa. Dra. Mônica Correia Gonçalves".
Referências.

1. Banana verde. 2. Amido da banana. 3. Propriedades de pasta. I. Cavalcanti, Mônica Tejo. II. Gonçalves, Mônica Correia. III. Título.

CDU 634.773(043)



Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar



CAMPUS DE POMBAL

“Amido de Banana Musa AAB-Prata Verde: Um estudo das suas Propriedades Tecnológicas”

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal-PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M. Sc.) em Sistemas Agroindustriais.

Aprovada em 22/08/2019

COMISSÃO EXAMINADORA

Mônica Tejo Cavalcanti
Mônica Tejo Cavalcanti
Orientadora

Mônica Correia Gonçalves
Mônica Correia Gonçalves
Orientadora

Everton Vieira da Silva
Everton Vieira da Silva
Examinador Interno

Adriano Sant'Ana Silva
Adriano Sant'Ana Silva
Examinador Externo

POMBAL-PB
2019

A minha irmã Rosângela (Doda) por todo incentivo e exemplo, dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me conceder forças e determinação para a realização dos meus sonhos.

Aos meus pais, Edmilson e Huzely por todo incentivo.

A minha grande amiga, comadre e companheira de trabalho Maria Climene pela amizade, dedicação e disposição na colaboração deste trabalho.

Aos meus filhos, Maria Eduarda, João Gabriel, Pedro Henrique e minha pequena neta Ana Laura, razão da qual encontro forças para enfrentar a vida. Amo muito vocês!

A toda minha família, em especial aos meus irmãos por todo amor e carinho.

Ao meu esposo Charlier por toda ajuda em vários momentos, serei sempre grata.

A minha Orientadora Prof.^a Dr. Mônica Tejo Cavalcanti pela orientação, disponibilidade, compreensão e apoio.

As minhas colegas técnicas de laboratório do CCTA, pelo incentivo e apoio sempre que solicitado, meu muito obrigado.

Aos integrantes da banca examinadora pela contribuição e disponibilidade com esse trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais e a UFCG pela oportunidade de realizar este mestrado.

A todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram com essa pesquisa.

COSTA, Sabrina dos Santos. Amido da Banana *Musa* AAB-Prata Verde – Um Estudo das Suas Propriedades Tecnológicas. 2019. 47 fls. Dissertação apresentado à Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2019.

RESUMO

A banana é uma das frutas mais produzidas mundialmente e um alimento altamente nutritivo. Em seu estado verde é considerada fonte de amido de alto potencial, apresentando elevados teores de amilose, tido um potente alimento funcional. Apesar da grande produção deste fruto, são elevadas as perdas pós-colheita. A transformação desse fruto em subprodutos, como o amido, representa uma forma de aproveitamento e produção e surge como alternativa para indústria alimentícia. A modificação do amido vem da necessidade da indústria de alimentos por amidos com propriedades específicas resultando em amidos de maior resistência. Este estudo teve como objetivo investigar os efeitos da modificação física pelo tratamento térmico com baixa umidade utilizando teores de umidade de 15%, 20% e 25% em amido da banana verde variedade prata (*Musa* AAB-Prata). Após tratamento térmico a morfologia, por MEV e a organização molecular analisado por FTIR do amido permaneceram inalterados. O tratamento térmico em baixa umidade reduziu significativamente a viscosidade de pico, a quebra e a viscosidade final, característica desejada para fabricação de massas e aumentou o tempo de viscosidade máxima e a temperatura de pasta, aumentando para 88,45 °C no TTBU 25. Após modificação também foi aumentada a estabilidade térmica do amido, ou seja, uma menor tendência a retrogradação, ideal para utilização em alimentos congelados e frituras. Este estudo indica que TTBU melhora as características do amido para potenciais aplicações na indústria alimentícia.

Palavras-Chave: modificação física, propriedades de pasta, propriedades térmicas.

COSTA, Sabrina dos Santos. Banana Starch Musa AAB-Green Silver - A Study of Its Technological Properties. 47 p. Dissertation presented to the Federal University of Campina Grande, Pombal-PB, 2019.

ABSTRACT

Banana is one of the most produced fruits in the world and a highly nutritious ingredient. In its green state it is considered a source of high potential starch, presenting high levels of amylose, having a potent functional food. Despite the great production of this fruit, post-harvest losses are high. The transformation of this fruit into byproducts, such as starch, represents a form of utilization and production and emerges as an alternative for the food industry. Starch modification comes from the food industry's need for starches with specific properties resulting in higher strength starches. This study aimed to investigate the effects of physical modification by low humidity heat treatment using moisture contents of 15%, 20% and 25% in starch of the green variety silver banana (Musa AAB-Prata). After heat treatment the morphology, SEM and molecular organization analyzed by starch FTIR remained unchanged. Low humidity heat treatment significantly reduced peak viscosity, breakdown and final viscosity, which is the desired characteristic for pasta making, and increased maximum viscosity time and pulp temperature, increasing to 88.45 ° C in HMT 25. After modification, the thermal stability of the starch was also increased, ie, a lower tendency to retrograde, ideal for use in frozen foods and fried foods. His study indicates that HMT improves starch characteristics for potential applications in the food industry.

Keywords: physical modification, paste properties, thermal properties.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TTBU	Tratamento Térmico em Baixa Umidade
BOD	Demanda Bioquímica de Oxigênio
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
FTIR	Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier
DSC	Calorimetria Diferencial de Varredura
RVA	Rapid Visco Analyser
ANOVA	Análise de Variância
CCTA	Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação da molécula de amilose e amilopectina.....	11
Figura 2 – Representação esquemática do grânulo de amido.....	12
Figura 3 – Curva de viscosidade típica do RVA.....	15

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3 REVISÃO DA LITERATURA	11
3.1 AMIDO.....	11
3.2 AMIDO DA BANANA VERDE.....	12
3.3 MODIFICAÇÃO FÍSICA E PROCESSOS DE CARACTERIZAÇÃO.....	13
4 METODOLOGIA	17
4.1 MATERIAL.....	17
4.2 EXTRAÇÃO DO AMIDO DA BANANA.....	17
4.3 TRATAMENTO TÉRMICO COM BAIXA UMIDADE	17
4.4 AMIOSE APARENTE.....	18
4.5 PODER DE INCHAMENTO	18
4.6 MICROSCÓPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA.....	18
4.7 ESPECTROMETRIA DE INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER	19
4.8 CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE VARREDURA.....	19
4.9 PROPRIEDADES DE PASTA.....	19
4.10 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	20
5 RESULTADOS	21
1.1.5.1 ARTIGO: Effects of low heat-moisture treatment in Prata green banana starch (<i>Musa AAB-Prata</i>).....	22
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
REFERÊNCIAS	25
ANEXO I: COMPROVANTE DE CADASTRO DE ACESSO - SISGEN	30
ANEXO II: INSTRUÇÕES PARA AUTORES PARA SUBMISSÃO DE ARTIGO NA REVISTA FOOD AND BIOPROCESS TECHNOLOGY	32

1. INTRODUÇÃO

As bananas são uma das frutas mais cultivadas e consumidas mundialmente. A produção mundial desta em 2017 foi de aproximadamente 125,35 milhões de toneladas. Os maiores produtores são Índia e China e atendem principalmente o mercado interno. No Brasil a produção de banana se aproximou dos sete milhões de toneladas no ano de 2017, sendo caracterizada por pequenos produtores espalhados pelo país (FAO, 2017). A maior parte da produção nacional é da banana do subgrupo “Prata” por serem mais resistentes e de preferência do consumidor brasileiro, mas com menos acesso no mercado exterior (LICHTEMBERG; LICHTEMBERG, 2011).

O fruto da banana pode ser utilizado no estado de maturação verde e maduro. As perdas pós-colheita, com o fruto em estado de maturação verde, é responsável por 60%. As bananas muito pequenas ou as que apresentam danos em sua superfície, que podem causar contaminação microbiana, são rejeitadas para comercialização, sendo descartadas de forma inadequadas. Esse rejeito pode ser aproveitado pela indústria de alimento para produção de subprodutos como o amido. A redução de perdas pós-colheita é essencial para aumentar a disponibilidade do alimento produzido, com grande significado no crescimento econômico (CRISTINA SEGUNDO et al., 2017).

Em seu estágio de maturação verde a banana apresenta concentrações que chegam de 70% a 80% de amido na matéria seca (MESQUITA et al., 2016), com alto teor de amido resistente, surgindo como alternativa para o produtor, a indústria alimentícia e o consumidor. Produtos à base de amido vêm sendo continuamente desenvolvidos como exemplo da utilização de amido como espessante e estabilizante de molhos, em alimentos infantis, em alimentos sem glúten, em massas, sobremesas, bebidas e panificação.

O amido está presente em muitos alimentos industrializados com custo relativamente baixo, sendo um dos responsáveis por algumas características do alimento processado (GONÇALVES et al., 2009). O conhecimento das características e das propriedades do amido possibilita a forma correta na utilização deste produto. Fontes convencionais de amidos incluem a batata, o milho, o arroz e o trigo. O amido da banana verde é considerado uma fonte não convencional com crescente interesse devido as suas características físico-químicas e funcionais (APARICIO-SAGUILÁN et al., 2014). O amido da banana verde apresenta altas concentrações de amilose e altos teores

de amido resistente, que conferi benefícios a saúde, devido a isso aumentou o interesse pela pesquisa sobre suas propriedades.

O amido natural (nativo) nem sempre apresenta as propriedades ideais para aplicações industriais, influenciando principalmente na textura de alguns alimentos (DENARDIN; PICOLLI, 2009), sendo necessárias modificações, que podem ser físicas, químicas e enzimáticas. Essas características ideais do amido são adquiridas após tratamentos aplicados ao amido visando adquirir estabilidade térmica, menor viscosidade, resistência a degradação e menor tendência de retrogradação e gelificação.

O tratamento térmico com baixa umidade (TTBU) vem sendo estudado devido à possibilidade de substituir os tratamentos químicos (GONÇALVES et al. 2009). O amido tratado termicamente é um ingrediente seguro e sem restrição ao ser utilizado na preparação de alimentos (ARNS et al., 2015).

O TTBU é um tratamento no qual o amido é submetido à temperatura (controlada) acima da temperatura de transição vítrea e de gelatinização, mas com umidade insuficiente para gelatinizar, por um determinado período (ZAVAREZE; DIAS, 2011). Este tratamento altera as propriedades de pasta do amido, associada com o aumento de temperatura de gelatinização, aumento da estabilidade da pasta, diminuição da viscosidade e da taxa de extensão de retrogradação (YADA; GULERIA; YADAV, 2013). O tratamento térmico, processo físico de baixo custo e ecologicamente correto, altera as características do amido proporcionando atributos desejados pela indústria alimentícia. O amido tratado por TTBU tem sido amplamente utilizado em produtos alimentícios, como massas, pães, produtos enlatados e congelados, como também na produção de filmes biodegradáveis.

O presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos do tratamento térmico sobre as características físico-químicas do amido da banana verde para sua utilização na indústria alimentícia.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Estudar as propriedades do amido da banana *musa AAB*-prata verde nativo e modificado fisicamente por tratamento térmico com baixa umidade.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

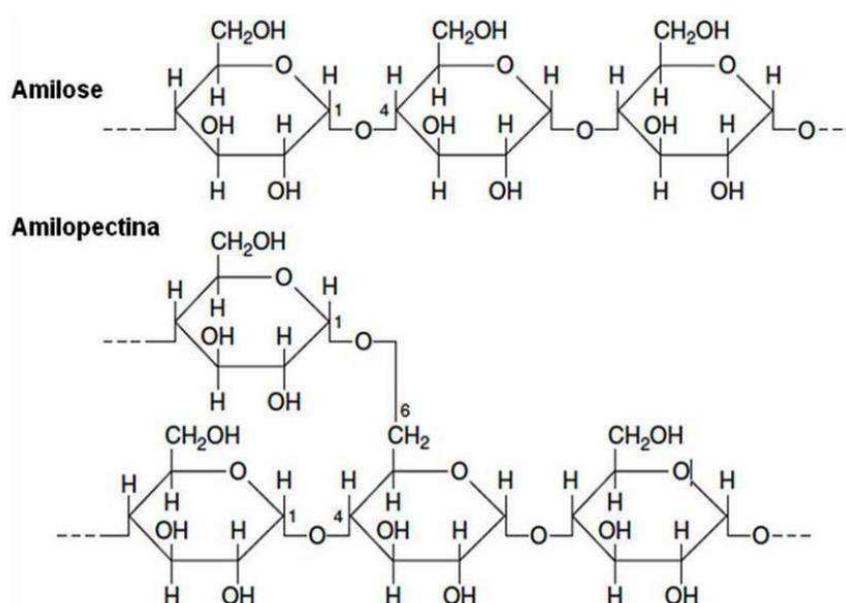
- ✓ Extrair o amido do fruto da banana verde e avaliar o rendimento de extração;
- ✓ Modificar termicamente o amido da banana verde;
- ✓ Verificar a morfologia do grânulo do amido nativo e modificado;
- ✓ Avaliar a organização molecular através do FTIR
- ✓ Determinar as propriedades térmicas por DSC do amido nativo e modificado;
- ✓ Avaliar as propriedades de pasta do amido nativo e modificado.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. AMIDO

O amido é o principal polissacarídeo distribuído em diversas espécies de vegetais como carboidrato de reserva, produzidos em pequenos agregados individuais, denominados grânulos, formado por dois polímeros, a amilose e a amilopectina (THAKUR et al., 2019). Na amilose as unidades estão ligadas por meio de ligações glicosídicas α -1,4 formando cadeias lineares com conformação helicoidal (Figura 1), já na amilopectina as unidades estão ligadas por ligações glicosídicas α -1,4 e α -1,6 com cadeias ramificadas (Figura 1), organizada em duplas hélices (BET et al., 2016). O grupo hidroxila presente na molécula dá ao grânulo do amido uma característica hidrofílica.

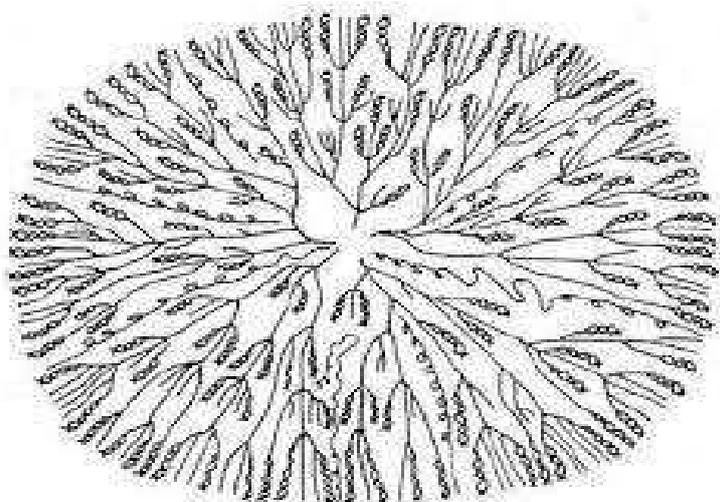
Figura 1. Representação da molécula de amilose e amilopectina.



Fonte: Adaptado de Ribeiro, 2014.

A estrutura do grânulo do amido (Figura 2) depende da origem do amido e de como estão associadas e distribuídas as cadeias de amilose e amilopectina no grânulo (CHÁVEZ-SALAZAR, et al., 2017) e confere funcionalidade ao amido (ALIMI; WORKNEH; SIBOMANA, 2016).

Figura 2. Representação esquemática do grânulo do amido.



Fonte: Adaptado de Feniman, 2004.

O grânulo do amido pode apresentar formas esféricas, alongados e/ou poliédricos, com superfícies lisas ou com fissuras e tamanhos variados. São compostos por anéis concêntricos alternadas de regiões amorfas e cristalinas e são conhecidos como “anéis de crescimento” (ZHU, 2015). O centro do grânulo, considerado ponto de origem, é chamado de “hilum” (DENARDIN; SILVA, 2009). Grânulos de amidos são birrefringentes, essa propriedade é devido ao alto grau de organização molecular interna do grânulo (ZAVAREZE; DIAS, 2011). Os grânulos do amido são insolúveis em água fria, mas em água quente os grânulos incham tanto que rompem devido ao relaxamento de hidrogênio e perdem a birrefringência.

O amido além de exercer um papel importante no desenvolvimento das plantas, ele é amplamente utilizado como alimento na dieta das pessoas e em diferentes aplicações pela indústria farmacêutica, têxtil e alimentícia (EMMAMBUX; TAYLOR, 2013). Na sua forma nativa, os amidos apresentam uma forte tendência à decomposição e retrogradação. É abundante na natureza e de fácil modificação física, química e enzimática (PAULOS et al., 2016).

As fontes de amido mais usadas são obtidas do milho, batata, mandioca e trigo (LI et al., 2014) no entanto, fontes não convencionais de amido vêm sendo estudados para verificar a viabilidade e determinar as características do amido para a sua aplicação na indústria alimentícia (MESQUITA et al., 2016).

3.2. AMIDO DA BANANA VERDE

A banana em seu estágio de maturação totalmente verde não é consumida devido a sua elevada adstringência e alta dureza (SARAWONG et al., 2014), sendo que 20% da produção de banana verde não é comercializada por apresentar deformações e por serem muito pequenas (ALVES et al., 2016). Uma forma de reduzir as perdas pós-colheita e agregar valor aos frutos é assegurar alternativas para utilização dos frutos verdes pela indústria de alimentos.

O teor de amido da polpa da banana em seu estágio de maturação totalmente verde, está acima de 60% do peso seco (BI et al., 2017) com alto teor de amilose e resistente a hidrólise ácida (DUFOUR et al., 2009). O teor de amilose afeta parâmetros físico-químicos do amido, formação de géis e em fenômeno de retrogradação, uma vez que a região amorfa é constituída principalmente de amilose (MESQUITA et al., 2016; CHÁVEZ-SALAZAR et al., 2017), é mais densa e absorve mais água em temperaturas abaixo da temperatura de gelatinização (ZAVAREZE; DIAS, 2011).

O amido da banana verde é considerado um amido funcional com alto potencial de aceitabilidade, por não apresenta sabor, apresentar alto teor de amido resistente, por agir como fibra alimentar e por ser benéfico à saúde (LEHMANN; JACOBASCH; SCHMIEDL, 2002; AURORE; PARFAIT; FAHRASMANE, 2009).

Diferentes cultivares de bananas apresentam diferenças nas suas características estruturais, físico-química e de digestibilidade (JIANG et al., 2015). Em geral, os grânulos do amido da banana apresentam formas irregulares como ovais alongadas (NIMSUNG; THONGNGAM; NAIVIKU, 2007). Os grânulos do amido estão sempre relacionados com as características de gelatinização e de colagem. Quando aquecidos, em excesso de água, sofre um intumescimento e em seguida um rompimento da sua estrutura sofrendo uma mudança de fase conhecido como gelatinização.

A modificação física torna-se necessária para proporcionar características desejáveis aos alimentos, requeridas pela indústria de alimentos que buscam por amidos com propriedades específicas como estabilidade térmica e menor retrogradação, e que resistam às condições adversas de processamento.

3.3. MODIFICAÇÃO FÍSICA E PROCESSOS DE CARACTERIZAÇÃO

O amido modificado vem atraindo cada vez mais a atenção devido às melhorias nas suas propriedades físicas e químicas. O amido modificado é aquele que foi processado alterando as características naturais do amido. Dentre as modificações podemos citar as modificações físicas, as modificações químicas e as modificações enzimáticas. A modificação física vem sendo amplamente estudada por ser um método com menor desperdício, que não apresenta impactos ambientais e não tóxico (LIU et al., 2018), além de contribuir melhorar as propriedades do amido nativo sem deixar qualquer tipo de resíduos de reagentes químicos (CAHYANA et al., 2019).

Embora as modificações químicas estejam disponíveis para fins industriais, as indústrias preferem e buscam por amidos que não foram alterados quimicamente devido à segurança, baixo custo e simplicidade dos amidos modificados fisicamente (MIYAZAKI; MORITA, 2005).

As modificações físicas, também chamadas de modificações térmicas resultam em conclusões conflitantes em diferentes fontes de amidos e métodos utilizados, sendo de grande importância examinar os efeitos físico-químicos, sensorial e funcional no amido modificado (CAHYANA et al., 2019). Tais modificações desempenham um papel vital na melhoria das propriedades e aumenta o uso de amido em várias aplicações (DANDEKAR et al., 2012). No processamento industrial do amido, geralmente são empregadas altas temperaturas, o que pode alterar a orientação das moléculas dentro do grânulo, sendo importante o estudo do perfil térmico do amido (ZHANG; GOLDING; BURGAR, 2002).

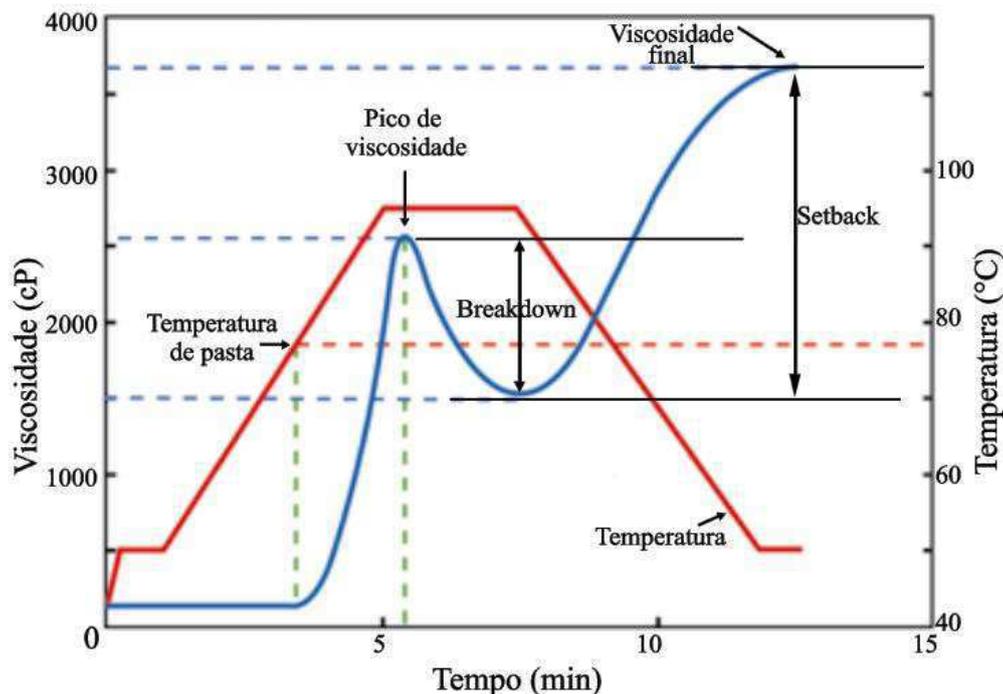
O tratamento por calor e baixa umidade é um processo hidrotérmico nos quais parâmetros críticos como a relação amido-umidade, temperatura e tempo de aquecimento precisam ser controlados e que modifica as propriedades físico-químicas do amido sem destruir sua estrutura granular. No tratamento térmico de baixa umidade (TTBU), o amido é aquecido a temperaturas acima da temperatura de gelatinização (90-120 °C), mas com umidade (< 30-35%) insuficiente para gelatinizar, promovendo um aumento na temperatura de transição da gelatinização, diminuição no poder de inchamento do grânulo, aumento na cristalinidade, aumento na estabilidade térmica, menor extensão da retrogradação e mudanças nas propriedades funcionais alterando sua digestibilidade (ZAVAREZE; DIAS, 2011; ADEBOWALE; AFOLABI; OLU-OWOLABI, 2005; XIE et al., 2014).

O tamanho, a forma do grânulo e a regularidade na forma podem ser avaliados através da técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV), técnica mais empregada na caracterização de materiais sólidos, na qual se busca estudar a morfologia do material em estudo. No MEV a imagem é visualizada em um monitor em tempo real simultaneamente com a varredura e os resultados são de fácil interpretação. Outros recursos utilizados para a caracterização de amidos são a calorimetria diferencial de varredura (DSC), analisador rápido de viscosidade (RVA), infravermelho (FTIR), raios x (não aplicado neste estudo).

O DSC é utilizado para medir o grau de gelatinização do amido e descrever o comportamento térmico do amido. A temperatura inicial, temperatura de pico, temperatura de conclusão e a entalpia sugerem a heterogeneidade dos cristais. A entalpia indica a perda de organização molecular, que com a redução da entalpia indica que menos energia é necessário para romper os cristais (ARNS et al., 2015).

O estudo do perfil de viscosidade obtido pelo RVA inclui pico de viscosidade, viscosidade final, viscosidade de quebra (breakdown), viscosidade final, retrogradação (setback) e temperatura de pasta (Figura 3) que são de extrema importância na determinação do comportamento do amido durante o aquecimento e resfriamento observando as mudanças ocorridas durante a gelificação e a retrogradação (OLIVEIRA, 2011).

Figura 3. Curva de viscosidade típica do RVA.



Fonte: Adaptado de Perten Instruments, 2015.

Geralmente o TTBU leva a uma redução no pico de viscosidade e na viscosidade de ruptura, bem como um aumento na temperatura de pasta (HU et al., 2018).

O FT-IR é uma técnica sensível às mudanças na estrutura de nível molecular como a conformação de cadeia de amido, cristalinidade e teor de água e fornecem informações sobre a organização estrutural das cadeias do amido (ZENG et al., 2015). A técnica é capaz de identificar diferentes ligações químicas entre átomos pelas deformações rotacionais e vibracionais em determinados comprimentos de onda. A Transformada de Fourier é um processo matemático pelo qual um conjunto de dados é analisado por um espectro de frequência, gerando um gráfico para que possa ser interpretado (PEREIRA, 2018).

4. METODOLOGIA

4.1. MATERIAIS

As bananas verdes variedade prata (*Musa AAB*, 'Prata') foram obtidas no comércio local do município de Pombal, Paraíba, Brasil, no estágio de maturação casca totalmente verde, com firmeza de aproximadamente 36,03 N.

4.2. EXTRAÇÃO DO AMIDO DA BANANA

A extração do amido foi baseada no método descrito por IZIDORO et al. (2011) com modificações. As bananas verdes foram lavadas, descascadas, cortadas transversalmente em fatias (± 2 cm), submersa em solução de bissulfito de sódio 1% na proporção 1:2 (m/v), mantendo o pH da solução entre 4 - 5,2 por 24 horas. Posteriormente, eles foram triturados em um processador (Urano, UCB 950A, Brasil) a 600 W por 8s. A massa obtida foi tamisada em peneira granulométrica de aço inox (200 mesh) mantendo o filtrado sob refrigeração (4 °C) por 2h para decantação do amido. O sobrenadante foi removido e o amido seco em estufa com circulação de ar (Solab, SL 102, Brasil) a 45 °C até que a umidade estabilizasse em 10%.

4.3. TRATAMENTO TÉRMICO COM BAIXA UMIDADE (TTBU)

O tratamento térmico com baixa umidade do amido nativo foi realizado segundo método descrito por ARNS et al. (2015) com modificações. A umidade do amido da banana foi ajustada para 15, 20 e 25 g/100g (TTBU 15%, TTBU 20% e TTBU 25%). O amido foi armazenado a 4 °C em recipientes de vidro hermeticamente fechado, por quatro dias, em incubadora BOD (New-Lab, NL-161-01, Brasil) para uniformização da umidade. As amostras foram autoclavadas a 110 °C durante uma hora, seca em estufa de secagem e renovação de ar (Solab, SL 102, Brasil) a 40 °C até aproximadamente 10% de umidade e armazenadas em sacos ziplock para posterior análise.

4.4. AMILOSE APARENTE

O conteúdo de amilose aparente dos amidos previamente desengordurados foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Bueno (2008), com algumas modificações. Foram transferidas 0,10 g de amostra para balão volumétrico de 100 mL com 1,00 mL de álcool etílico 95% e 9,00 mL de hidróxido de sódio 1,0 mol/L. A solução foi colocada em banho-maria a 100 °C por 9 min, resfriadas e o volume completado com água destilada. De cada amostra, uma alíquota de 200,00 µL foi transferida para tubos de ensaio adicionado 40,00 µL de ácido acético 1 mol/L, 80,00 µL de solução de iodo (0,2 g de iodo metalizado, 2 g de iodeto de potássio e 50 mL água destilada) e 4.780,00 µL de água destilada. A solução foi homogeneizada e deixada em repouso por 30 min. A leitura da absorbância foi determinada em espectrofotômetro (Biospectro, mod. sp 220, Brasil) a 610nm, com curva padrão utilizando amilose (A0512-Sigma) para obtenção da equação da reta.

4.5. PODER DE INCHAMENTO

O poder de inchamento do amido foi determinado de acordo com a metodologia de TORRE-GUTIÉRREZ; CHEL-GUERRERO; BENTANCUR-ANCONA (2008).

4.6. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

A morfologia do grânulo do amido da banana verde foi observada através do microscópio eletrônico de varredura – MEV (LEO Electron Microscopy LTDA, Cambridge, Reino Unido), a uma tensão de feixe de elétrons de 10 kV. Para conferir condutividade ao amido necessária para passagem de elétrons (BET et. al., 2016), as amostras foram fixadas em suportes de alumínio (*stubs*) contendo fita dupla face de carbono e recobertas com ouro, em um metalizador Sputter Coater (VG Microtech Uckfield, Modelo SC 7620, Reino Unido). As micrografias foram obtidas através de um aumento de 1.000x e 300x. A caracterização do amido foi realizada no Laboratório de Caracterização de Biomassa, Recursos Analíticos e de Calibração da UNICAMP – SP.

4.7. ESPECTROMETRIA DE INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER

O grau de organização molecular foi examinado por espectrometria no infravermelho por Transformada de Fourier (FT-IR) na UNICAMP - SP. O amido foi colocado dentro de um conjunto formatador para formação das pastilhas, aplicando-se uma força de 80 kN por 10 minutos, com o auxílio de uma prensa hidráulica. Os espectros infravermelhos (4000 a 400 cm^{-1}) das amostras foram obtidos em um espectrofotômetro por transformada de Fourier (FT-IR) (Shimadzu, IRPrestige-21, Kyoto, Japão). As medidas foram feitas a uma resolução de 4 cm^{-1} com varredura de 45 escaneamentos. Utilizou-se o software IR Solution versão 1.21 (Shimadzu, Kyoto, Japão) para análise de ajuste das curvas. O grau de ordem molecular foi verificado pela taxa entre as segundas derivadas das bandas 1047 cm^{-1} e 1022 cm^{-1} .

4.8. CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE VARREDURA

DSC (differential scanning calorimetry) foi utilizada para avaliar as propriedades térmicas dos amidos, na UNICAMP - SP. Cerca de 2,5-3,0 mg de amostra foram colocados no recipiente de alumínio e água deionizada foi adicionada em excesso (1:2). O recipiente foi selado e deixado descansar durante a noite para o equilíbrio de umidade na amostra. O recipiente foi colocado em um calorímetro (Shimadzu, DSC-60, Kyoto, Japão) calibrado com o metal índio. Os recipientes foram submetidos à taxa de calor de 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ de 30 $^{\circ}\text{C}$ a 120 $^{\circ}\text{C}$. Um recipiente vazio foi utilizado como referência. As transições foram caracterizadas pelas temperaturas iniciais (T_0), de pico (T_p) e finais (T_f), e pela mudança de entalpia (ΔH) associada ao processo da gelatinização do amido. Estes parâmetros foram calculados utilizando o software TA60 versão 2.11 (Shimadzu, Kyoto, Japão). Três replicatas foram realizadas para cada amostra.

4.9. PROPRIEDADES DE PASTA

O Rapid Visco Analyser (Newport Scientific Pty Ltd, Modelo 4+, Sydney, Austrália) – RVA foi utilizado para analisar as propriedades de pasta do amido, na UNICAMP - SP. 3,0 g de amostra foram colocados em recipientes de alumínio e suspensos em 25 mL de água destilada (volume corrigido para a base de 14% de

umidade na amostra). Utilizou-se o programa de aquecimento Standard 1: velocidade de rotação das pás igual a 160 rpm e perfil de temperatura estabelecido em aquecimento da temperatura ambiente a 50°C (0-1min), aquecimento de 50 a 95°C (1-4,5 min), temperatura constante a 95°C (4,45-7,15 min), resfriamento de 95 a 50°C (7,15-11 min) e temperatura constante a 50°C (11-13min). O perfil de viscosidade e os parâmetros foram calculados utilizando o software Thermocline para Windows versão 2.4 (Newport Scientific Pty. Ltd., Sidney, Austrália). Os parâmetros analisados foram temperatura de pasta, viscosidade máxima, tempo de viscosidade máxima, viscosidade mínima a 95°C, breakdown, viscosidade final a 50°C e setback. As medidas foram realizadas em triplicatas.

4.10. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se 3 unidades experimentais por tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as diferenças significativas entre os valores médios foram identificadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os dados foram analisados por meio do software Sisvar, versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS

Estão apresentados no formato de artigo submetido à revista Food and Bioprocess Technology, ISSN: 1935-5149 (on line), fator de impacto 2.998, seguindo as normas de formatação da revista. As normas do periódico se encontram no anexo I.

5.1. ARTIGO: **Effects of low heat-moisture treatment in Prata green banana starch**
(*Musa AAB-Prata*)

Running title: Low heat-moisture treatment in Prata green banana starch

Conflict of Interests: None to declare.

Sabrina dos Santos Costa¹

Maria Climene Bezerra de Medeiros Almeida¹

Eveline Lopes Almeida²

Mônica Tejo Cavalcanti¹

¹ Graduate Program in Agroindustrial Systems, Agri-Food Science and Technology Center, Federal University of Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil² School of Chemistry, Technology Center, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

*Corresponding author: E-mail: sabrinasantoscosta@yahoo.com.br; Telephone: +55 (83) 9.XXXX-XXXX.

Abstract

Green banana is a great potential source for starch. The functional properties of starch can be improved by applying various innovative and safe technologies with the physical modifications being most desired by maintaining granular integrity and not making use of chemical reagents. The objective of this study was to investigate the effects of physical modification by low heat-moisture treatment (HMT) using moisture contents of 15%, 20% and 25% in Prata green banana starch (*Musa AAB-Prata*). The extraction yield of starch was $23.80 \pm 3,3\%$. The native starch showed a high amylose content ($42.13 \pm 0,26\%$), which was reduced by HMT at 15 and 20% moisture. The HMT did not change the morphology and the degree of molecular ordering in Prata green banana starch granule observed by Scanning Electron Microscopy and Fourier-Transform Infrared Spectrometry, respectively. However, starch modification caused a significant reduction in the swelling power of the starches at the higher temperatures (70 °C to 90 °C), besides to increase the gelatinization peak temperature and reduce the gelatinization enthalpy determined by differential scanning calorimetry. On the pasting profile of Rapid Visco Analyser, it was possible to verify that the HMT reduced peak viscosity, trough, breakdown and final viscosity, and increased the pasting temperature and time to peak viscosity, thereby indicating improvements in starch thermostability and broadening the starch application range in the food industry.

Keywords: Starch. Physical modification. Morphology. Thermal Properties. Pasting properties.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O amido nativo apresentou grânulos com tamanhos e formas irregulares, com superfícies lisas que não foram alterados com a modificação como também não foi alterada sua organização molecular.

Houve uma redução no teor de amilose dos tratamentos com 15% e 20% de umidade e ocorreu um aumento no tratamento com 25% de umidade, onde observamos que com umidades mais baixa ocorre um comportamento inverso em relação a maior umidade.

Com as modificações houve um deslocamento e alargamento dos picos de gelatinização e uma redução drástica na entalpia de gelatinização.

A viscosidade do amido foi o parâmetro mais afetado pelo tratamento térmico apresentando queda em quase todos os pontos, com reduções significativas na viscosidade de quebra, aumentando a estabilidade de pasta, e menor tendência a retrogradação, aumentando a estabilidade ao armazenamento sob frio. Com exceção da temperatura de pasta em que houve um aumento após modificação em todos os tratamentos.

Pelos dados obtidos, o tratamento térmico com baixa umidade melhorou as características do amido da banana verde para potenciais aplicações na indústria. O tratamento térmico com baixa umidade 25% obteve o melhor comportamento, sugerindo como o tratamento mais indicado para a indústria na aplicação de produtos como massas e congelados, que apesar do aumento no teor de amilose foi o que apresentou menor tendência a retrogradação.

REFERÊNCIAS

- ALIMI, B. A.; WORKNEH, T. S.; SIBOMANA, M. S. Effect of Hydrothermal Modifications on Functional, Pasting and Structural Properties of False Banana (*Ensete ventricosum*) Starch. **Food Biophysics**, v.11(3), p. 248, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11483-16-435-6>
- ADEBOWALE, K. O.; AFOLABI, T. A.; OLU-OWOLABI, B. I. Hydrothermal treatments of Finger millet (*Eleusine coracana*) starch. **Food Hydrocolloids**, v. 19(6), p. 974-983, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.12.007>
- ALVES, L. A. A. S.; LORENZO, J. M.; GONÇALVES, C. A. A.; SANTOS, B. A.; HECK, R. T.; CICHOSKI, A. J.; CAMPAGNO, P. C. B. Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. **Meat Science**, v. 121, p. 73-78, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.001>
- APARICIO-SAGUILÁN, A.; AGUIRRE-CRUZ, A.; MÉNDEZ-MONTEALVO, G.; RODRIGUEZ-AMBRIZ, S. L.; GARCIA-SUAREZ, F. J.; PÁRAMO-CALDERÓN, D. E.; ELLO-PÉREZ, L. A. The effect of the structure of native banana starch from two varieties on its acid hydrolysis. **LWT- Food Science and Technology**, v. 58(2), p. 381-386, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.028>
- ARNS, B., BARTZ, J.; RADUNZ, M.; EVANGELHO, J. A.; PINTO, V. Z.; ZAVAREZE, E. R.; DIAS, A. R. G. Impact of heat-moisture treatment on rice starch, applied directly in grain paddy rice or in isolated starch. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60(2), p. 708-713, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.059>
- AUORE, G.; PARFAIT, B.; FAHRASMANE, L. Bananas, raw materials for making processed food products. **Trends in Food Science & Technology**, v.20 (2), p. 78-91, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.10.003>
- BET, C. D.; CORDOBA, L. P.; RIBEIROS, L. S.; SCHNITZLER, E. Common vetch (*Vicia sativa*) as a new starch source its thermal, rheological and structural properties after acid hydrolysis. **Food Biophysics**, v. 11, p. 275-282, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11483-016-9439-2>
- BI, Y.; ZHANG, Y.; JIANG, H.; HONG, Y.; GU, Z.; CHENG, L.; LI, Z.; LI, C. Molecular structure and digestibility of banana flour and starch. **Food Hydrocolloids**, v. 72, p. 219-227, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.06.003>
- BUENO, P. D. F. **Viscoamilografia na Estimativa do Teor de Amilose e Características de Consumo de Arroz**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, 2008.
- CAHYANA, Y.; WIJAYA, E.; HALIMAH, T. S.; MARTA, H.; SURYADI, E.; KURNIATI, D. The effect of different thermal modifications on slowly digestible starch and physicochemical properties of green banana flour (*Musa acuminata colla*). **Food Chemistry**, v. 274, p. 274-280, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.004>

CHÁVEZ-SALAZAR, A.; BELLO-PÉREZ, L. A.; AGAMA-ACEVEDO, E.; CASTELLANOS-GALEANO, F. J.; ÁLVAREZ-BARRETO, C. I.; PACHECO-VARGAS, G. Isolation and partial characterization of starch from banana cultivars grown in Colombia. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 240-246, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.024>

CRISTINA SEGUNDO, ROMÁN, L., GÓMEZ, M., & MARTINEZ, M. M. Mechanically fractionated flour isolated from green bananas (*M. cavendishii* var. nanica) as a tool to increase the dietary fiber and phytochemical bioactivity of layer and sponge cakes. **Food Chemistry**, v. 219, p. 240-248, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.143>.

DANDEKAR, P.; JAIN, R.; STAUNER, T.; LORETZ, B.; KOCH, M. WENZ, G.; CLAUS-MICHAEL, L. A hydrophobic starch polymer for nanoparticle-mediated delivery of docetaxel. **Journal Macromolecular Bioscience**, v. 12, p. 184 – 194, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/mabi.201100244>

DENARDIN, C. C.; PICOLLI, L. Starch granules structure and its regards with physicochemical properties. **Ciência Rural**, v. 39(3), p. 945-954, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000003>

DUFOUR, D; GIBERT, O.; GIRALDO, A.; SÁNCHEZ, T.; REYNES, M.; PAIN, J. P.; GONZÁLEZ, A.; FERNÁNDEZ, A.; DÍAZ, A. Differentiation between cooking bananas and dessert bananas. 2. Thermal and functional characterization of cultivated Colombian Musaceae (*Musa* sp.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57 (17), p. 7870-7876, 2009 Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf900235a>

EMMAMBUX, M. N.; TAYLOR, J. R. N. Morphology, physical, chemical, and functional properties of starches from cereals, legumes, and tubers cultivated in Africa: A review. **Starch**, v. 65, p. 9-10, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/star.201200263>

FAO, 2017. **FAOSTAT**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em 17 de dezembro de 2018.

FENIMAN, C.M., Caracterização de raiz de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do cultivar JAC 576-70 quanto à cocção, composição química e 73 propriedades do amido em duas épocas de colheita, 2004, Universidade de São Paulo: Piracicaba.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35(6), p. 1039-1042, 2011.

GONÇALVES, M. F. V.; SARMENTO, S. B. F.; DIAS, C. T. S.; MARQUEZINI, N. Heat moisture treatment of sweet potato starch (*Ipomoea batatas* L.) in microwave oven. **Food Science and Technology**, v. 29(2), p. 270-276, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612009000200005>

HU, X.; GUO, B.; LIU, C.; YAN, X.; CHEN, J.; LUO, S.; LIU, Y.; WANG, H.; YANG, R.; ZHONG, Y.; WU, J. Modification of potato starch by using superheated steam. **Carbohydrate Polymers**, v. 198, 375-384, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.06.110>

IZIDORO, D. R.; SIERAKOWSK, M.; ISIDORO, C. W.; SOUZA, C. F.; SCHEER; Agnes de Paula. Physical and chemical properties of ultrasonically, spray-dried green banana (*Musa cavendish*) starch. **Journal of Food Engineering**, 104, 639–648, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.02.002>

JIANG, H.; ZHANG, Y.; HONG, Y.; BI, Y.; GU, Z.; CHENG, L.; LI, Z.; LI, C. Digestibility and changes to structural characteristics of green banana starch during in vitro digestion. **Food Hydrocolloids**, v. 49, p. 192-199, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.023>

LEHMANN, U.; JACOBASCH, G. SCHMIEDL, D. Characterization of Resistant Starch Type III from Banana (*Musa acuminata*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50 (18), p. 5236-5240, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf0203390>

LI, X.; XIA, Y.; GAO, W.; JIANG, Q.; GUO, H.; CAO, J.; HUANG, L.; XIAO, P. Evaluation of three traditional Chinese medicine (TCM) starches and potential application in health product industry. **Food Hydrocolloids**, v.40, p. 196 e 202, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.02.019>

LICHTEMBERG, L. A.; LICHTEMBERG, P. S. F. Avanços na bananicultura brasileira. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 33, n. spe1, p. 29-36, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000500005>.

LIU, C.; AN, F.; HE, H.; HE, D.; WANG, Y.; SONG, H. Pickering emulsions stabilized by compound modified areca taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) starch with ball-milling and OSA. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 556, p. 185-194, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.08.032>

MESQUITA, C. B.; LEONEL, M.; FRANCO, C. M. L.; LEONEL, S.; GARCIA, E. L.; SANTOS, T. P. R. Characterization of banana starches obtained from cultivars grown in Brazil. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 89, p. 632-639, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.05.040>

MIHAZAKI, M.; MORITA, N. Effect of heat-moisture treated maize starch on the properties of dough and bread. **Food Research International**, v. 38(4), p. 369-376, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.10.015>

NIMSUNG, P.; THONGNGAM, M.; NAIVIKUL, O. Compositions, morphological and thermal properties of green banana flour and starch. **Kasetsart Journal. (Natural Science.)**, v. 41 (5), p. 324-330, 2007.

OLIVEIRA, D. C. **Caracterização e Potencial Tecnológico de Amidos de Diferentes Cultivares de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

PAULOS, G.; MRESTANI, Y.; HEYROTH, F.; GECRE-MARIAM, T.; NEUBERT, R. H. H. Fabrication of acetylated dioscorea starch nanoparticles: Optimization of formulation and process variables. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 31, p. 83-92, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2015.11.009>

PEREIRA, L. S. A. **Análise Multivariada e Espectroscopia no Infravermelho Aplicadas em Análises Forenses: Drogas e Medicamentos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.

PERTEN INSTRUMENTS. **Instruction Manual Ver. 4.0 Rapid Visco Analyzer**. Perten Instruments, 2015.

RIBEIRO, R. T. M. **Mobilização de ReservasmDurante a Germinação e Estabelecimento plântulas de *Macrolobium acaciifolium* Benth. (Leguminosae) e seu Papel na Adaptação aos Pulsos de Alagamento na Amazônia**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: doi: [10.11606/D.41.2014.tde-11072014-095300](https://doi.org/10.11606/D.41.2014.tde-11072014-095300).

SARAWONG, C. et al. Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. **Food Chemistry**, v.143, p.33-39, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.081>

THAKUR, R.; PRISTIJONO, P.; SCARLETT, C. J.; BOWYER, M.; SINGH, S. P.; VUONG, Q. V. Starch-based films: Major factors affecting their properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 132, p. 1079-1089, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.190>

TORRE-GUTIÉRREZ, L.I.; CHEL-GUERRERO, L. A.; BENTANCUR-ANCONA, D. Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch. **Food Chemistry**, v. 106(3), p. 1138-1144, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.044>

XIE, Y.; HU, X.; JIN, Z.; XU, X.; CHEN, H. Effect of repeated retrogradation on structural characteristics and *in vitro* digestibility of waxy potato starch. **Food Chemistry**, v. 163, p. 219-225, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.102>

YADAV, B. S., GULERIA, P., & YADAV, R. B. Hydrothermal modification of Indian water chestnut starch: Influence of heat-moisture treatment and annealing on the physicochemical, gelatinization and pasting characteristics. **LWT – Food Science and Technology**, v. 53(1), p. 211-217, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.007>

ZAVAREZE, E.R.; DIAS, A.R.G. Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 83(2), p. 317–328, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.08.064>

ZENG, F.; MA, F.; KONG, F.; GAO, Q.; YU, S. Physicochemical properties and digestibility of hydrothermally treated waxy rice starch. **Food Chemistry**, v.172, p. 92-98. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.020>

ZHANG, X.; GOLDING, J.; BURGAR, I. Thermal decomposition chemistry of starch studied by ^{13}C high-resolution solid-state NMR spectroscopy. **Polymer**, v. 43, p. 5791-5796, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(02\)00546-3](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(02)00546-3)

ZHU, F. Impact of ultrasound on structure, physicochemical properties, modifications, and applications of starch. **Trends in Food Science & Technology**, v. 43(1), p. 1-17, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.12.008>

Anexo I: Comprovante de Cadastro de Acesso – SISGEN

Anexo II: Instruções para autores para submissão de artigo na revista Food and Bioprocess Technology