

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE TECNOLOGIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
*CAMPUS CAMPO MOURÃO – PARANÁ*

LARISSA ROCHA DOS SANTOS

**OBTENÇÃO DE FARINHA DE BANANA VERDE ESTERIFICADA  
COM ÁCIDO LÁTICO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CAMPO MOURÃO**

**2014**

LARISSA ROCHA DOS SANTOS

**OBTENÇÃO DE FARINHA DE BANANA VERDE ESTERIFICADA  
COM ÁCIDO LÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, *Campus* Campo Mourão, como requisito para a obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo.

CAMPO MOURÃO  
2014

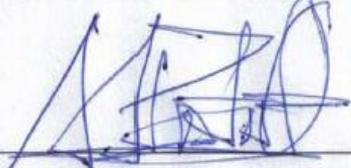


Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
Campus Campo Mourão  
Coordenação dos cursos de Tecnologia e Engenharia  
de Alimentos Tecnologia de Alimentos

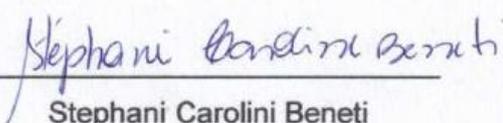


**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**OBTENÇÃO DE FARINHA DE BANANA VERDE ESTERIFICADA COM ÁCIDO**  
**LÁTICO**  
**POR**  
**LARISSA ROCHA DOS SANTOS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 24 de fevereiro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnóloga em Tecnologia em Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.



Prof<sup>o</sup> Dr. Manuel S. V. Plata Oviedo:  
Orientador



Stephani Carolini Beneti



Karla Silva

---

Nota: O documento original e assinado pela Banca Examinadora encontra-se no Departamento Acadêmico de Tecnologia e Engenharia de Alimentos da UTFPR campus Campo Mourão

## **AGRADECIMENTOS**

Ao longo da minha jornada para chegar a este momento, conheci muitas pessoas que me auxiliaram e contribuíram de certa forma para minha formação, gostaria então de lhes agradecer:

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pela minha vida e pelas oportunidades que me foram dadas me possibilitando escolher o caminho que me levou a ser quem eu sou. Agradeço ainda a ele por ter me presenteado com família e amigos maravilhosos que puderam me dar apoio em momentos difíceis.

Agradeço aos meus pais, Eduardo e Edna, meus maiores exemplos. Obrigada por cada incentivo e orientação, pelas orações em meu favor, pela preocupação para que estivesse sempre andando pelo caminho correto.

A minha irmã Laisa, por todo amor e carinho. Aos meus tios, tias, avós e primos que sempre estiveram presentes, ainda que à distância, que de alguma forma, incentivaram-me na constante busca pelo conhecimento.

As minhas queridas amigas que sempre estiveram por perto, dispostas a me ajudar, ouvindo minhas angústias e dividindo momentos felizes, com vocês pude desfrutar momentos de descontração, aprendizado, motivação e amizade, além de dividir momentos de incertezas, dúvidas e tristezas. Obrigada por torcerem por mim e me incentivarem não só na vida profissional, mas em todos os assuntos. Em especial, gostaria de agradecer a Vandrieli, para mim, mais que amiga, que me aceitou em sua casa no momento que mais precisei.

Agradeço ao meu orientador, Professor Manuel pela paciência e pela divisão de conhecimentos que ele me proporcionou durante a produção deste trabalho e pela receptividade quando o procurei para que me orientasse. Agradeço-o ainda por me mostrar que não existem limites para se obter conhecimentos.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

A todos que direto ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

## RESUMO

SANTOS, Larissa Rocha dos. **Obtenção de farinha de banana verde esterificada com ácido láctico**. 2014. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, 2014.

A banana verde possui elevado teor de amido e devido a esta característica ela pode ser utilizada para obtenção de farinha, passível de modificação de maneira similar aos amidos. O presente trabalho teve como objetivo produzir farinha de banana verde, visando modificar o amido presente por meio de esterificação com ácido láctico (2,5%) a 110°C, para que possa ser utilizada como substituta parcial de gordura em produtos de panificação. Foram avaliadas o percentual de formação de lactilo, a viscosidade aparente, a solubilidade e o poder de inchamento, a claridade da pasta, a retrogradação e o volume específico do bolo. Os resultados demonstraram que houve esterificação da farinha por ácido láctico. Observou-se um aumento do índice de solubilidade nas amostras que podem estar relacionados por uma maior hidrólise do amido da farinha, pelo ácido láctico, com o aumento do tempo do tratamento térmico. A adição à farinha de ácido láctico, seguido de secagem a 50°C ou de tratamento térmico a 110°C provocou aumento do poder de inchamento das amostras em relação a farinha nativa. Na análise de viscosidade aparente, observou-se que as amostras modificadas e submetidas a tratamento térmico, foi inferior à da amostra nativa e sem tratamento térmico. Na determinação da claridade da pasta, verificou-se que as amostras tratadas com ácido láctico e submetidas a tratamento térmico tiveram um aumento da sua claridade conforme o aumento do tempo de tratamento térmico. A avaliação da tendência a retrogradação pelo método de liberação de água de uma dispersão diluída do amido (1% m/v), mostrou uma forte liberação de água para todas as amostras. Na caracterização dos bolos, constatou-se que a farinha de banana verde, esterificada com ácido láctico (2,5%) através de tratamento térmico, possibilitou sua aplicação em produtos de panificação com baixo teor de gordura.

**Palavras chaves:** farinha de banana verde, ácido láctico, tratamento térmico, esterificação.

## ABSTRACT

The green bananas has a high starch content and due to this characteristic it can be used to obtain flour, modifiable manner similar to starch. This study aimed to produce green banana flour, to change this starch by esterification with lactic acid ( 2.5 % ) at 110°C, so it can be used as a partial replacement of fat in baked goods. The percentage of formation of lactyl, the apparent viscosity, solubility and swelling power, paste clarity, downgrading and the specific cake volume were evaluated. The results showed that there was a flour by esterification of lactic acid. There was an increase in solubility index samples may be related to increased hydrolysis of starch flour, by lactic acid, with increasing heat treatment time. The addition of lactic acid to flour, followed by drying at 50°C or heat treatment at 110°C led to an increase in the swelling power of the samples compared to native flour. In the analysis of apparent viscosity, it was observed that the modified samples and subjected to heat treatment was lower than the native sample without heat treatment. In determining the brightness of the pulp, it was found that the samples treated with lactic acid and subjected to heat treatment had an increase in brightness with increasing time of heat treatment. The evaluation of retrogradation method of releasing water from a dilute dispersion of starch (1% w/v) showed a strong release of all water samples. In the characterization of cakes, it was found that green banana flour, esterified with lactic acid (2.5%) by heat treatment, their possible application in bakery products with a low fat content.

**Keywords:** green banana flour, lactic acid, heat treatment, esterification.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Estrutura da amilose .....	15
<b>Figura 2:</b> Estrutura da amilopectina.....	16
<b>Figura 3:</b> Reação de esterificação do amido com ácido láctico.....	18
<b>Figura 4:</b> Determinação da taxa de liberação de água (%) de pastas (1% m/v) de farinha de banana verde nativa e modificadas.....	31

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Composição aproximada de bananas a diferentes estágios de maturação, classificação pela cor da casca.....	14
<b>Tabela 2.</b> Composição química da farinha de banana verde.....	15
<b>Tabela 3.</b> Teor de lactilo aparente e real das farinhas de banana verde nativa e modificadas.....	26
<b>Tabela 4.</b> Percentual médio de índice de solubilidade em água e pode de inchamento de água das farinhas de banana verde nativa e modificadas.....	27
<b>Tabela 5.</b> Viscosidade aparente, em 0 e 24 horas, das pastas de farinha de banana verde nativa e modificadas.....	28
<b>Tabela 6.</b> Determinação da claridade das pastas de farinha de banana verde nativa e modificadas.....	29
<b>Tabela 7.</b> Determinação da taxa de liberação de água (%) de pastas (1% m/v) de farinha de banana verde nativa e modificadas.....	30
<b>Tabela 8.</b> Determinação do volume específico (cm <sup>3</sup> /g) do bolo controle e dos bolos formulados com géis de farinha de banana verde.....	32

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivos Específicos .....	12
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
3.1 Banana .....	13
3.2 Farinha de banana verde.....	14
3.3 Característica do amido.....	15
3.4 Modificação química de amido .....	16
3.4.1 Amido esterificado .....	17
3.5 Substituto parcial de gordura .....	18
3.6 Ácido Lático .....	19
<b>4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS</b> .....	<b>20</b>
4.1 Obtenção da farinha de banana verde.....	20
4.2 Modificação da farinha de banana com ácido láctico .....	20
4.3 Determinação do grau de esterificação .....	21
4.4 Determinação do índice de solubilidade e poder de inchamento (PI) .....	22
4.5 Determinação da viscosidade aparente .....	23
4.6 Determinações da claridade de pasta (transmitância).....	23
4.7 Determinação da tendência a retrogradação.....	23
4.8 Aplicação da farinha de banana verde em bolo .....	24
4.8.1 Preparo do gel.....	24
4.8.2 Preparo do bolo .....	24
4.8.3 Massa e volume.....	24
4.9 Análise estatística .....	25
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>26</b>
5.1 Determinação do grau de esterificação .....	26
5.2 Índice de solubilidade em água (ISA) e poder de inchamento (PI) .....	27
5.3 Determinação da viscosidade aparente .....	28
5.4 Determinação da claridade da pasta .....	29
5.5 Determinação da tendência à retrogradação .....	30
5.6 Caracterização dos bolos.....	32

<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>33</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>34</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A banana é uma das frutas mais cultivada em países de clima tropical e subtropical, e o Brasil é um dos maiores produtores. Em muitas áreas são consideradas o principal produto alimentício, principalmente pelas classes de menor poder aquisitivo. Entretanto, a maior parte da produção de banana é consumida *in natura*, por ser uma fruta com vida de prateleira curta, devido à alta perecibilidade da fruta madura, há muito desperdício (RAMOS et al., 2009; FASOLIN et al., 2007). Por outro lado, a banana verde possui vida útil mais longa e vem sendo considerada como um produto ideal para ser industrializado (LAJOLO; MENEZES, 2006).

Diante desta situação, uma importante alternativa seria a produção de farinhas com qualidades funcionais, o que incentivaria o uso industrial e minimizaria as perdas pós-colheita (TRAVAGLINI et al., 2001).

Vários estudos estão sendo realizados utilizando a farinha de banana verde, dentre eles, pode-se destacar o trabalho de Bello-Perez et al. (2004), que estudou a digestibilidade *in vitro* de biscoitos preparados com amido de banana verde. Onde, o amido de banana foi isolado e utilizado na fabricação “cookies”.

Estudos indicam o uso da farinha de banana verde no desenvolvimento de alimentos destinados a celíacos. Visando essa finalidade Zandonadi (2009), produziu massas utilizando farinha de banana verde pura ou associada com outras farinhas livres de glúten e assim substituiu a farinha de trigo. Resultado positivo também foi obtido por Borges (2003), que utilizou a farinha banana verde como substituta da farinha de trigo para a formulação de pré-misturas para bolo.

O mercado de amidos modificados, e produtos a base de amidos, buscam constantemente novas tecnologias e visam encontrar novas fontes de amido nativo e a polpa de banana verde quando desidratada, por ser rica em amido, pode ser uma alternativa.

Segundo Anjos (2013), para explorar novas fontes de amido nativo, pode-se realizar a prática de modificação das moléculas, com finalidade de alteração das propriedades funcionais para melhor adequação às necessidades do mercado. O autor trabalhou com a esterificação de farinha de pinhão com ácido láctico, onde a farinha modificada teve algumas de suas propriedades analisadas modificadas, tais como, diminuição da viscosidade aparente e intrínseca, aumento da absorção de água e redução da tendência a retrogradação. Além disso, também foi possível

constatar que a farinha modificada pode atuar na substituição parcial de gordura em produtos de panificação, como bolos.

As indústrias de alimentos estão buscando cada vez mais desenvolver produtos com baixo teor de gordura, entretanto, encontram como barreira o desenvolvimento de novas tecnologias que consiga retirar, total ou parcialmente, a gordura do alimento, sem que ocorra alterações nas suas características sensoriais (SEABRA et al., 2002; PINHEIRO; PENNA, 2004).

A polpa de banana verde contém elevada quantidade de amido, que varia em torno de 60 a 80% (LII et al., 1982; ZHANG et al., 2004), que em decorrência de suas propriedades e características, possui potencial aplicação na indústria alimentícia, visando à utilização e a agregação de valor à farinha de banana verde. Este trabalho foi conduzido com os objetivos de modificar quimicamente a farinha de banana verde, através de esterificação com ácido láctico, e avaliar a eficiência destas modificações em características físico-químicas, bem como a aplicabilidade da farinha de banana verde modificada em produtos de panificação, como substituto parcial de gordura.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Esterificar a farinha de banana verde com ácido láctico, realizar avaliação de propriedades físico-químicas e funcional.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar o percentual de lactilo.
- Determinação da solubilidade em água e poder de inchamento.
- Determinação da viscosidade aparente.
- Determinação da claridade de pasta (transmitância).
- Determinação da retrogradação.
- Aplicação da farinha de banana verde (FBV) em formulações de bolo, e avaliar o efeito no volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) do produto.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Banana

A banana é o fruto da bananeira, uma planta herbácea da família *Musaceae*, é uma das frutas mais consumidas no mundo (SOUSA, 2003). O Brasil, um dos maiores produtores mundiais, é também o que apresenta maior desperdício, dependendo da região perder-se até 60% da produção, devido ao fato da fruta apresentar uma vida útil muito curta. Entretanto, visando a diminuição dessas perdas, a banana ainda verde pode ser considerada como um produto ideal para ser industrializado (BORGES, 2003).

A polpa de banana verde, não apresenta sabor, é uma massa com alto teor de amido e baixo teor de açúcares solúveis e compostos aromáticos. Os frutos verdes são ricos em flavonóides, e também apresentam conteúdo significativo de amido resistente (RODRÍGUEZ-AMBRIZ, 2008).

Na polpa de banana verde, o principal componente é o amido, onde contém de 60 a 80% de amido em base seca, que é comparável ao endosperma do grão de milho e com a polpa de batata branca (LII et al., 1982; ZHANG et al., 2004). Na banana madura, o amido é convertido em açúcares solúveis, em sua maioria glicose, frutose e sacarose, dos quais 99,5% são fisiologicamente disponíveis (FASOLIN et al., 2007).

As mudanças no amadurecimento de bananas foram estudadas por Lii et al. (1982), que relacionaram o conteúdo de amido, açúcares redutores, não-redutores e a temperatura de gelatinização em nove estágios conforme a cor da casca (Tabela 1).

Praticamente toda a produção de banana é consumida *in natura* e somente uma pequena parcela é submetida a algum processo de industrialização (FIORAVANÇO, 2003). Dessa maneira, o estudo das propriedades do amido de banana verde é de fundamental importância, tanto por ser de fonte botânica diferente das usuais, como por ser uma alternativa de aproveitamento da fruta (IZIDORO, 2011).

**Tabela 1.** Composição aproximada de bananas a diferentes estágios de maturação, classificação pela cor da casca.

Estágio	Cor da casca	Amido (%)	Açúcares redutores (%)	Sacarose (%)	Temperatura de gelatinização (°c)
1	Totalmente verde	61,7	0,2	1,2	74-81
2	Verde	58,6	1,3	6,0	75-80
3	Verde com traços amarelos	42,4	10,8	18,4	77-81
4	Mais verde que amarelo	39,8	11,5	21,4	75-78
5	Mais amarelo que verde	37,6	12,4	27,9	76-81
6	Amarelo com as pontas verdes	9,7	15,0	53,1	76-80
7	Todo amarelo	6,3	31,2	51,9	76-83
8	Amarelo com traços marrons	3,3	33,8	52,0	79-83
9	Amarelo com muitos traços marrons	2,6	33,6	53,2	-

Fonte: Lii et al., 1982.

### 3.2 Farinha de banana verde

A farinha de banana verde é obtida por secagem natural ou artificial, podendo ser produzida a partir da maioria das variedades de banana no estágio verde, sendo esta uma farinha extremamente nutritiva e com inúmeras aplicações na alimentação (BRASIL, 2006).

De acordo com a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, que aprovou o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos; farinhas são os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas, por moagem e/ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos (BRASIL, 2005).

Carson (1998) verificou que as propriedades funcionais da farinha de banana verde, foram similares as do amido isolado, sugerindo desta forma, a possibilidade de utilizar a banana na forma de farinha, o que permitiria o uso das frutas rejeitadas para a venda *in natura*. Uma alternativa para o desenvolvimento da cadeia produtiva da banana, isso incentivaria o uso industrial e minimizaria as perdas pós-colheita (TRAVAGLINI et al., 2001).

FASOLIN et al. (2007), estudou a composição química da farinha de banana verde apresentada na Tabela 2, onde demonstra altos teores de amido, cinzas, proteínas, lipídios e açúcares redutores e não redutores.

**Tabela 02.** Composição química da farinha de banana verde.

COMPONENTE	QUANTIDADE (g.100 g <sup>-1</sup> )*
Umidade	7,55 ± 0,13
Cinzas	2,62 ± 0,06
Proteínas	4,54 ± 0,20
Lipídios	1,89 ± 0,11
Amido	73,28 ± 0,95
Açúcares redutores	Traços
Açúcares não redutores	Traços

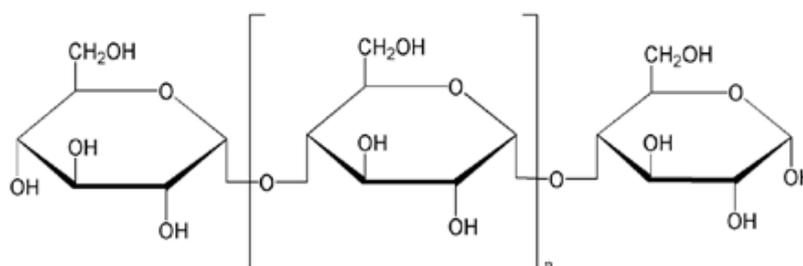
\*Valores médios de três repetições com três determinações cada uma ± desvio padrão.

Fonte: FASOLIN et al. (2007).

### 2.3 Característica do amido

O amido é um polissacarídeo natural, sendo a principal fonte de reserva de carboidratos em plantas e constitui fonte de energia essencial para muitos organismos (RICHARDSON; GORTON, 2003). O amido armazenado nas células de frutos, sementes, raízes e tubérculos encontra-se depositado na forma de grânulos, é o único polissacarídeo produzido em pequenos agregados individuais que apresenta tamanho variável, estes grânulos são estruturas semicristalinas, sendo composto pelas macromoléculas amilose e amilopectina (LIU, 2005).

Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose (Figura 1) e amilopectina (Figura 2). A amilose é uma molécula linear composta por unidades de D-glicose ligadas uniformemente por ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4. Consiste em cadeias longas, não ramificadas, apresentando conformação helicoidal na forma cristalina (OLIVEIRA, 2012).

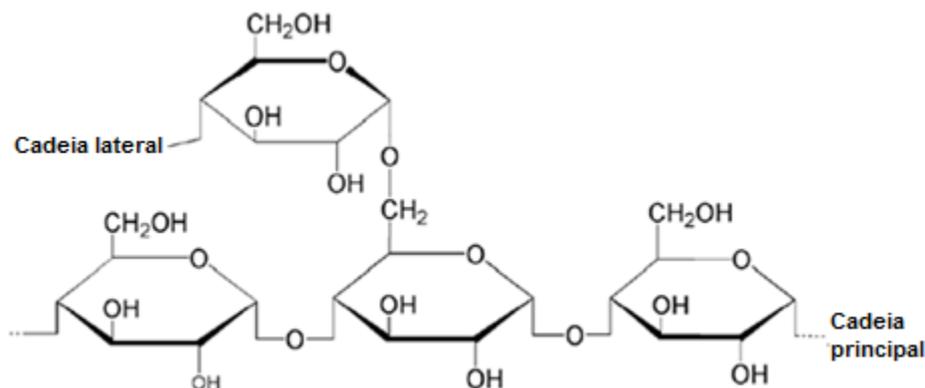


**Figura 1:** Estrutura da amilose.

Fonte: OLIVEIRA, 2012.

Já a amilopectina é uma macromolécula composta por unidades de D-glicose ligadas em  $\alpha$ -1,4, constituídas de diversas ramificações devido à presença de ligações  $\alpha$ -1,6. As proporções em que essas estruturas aparecem no grânulo de

amido podem variar de acordo com a fonte botânica, variedades de uma mesma espécie, e de acordo com o grau de maturação da planta (TESTER et al., 2004).



**Figura 2:** Estrutura da amilopectina.

**Fonte:** OLIVEIRA, 2012.

Além da amilose e amilopectina, os grânulos de amido também contêm umidade, lipídios, proteínas e minerais. As proteínas e cinzas aparecem em pequena quantidade em amidos de tubérculos (HOOVER, 2001).

O amido é um dos principais contribuintes para a textura e consistência dos alimentos, sendo não somente a quantidade importante para as propriedades dos produtos, como também a fonte de que é extraído (BELLO-PÉREZ et al., 2006).

O fato de o amido ser um produto de baixo custo para a indústria, fez com que ele fosse empregado como ingrediente calórico e melhorador das propriedades funcionais. O mesmo é aplicado para alterar ou controlar vários aspectos como textura, aparência, umidade, consistência e estabilidade no armazenamento, também utilizado para ligar ou desintegrar; expandir ou adensar; clarear ou tornar opaco; reter a umidade ou inibi-la; produzir textura lisa ou polposa e coberturas leves ou crocantes. Além de ser empregado na formação de filmes resistentes ao óleo e como estabilizador de emulsões (CEREDA et al., 2001).

Algumas das mais recentes aplicações industriais do amido incluem: substituto de gordura em alimentos de baixa caloria, aplicação em materiais biodegradáveis, filmes e materiais termoplásticos (BELLO-PÉREZ et al., 2006).

### 3.4 Modificação química de amido

A utilização de amidos nativos como ingredientes na produção de vários alimentos, já é amplamente utilizado pelas indústrias, porém ainda é limitada devido

as condições de processo, como pH e temperatura, a que o amido é submetido, afetando assim sua aplicação em grande escala (THARANATHAN, 2005). Devido à essas limitações, a produção de amidos modificados é uma necessidade para aumentar a sua utilidade na indústria e podem ser solucionadas pela modificação física, química ou enzimática do amido. O grau de modificação dos amidos é produzido por condições controladas de temperatura e pH (DOLMATOVA, 1998; VILPOUX, 2001).

De acordo com Bemiller (1997), vários são os motivos que levam a modificação dos amidos nativos, dentre eles: modificar as características de cozimento; diminuir a retrogradação e a tendência das pastas em formarem géis; aumentar a estabilidade das pastas ao resfriamento e descongelamento, a transparência das pastas ou géis e a adesividade; melhorar a textura das pastas ou géis e a formação de filmes; e adicionar grupamentos hidrofóbicos e introduzir poder emulsificante.

O amido modificado tem diversas funções na indústria tais como melhoria do tempo de vida útil do material, redução da absorção de umidade que evita danos físicos e biológicos, melhoria da viscosidade dos produtos elaborados, dentre outros (OLIVEIRA, 2012), devido ao fato do Brasil possuir uma grande variedade de fontes amiláceas ainda pouco exploradas, existe a possibilidade de se utilizar novas matérias-primas agrícolas como fontes de amidos, o que é de muito interesse dos industriais da área (VILPOUX, 2001).

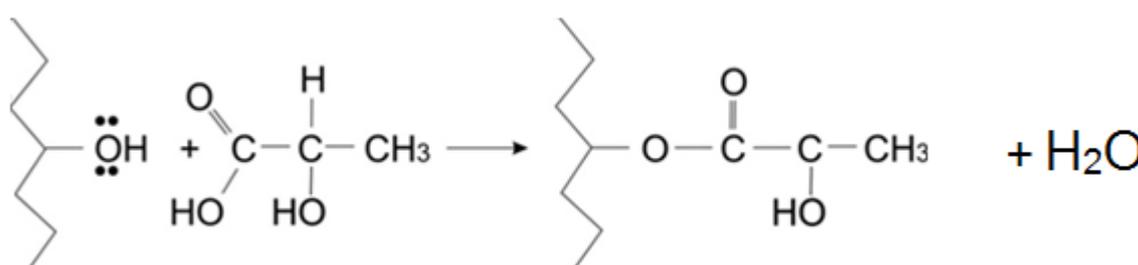
Os amidos modificados podem ser utilizados como agentes ligantes, de umidade e de textura, sendo assim, são importantes substitutos de gordura, pois, melhoram as características de maciez e suculência do produto, além de resistirem ao cozimento prolongado (PEDROSO, 2006).

#### 3.4.1 Amido esterificado

A esterificação é um método eficaz e muito utilizado para introduzir diferentes grupos laterais nas macromoléculas que formam o amido (GENG, et al., 2010). A reação de esterificação promove alterações nos grupos funcionais de amidos, tornando-os hidrofílicos ou hidrofóbicos dependendo das características dos grupamentos éster inserido às cadeias de glicose (JERACHAIMONGKOLI et al., 2006).

A esterificação mais comum é o tratamento de uma dispersão aquosa do amido, em pH ligeiramente alcalino com anidrido acético, obtendo-se amido acetilado de baixo grau de substituição (WURZBURG, 2006).

A Figura 3 ilustra a reação de esterificação do amido com o ácido láctico, onde o hidrogênio do grupo hidroxila é substituído pelo grupo lactilo, que por apresentar um grupo hidroxila, torna o amido mais hidrofílico. No caso da modificação de farinhas, esta é realizada considerando somente o seu componente majoritário, o amido (ANJOS, 2013).



**Figura 3:** Reação de esterificação do amido com ácido láctico.  
**Fonte:** ANJOS, 2013.

A esterificação, também promove uma menor temperatura de gelatinização, maior absorção de água, menor tendência a gelificação e retrogradação. Isso possibilita sua aplicação em alimentos congelados, bolos, pudins instantâneos, recheios e coberturas (GENG, et al., 2010).

### 3.5 Substituto parcial de gordura

Pode-se observar que produtos com quantidades reduzidas de gordura, estão em ascensão no mercado e há uma intensa competição entre os setores de desenvolvimento de novos produtos, para ofertar aos consumidores alimentos com baixo teor de gordura (GIESE, 2002).

A gordura desempenha um papel importante nas características sensoriais dos alimentos, contribuindo no sabor, aroma, suculência, maciez, textura (viscosidade, elasticidade e dureza), cremosidade e aparência (brilho, translucidez, coloração, uniformidade da superfície e cristalinidade) (CASAROTTI; JORGE, 2010; BANKS, 2004). Entretanto, várias doenças estão relacionadas ao consumo de altas quantidades de gordura e os substitutos de gordura surgem com o intuito de diminuir a quantidade de gordura ingerida pela dieta (PINHEIRO; PENNA, 2004).

Os ingredientes que promovem a substituição parcial ou total da gordura nos alimentos podem ser classificados em três categorias principais: substitutos a base de proteínas, substitutos a base de gorduras e substitutos a base de carboidratos (TEIXEIRA, 2002).

Os substitutos de gordura à base de carboidratos atuam promovendo propriedades de corpo e espessamento, produzindo assim uma percepção sensorial similar à da gordura. Dentre os carboidratos empregados como substitutos de gordura encontram-se as gomas, os amidos modificados, dextrinas, maltodextrinas, celulose, inulina, fibras e polidextrose. Estes são termoestáveis e podem ser utilizados em produtos de panificação (PINHEIRO; PENNA, 2004).

O amido degradado a compostos de menor peso molecular com DE (dextrose equivalente) mais baixos tem propriedades que imitam a gordura. Amidos com grânulos de diâmetro similar às micelas de gordura (2 $\mu$ m) têm potencial como substitutos de gordura. Este tamanho de partícula é alcançado através de hidrólise ácida ou enzimática, atrito mecânico ou microparticulação do amido (BANKS, 2004).

Para ser utilizada como substituto de gordura, uma molécula precisa atender a alguns requisitos: deve ser livre de efeitos tóxicos, não deve produzir metabólitos diferentes daqueles produzidos pela gordura convencional, deve ser eliminada completamente do organismo (ZAMBRANO et al., 2001).

### **3.6 Ácido Lático**

O ácido lático é a denominação usual do ácido 2-hidróxiopropiônico (CH<sub>3</sub>-CHOH-COOH). Este possui vasta aplicação na indústria de alimentos, sendo utilizado como acidulante, anti-oxidante, estabilizante, coadjuvante de sabor, solvente, umectante, emulsificador e conservante. Por possuir diversas características como moderada acidez, presença de grupo carboxílico e hidroxílico que possibilitam uma grande variedade de transformações químicas, estabilidade química e térmica, biodegradabilidade e ser reconhecidamente não tóxico em até consideráveis doses, sendo reconhecido como seguro pela *Food and Drug Administration* (SILVA, 2010; DATTA, 1995).

## 4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

O presente estudo foi desenvolvido nos Laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Campo Mourão.

### 4.1 Obtenção da farinha de banana verde

As bananas do cultivar “Pão” utilizadas neste trabalho, foram adquiridas com produtores rurais da cidade de Araruna - Paraná. As bananas foram coletadas antes de entrarem para a câmara de maturação, a escolha da matéria-prima foi feita a partir da coloração da casca, trabalhando-se somente com bananas de coloração totalmente verde.

Para a produção das farinhas de banana verde, os frutos tiveram a casca removida manualmente, foram submersas em solução de metabissulfito de sódio a 1% (m/v) e acidificada com ácido cítrico (1g/L). Em seguida, a polpa foi cortada em rodela de aproximadamente 3 mm de espessura. A secagem ocorreu em estufa com circulação de ar, por 6 horas a 80°C, sendo as rodela de banana dispostas em bandejas perfuradas. Após a secagem, as rodela de banana secas foram desintegradas em liquidificador industrial e peneiradas com abertura de 0,5 mm. Ao final do processo obteve-se uma farinha fina, de coloração clara e odor característica. A farinha foi acondicionada em pote plástico hermeticamente fechado e armazenado sobre refrigeração (aproximadamente 10°C) para posterior modificação.

A farinha de banana verde foi tratada com ácido láctico por meio de 4 tratamentos distintos, a farinha de banana verde nativa também foi avaliada, resultando em cinco amostras: FN, farinha nativa; FSTT, farinha tratada com ácido láctico sem tratamento térmico; FT(2h): Farinha com 2 horas de tratamento térmico; FT(3h): Farinha com 3 horas de tratamento térmico; FT(4h): Farinha com 4 horas de tratamento térmico.

### 4.2 Modificação da farinha de banana com ácido láctico

Para esterificação da farinha de banana verde, aproximadamente 2.3Kg de farinha nativa (base seca) foram misturadas, aos poucos, com uma solução composta de 2.2L de água e 50g de ácido láctico. Após a homogeneização, a farofa ficou em repouso por 4 horas e em seguida foram secas em estufa de circulação

forçada a 50°C, até atingir umidade de aproximadamente 4%. A amostra depois de seca foi desintegrada com auxílio de um martelo e moídas em moinho de facas (Marconi, modelo MA 048).

Um quarto da farinha de banana verde seca e moída foi separado e o restante (3/4) foi submetido ao tratamento térmico por 2, 3 e 4 horas a 110°C. Deve-se ressaltar que através de testes preliminares, constatou-se que tratamentos térmicos com maior duração de tempo e/ou temperaturas mais elevadas produziram amostras de coloração escura, havendo o processo de caramelização e reação de Maillard, sendo inviáveis tecnologicamente. As amostras de farinhas foram dispersas em uma solução de 150 mL de etanol 80% (v/v) e o pH regulado para 6,0-6,5 com solução de NaOH a 3%. As amostras foram recuperadas por filtração a vácuo, lavadas com 200 mL de etanol 80% (v/v) e secas em estufa a 80°C por 1 hora. As amostras foram moídas novamente em moinho de facas (Marconi, modelo MA 048), peneiradas para padronização da granulometria em peneiras de 300  $\mu$ . As farinhas foram embaladas em potes plásticos hermeticamente fechados, etiquetados e armazenadas em refrigeração.

### **4.3 Determinação do grau de esterificação**

A determinação do grau de esterificação (formação de lactilo) foi realizada segundo o método desenvolvido por Smith (1967), com modificações. Pesou-se aproximadamente 1,0 g de farinha de banana verde esterificada, em erlenmeyer de 250 mL e adicionou-se 50 mL de água destilada que foram tituladas potenciométricamente com NaOH 0,1 M até pH 8,3 em seguida, foram adicionados 10 mL de NaOH 0,5022 M, previamente padronizado. Após a adição do NaOH as amostras foram levadas ao microondas e aquecidas por dez ciclos de um minuto, com um minuto de intervalo entre o ciclos, no final do aquecimento as amostras foram resfriadas e lavou-se as paredes do erlenmeyer, então realizou-se a titulação do excesso de NaOH potenciométricamente, sob agitação magnética, com solução de HCl padronizada a 0,1975 M até pH 8,3, as análises foram realizadas em triplicata. Preparou-se um branco com a farinha de banana verde nativa para comparação com as amostras tratadas.

O teor de lactilo (grau de esterificação) das amostras foram calculados por meio da equação 1. O teor de lactilo real das amostras foi obtido por meio da

subtração do teor de lactilo da amostra pelo teor de lactilo da farinha nativa (controle).

$$\text{Teor de lactilo} = [(V_{\text{NaOH}} \times C_{\text{NaOH}}) - (V_{\text{HCl}} \times C_{\text{HCl}})] \times 0,073 \times 100 / g \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

$V_{\text{NaOH}}$  = mL de solução de NaOH

$C_{\text{NaOH}}$  = concentração da solução de NaOH (mol/L)

$V_{\text{HCl}}$  = mL de solução de HCl

$C_{\text{HCl}}$  = concentração da solução de HCl (mol/L)

G = massa em gramas da amostras em base seca

0,073 = massa molar do lactilo [ $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{C}=\text{O}$ ] dividido por 1000

#### 4.4 Determinação do índice de solubilidade e poder de inchamento (PI)

A determinação de índice de solubilidade em água (ISA) e poder de inchamento (PI), foi realizada segundo a metodologia descrita por Anderson et al. (1969). Em tubos de centrífugas, previamente tarados, pesou-se cerca de 1,0 g de cada amostra (b.s.). Em seguida, adicionou-se 10 mL de água destilada. Os tubos foram ser agitados mecanicamente em agitador de tubos de ensaio tipo vortex, para garantir a homogeneização do material. Em banho maria a 85°C, os tubos ficaram 30 minutos sobre agitação e em seguida centrifugados por 15 minutos sobre rotação de 3500 rpm. Após a centrifugação, o sobrenadante foi colocado em placas de petri, previamente taradas. As placas foram secas em estufa com circulação de ar a 105 °C por 4 horas. Após, as placas foram transferidas para um dessecador por 30 minutos para resfriar. Os tubos retirados da centrífuga, sem o sobrenadante e as placas resfriadas foram pesadas.

O índice de solubilidade de água (ISA) corresponde ao percentual de resíduo que se solubilizou na água destilada, adicionada no início da análise, e foi calculada conforme equação 2. O poder de inchamento (PI) foi calculado conforme equação 3 expresso por g gel/g matéria seca.

$$\% \text{ ISA} = \text{Peso do resíduo da evaporação (g)} \times 100 / \text{Peso da amostra (g)} \quad \text{Eq. (2)}$$

$$\text{PI} = \text{Peso do resíduo da centrifugação (g)} / \text{Peso da amostra} \quad \text{Eq. (3)}$$

#### **4.5 Determinação da viscosidade aparente**

As amostras obtidas foram submetidas à análises de viscosidade aparente por meio do preparo dos géis de farinha de banana verde esterificada. Foram pesados 8 g (base seca) das amostras, então completou-se o peso da dispersão para 120 g com água destilada. A seguir, foram aquecidas em banho de água a 95°C por 30 minutos, sob agitação. Ao final do aquecimento, os géis foram pesados e houve a reposição da água evaporada com água quente (70°C), até completar a massa de 120 gramas, correspondendo à concentração de 16,66% (m/m) de sólidos.

Os géis foram resfriados em banho de água até 25°C e a viscosidade determinada em viscosímetro Brookfield, modelo RVT, na velocidade de 20 rpm, utilizando agulhas n° 4,5 e 6, dependendo da viscosidade do gel. As leituras foram realizadas com intervalo de 24 horas e o valor da viscosidade aparente foi calculado utilizando a tabela de correção em função da velocidade e da agulha utilizada, disponibilizada pelo do manual do equipamento.

#### **4.6 Determinações da claridade de pasta (transmitância)**

O processo de gelatinização e avaliação desta característica, se deu através do método de Morikawa e Nishinari (2000), que determina o percentual de transmitância (T%) de uma solução de amido (1g/100 mL<sup>1</sup>, pH 6,5) a 650 nm, após aquecimento a 95°C por 30 minutos e posterior resfriamento por 1 hora a 25°C.

#### **4.7 Determinação da tendência a retrogradação**

A tendência a retrogradação e a sua avaliação foi realizada segundo a metodologia descrita por Liu et al. (2010), onde preparou-se 350 g de gel 1% (m/m). Primeiramente pesou-se 3,5 g de amido (b.s), 0,1 g de nitrato de prata e 370 g de água em caneco metálico de 500 mL. Em seguida, colocou-se em banho de água fervente por 20 minutos, mantendo sobre agitação durante o aquecimento. Depois retirou-se as amostras do banho, pesou-as e foi realizado a reposição da água evaporada com água quente (60 a 80°C). O peso final do gel tem que ser de 350 g. Para finalizar resfriou-se as amostras em banho de água (25 a 30°C) sob constante agitação para evitar a formação de um filme na superfície do gel.

Para a avaliação da retrogradação, as amostras foram depositadas em três provetas, onde foram colocados volumes de 100 mL da dispersão de amido em cada

uma delas. Em seguida, as provetas foram tampadas com filme de PVC. As amostras ficaram repousando a temperatura ambiente e o volume da separação de fases foram anotados nos tempos de 1, 3, 24 e 48 horas. A porcentagem de sobrenadante foi calculada de acordo com a equação 4.

$$\% \text{ sobrenadante} = (\text{volume do sobrenadante (mL)} / \text{volume da dispersão}) \times 100 \quad \text{Eq. (4)}$$

## **4.8 Aplicação da farinha de banana verde em bolo**

### 4.8.1 Preparo do gel

Foram preparados géis, realizando o seguinte procedimento: 10 g de farinhas foram dispersos com 100 g de água, aquecidos a 95°C por 20 minutos, depois de resfriados, foram pesados e repostos a água evaporada para obter 100 g de gel.

### 4.8.2 Preparo do bolo

As pré-misturas comerciais de bolo sabor chocolate (marca Zaeli), tiveram parte da gordura a ser adicionada substituída pelos géis de farinha de banana verde. E o bolo controle foi preparado conforme indicativa do rótulo. Os níveis de substituição foram:

- a) 50% da gordura pelo gel de banana;
- b) 25% da gordura pelo gel de banana;
- c) 0% de substituição (controle).

Os bolos (200 g de massa), foram preparados em duplicata conforme o procedimento indicado na embalagem da pré-mistura e assados a 170°C por 20 minutos. Os bolos foram resfriados por 2 horas para determinação da massa e do volume, com a finalidade de calcular o volume específico.

### 4.8.3 Massa e volume

A massa foi determinada segundo metodologia descrita por Anjos (2013). O volume foi medido pelo método de deslocamento da semente painço.

Inicialmente deve-se colocar o painço em um recipiente com o auxílio de um funil em queda livre, sendo retirado com o auxílio de uma régua todo o excedente.

Depois esse volume é transferido para uma proveta graduada, para determinar o volume de painço que deverá ser utilizado.

Em seguida, colocou-se a amostra de bolo, que foi retirada do centro do mesmo, devidamente pesado e embrulhado em papel filme, dentro do recipiente, e este dentro de uma forma. Com o auxílio de um funil com a altura estabelecida as sementes foram inseridas no recipiente por queda livre, com alimentação constante, para permitir uma acomodação natural. A quantidade de sementes foi nivelada com o auxílio de uma régua. Então, as sementes que transbordaram do recipiente e caíram dentro da forma, foram colocadas, através de um funil, em queda livre em uma proveta graduada, e o seu volume foi anotado.

O volume específico foi calculado pela razão entre o volume do bolo ( $\text{cm}^3$ ), determinado pelo método de deslocamento de sementes e a massa (g).

#### **4.9 Análise estatística**

Para as determinações analíticas realizadas, os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), aplicando-se o teste de *Tukey* ( $p < 0,05$ ) para a comparação das médias, utilizando-se do programa estatístico ASSISTAT (2011).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Determinação do grau de esterificação

A tabela 3 apresenta o teor de lactilo aparente e real das farinhas de banana verde nativa e submetidas a 0, 2, 3 e 4 horas de tratamento térmico a 110°C, que representam o grau de esterificação das amostras.

**Tabela 3.** Teor de lactilo aparente e real das farinhas de banana verde nativa e modificadas.

Amostra	Lactilo aparente (%)	Lactilo real (%)
FN	2,67 <sup>a</sup> ± 0,05	-
FSTT	2,70 <sup>a</sup> ± 0,09	0,05 <sup>a</sup> ± 0,09
FT (2h)	3,09 <sup>b</sup> ± 0,09	0,42 <sup>b</sup> ± 0,09
FT (3h)	3,77 <sup>c</sup> ± 0,05	1,10 <sup>c</sup> ± 0,05
FT (4h)	4,53 <sup>d</sup> ± 0,05	1,86 <sup>d</sup> ± 0,05

FN, farinha nativa; FSTT, farinha sem tratamento térmico; FT(2h): Farinha com 2 horas de tratamento térmico; FT(3h): Farinha com 3 horas de tratamento térmico; FT(4h): Farinha com 4 horas de tratamento térmico. Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ), pelo teste de Tukey.

Quando um ácido orgânico reage com o amido, liga-se a este através de uma ligação ester formada entre a hidroxila do amido e o carboxila do ácido. Esta ligação ester é facilmente hidrolisada em meio alcalino (geralmente solução de hidróxido de sódio) liberando o ácido orgânico que imediatamente é neutralizado pela base. Segundo Anjos (2013) o teor de lactilo consiste no percentual em massa de ácido láctico que se ligou covalentemente ao amido durante o tratamento.

Analisando os dados (Tabela 3), observa-se que o percentual de lactilo aparente da amostra sem tratamento térmico (FSTT) não se diferenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) da amostra de farinha nativa (FN), enquanto as amostras FT (2h), FT (3h) e FT (4h) o percentual de lactilo aparente encontrado foi maior que FN. Observou-se ainda que este percentual subiu de 2,70 para 4,53 a medida que o tempo de tratamento térmico aumentou. Este aumento gradativo em relação ao tempo de tratamento térmico também foi verificado no teor de lactilo real, que consiste apenas naquele adquirido através da modificação química. A maior porcentagem de esterificação foi encontrado na amostra FT (4h), onde verificou-se que foi possível esterificar o amido em 1,86%.

Anjos (2013), esterificou farinha de pinhão a 110°C por 2 horas, com 2,5 e 5% de ácido láctico, e encontrou 0,14 e 0,89% de teor de lactilo real na amostras,

respectivamente. Ao compararmos a amostra FT (2h) com a farinha de pinhão, que passou pelo mesmo tempo de tratamento térmico e a mesma porcentagem ácido láctico, verificamos que na farinha de banana a esterificação foi maior (0,42%).

## 5.2 Índice de solubilidade em água (ISA) e poder de inchamento (PI)

Os percentuais de índice de solubilidade em água (ISA) e poder de inchamento (PI) das amostras avaliadas são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Percentual médio de índice de solubilidade em água e poder de inchamento de água das farinhas de banana verde nativa e modificadas.

Amostra	ISA* (%)	PI* (g gel/g)
FN	18,46 <sup>a</sup> ± 0,04	7,60 <sup>a</sup> ± 0,05
FSTT	18,59 <sup>a</sup> ± 0,08	8,55 <sup>b</sup> ± 0,12
FT (2h)	17,42 <sup>b</sup> ± 0,04	8,24 <sup>bc</sup> ± 0,00
FT (3h)	21,85 <sup>d</sup> ± 0,03	8,17 <sup>bc</sup> ± 0,11
FT (4h)	20,11 <sup>c</sup> ± 0,08	8,18 <sup>bc</sup> ± 0,05

FN, farinha nativa; FSTT, farinha sem tratamento térmico; FT(2h): Farinha com 2 horas de tratamento térmico; FT(3h): Farinha com 3 horas de tratamento térmico; FT(4h): Farinha com 4 horas de tratamento térmico. Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ), pelo teste de Tukey. \*Ensaio realizado a 85°C.

De acordo com Hoover (2001), o poder de inchamento é uma de capacidade de hidratação dos grânulos, ou seja, absorção de água, quando o amido é gelatinizado em excesso de água, com o inchamento dos grânulos também ocorre a solubilização parcial das moléculas menores que formam o grânulo de amido.

A farinha nativa apresentou um índice de solubilidade de 18,46% que não diferiu estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) da farinha sem tratamento térmico (18,59%). Por outro lado, a farinha quando submetida a tratamento térmico (110°C) por 3 e 4 horas observou-se um aumento do índice de solubilidade (21,85% e 20,11%), respectivamente, que não foi observado na farinha aquecida por 2 horas (17,42%). Os aumentos do índice de solubilidade das amostras FT (3h) e FT (4h), em relação à amostra FSTT pode estar relacionados por uma maior hidrólise do amido da farinha, pelo ácido láctico, com o aumento do tempo do tratamento térmico.

O valor de solubilidade aqui relatados para a farinha nativa (FN), foram maiores aos determinados por Bezerra et al. (2013), em farinha de banana verde (*Musa cavendishii*), a temperatura de 90°C, que resultaram em valores de 16,31%. Izidoro (2011), na temperatura de 90°C, determinou percentual de solubilidade de

10,43 a 11,72% no amido de banana verde seco por diferentes processos (estufa, spray dryer, sonificado/estufa, sonificado/spray dryer).

A farinha de banana verde (FN) apresentou poder de inchamento de 7,60 (g/g), resultado inferior ao valor 17,45 (g/g), determinado a 90°C por Bezerra *et al.* (2013). A adição à farinha de ácido láctico, seguido de secagem a 50°C ou de tratamento térmico a 110°C provocou aumento do poder de inchamento de 8,17 para 8,55 (g/g), porém sem diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tempos de tratamentos.

### 5.3 Determinação da viscosidade aparente

Os valores de viscosidade aparente das amostras, avaliadas a 95°C em 0 e 24 horas, podem ser visualizados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Viscosidade aparente, em 0 e 24 horas, das pastas de farinha de banana verde nativa e modificadas.

Amostra	Viscosidade aparente (cp*)	Viscosidade aparente (cp*)
	0 hora	24 horas
FN	1.960,00 <sup>d</sup> ± 10,00	42.600,00 <sup>e</sup> ± 173,21
FSTT	2.133,33 <sup>e</sup> ± 10,55	34.933,33 <sup>d</sup> ± 184,15
FT (2h)	1.843,33 <sup>c</sup> ± 5,77	24.566,67 <sup>c</sup> ± 115,47
FT (3h)	1.140,00 <sup>d</sup> ± 10,00	15.900,00 <sup>d</sup> ± 100,00
FT (4h)	1.086,67 <sup>a</sup> ± 5,77	8.733,33 <sup>a</sup> ± 94,28

FN, farinha nativa; FSTT, farinha sem tratamento térmico; FT(2h): Farinha com 2 horas de tratamento térmico; FT(3h): Farinha com 3 horas de tratamento térmico; FT(4h): Farinha com 4 horas de tratamento térmico. Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ), pelo teste de Tukey. \*cp= centipose.

Pode-se verificar que a viscosidade das amostras modificadas e submetidas a tratamento térmico (FT 2h, FT 3h e FT 4h), foi inferior à da amostra nativa (FN) e sem tratamento térmico (FSTT), indicando que o tratamento térmico pelo qual as amostras foram submetidas refletiu na redução da viscosidade. A redução da viscosidade aparente com o incremento do tempo do tratamento térmico (110°C) em pH ácido (pH 2,8, por 2,5% de ácido láctico), pode ser fundamentada pela hidrólise das macromoléculas do amido nas condições anteriormente citadas, que se assemelham aos tratamentos de dextrinização de amidos, que consistem em submeter o biopolímero em condições de baixa umidade a um tratamento térmico de alta temperatura (110 a 160°C), na presença de pequenas quantidades de ácido forte (0,05% m/m) por tempos de 1 a 8 horas (WURZBUG, 2006).

Depois de 24 horas observou-se um aumento da viscosidade de todas as amostras em relação ao tempo de 0 hora, sendo que a amostra FN foi a que apresentou maior viscosidade (42.600,00 cp), seguida pela amostra FSTT (34.933,33 cp), nas demais amostras observou-se um decréscimo da viscosidade a medida que as horas de tratamento térmico foram aumentando, passando de 24.566,67 cp (FT 2h) para 8.733,33 cp (FT 4h), fenômeno este que é condizente com a reação de hidrólise das macromoléculas do amido de banana. Um parâmetro interessante que pode avaliar a tendência da retrogradação é a razão viscosidade 24 horas/viscosidade 0 hora. Os valores obtidos para as amostras FN, FSTT, FT (2h), FT (3h) e FT (4h), foram respectivamente 21,73; 16,38; 13,33; 13,94 e 8,04, mostrando claramente diminuição do incremento da viscosidade aparente em relação a amostra nativa (FN), em função da adição do ácido láctico (FSTT) e pelo efeito combinado do tratamento térmico, hidrólise e esterificação, ficando mais evidente na amostra FT (4h).

Esta diminuição de viscosidade também foi relatado por Sanga (2013), que esterificou amido de milho com ácido láctico (2,5%), e notou que o tempo de permanência das amostras no tratamento térmico influenciou na viscosidade das amostras, de modo que com o aumento do tempo do tratamento térmico de 0,5 para 2 horas registrou-se queda da viscosidade de 25.300 para 68,5 cp.

#### 5.4 Determinação da claridade da pasta

Na Tabela 6 estão dispostos os resultados encontrados para a análise de transmitância, realizada a 95°C.

**Tabela 6.** Determinação da claridade das pastas de farinha de banana verde nativa e modificadas.

Amostra	Claridade da pasta (% de transmitância a 650 nm)
FN	13,93 <sup>a</sup> ± 0,12
FSTT	14,27 <sup>b</sup> ± 0,15
FT (2h)	19,00 <sup>c</sup> ± 0,10
FT (3h)	34,60 <sup>d</sup> ± 0,16
FT (4h)	58,23 <sup>e</sup> ± 0,15

FN, farinha nativa; FSTT, farinha sem tratamento térmico; FT(2h): Farinha com 2 horas de tratamento térmico; FT(3h): Farinha com 3 horas de tratamento térmico; FT(4h): Farinha com 4 horas de tratamento térmico. Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ), pelo teste de Tukey.

A claridade da pasta de amido é uma propriedade útil para a fabricação de alimentos que exigem transparência. A mesma é obtida medida por transmitância (650 nanômetros), e quanto maior o percentual de transmitância, mais transparente é a pasta (GRAIG et al., 1989). Podemos observar que as amostras FN (13,93%) e FSTT (14,27%) diferiram entre si ( $p \leq 0,05$ ), e apresentaram transmitância menor que as amostras tratadas com ácido láctico submetidas a tratamento térmico, estas tiveram um aumento da sua claridade conforme o aumento do tempo de tratamento, que foram 19,00, 34,60 e 58,23%, respectivamente. O aumento da transmitância das amostras submetidas ao tratamento térmico podem estar relacionadas a diminuição do tamanho das macromoléculas combinado com a esterificação com o ácido láctico, que inibem a livre associação das moléculas de amido permitindo a passagem da luz, com conseqüente aumento do valor da transmitância.

Sanga (2013), ao submeter amido de milho a tratamento similar (2,5% de ácido láctico, temperatura de 150°C e tempos de 0,5 a 7 horas), obteve valores de transmitâncias de 61,3 a 82,1%, maiores aos determinados no presente estudo, a maior claridade do amido de milho tratados com ácido láctico pode ser explicada por ser um material mais puro, contendo aproximadamente 98% de amido, enquanto a farinha de banana verde contém teores consideráveis de proteínas e lipídeos (4,65-2,2 g/100g, 0,30-2,2 g/100g; ORMENESE, 2010; BELLO-PÉREZ et al., 1999), afetando negativamente a claridade da pasta (GRAIG et al., 1989).

### 5.5 Determinação da tendência à retrogradação

Os resultados encontrados para a análise de taxa de liberação de água estão dispostos na Tabela 7.

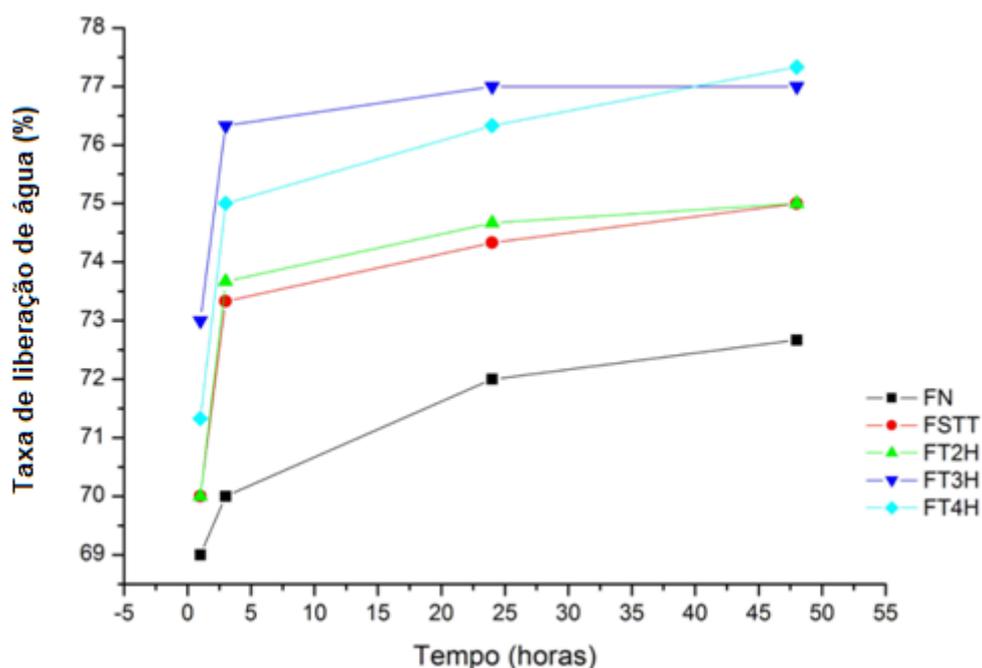
**Tabela 7.** Determinação da taxa de liberação de água (%) de pastas (1% m/v) de farinha de banana verde nativa e modificadas.

Amostra	1h	3h	24h	48h
FN	69,00 <sup>a</sup> ± 0,09	70,00 <sup>a</sup> ± 0,10	72,00 <sup>a</sup> ± 0,09	72,67 <sup>a</sup> ± 0,08
FSTT	70,00 <sup>ab</sup> ± 0,10	73,33 <sup>b</sup> ± 0,12	74,33 <sup>a</sup> ± 0,11	75,00 <sup>ab</sup> ± 0,09
FT (2h)	70,00 <sup>ab</sup> ± 0,09	73,67 <sup>b</sup> ± 0,10	74,67 <sup>ab</sup> ± 0,12	75,00 <sup>ab</sup> ± 0,10
FT (3h)	73,00 <sup>b</sup> ± 0,08	76,33 <sup>c</sup> ± 0,11	77,00 <sup>b</sup> ± 0,10	77,00 <sup>b</sup> ± 0,10
FT (4h)	71,33 <sup>ab</sup> ± 0,11	75,00 <sup>bc</sup> ± 0,12	76,33 <sup>b</sup> ± 0,09	77,33 <sup>b</sup> ± 0,11

FN, farinha nativa; FSTT, farinha sem tratamento térmico; FT(2h): Farinha com 2 horas de tratamento térmico; FT(3h): Farinha com 3 horas de tratamento térmico; FT(4h): Farinha com 4 horas de tratamento térmico. Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ), pelo teste de Tukey.

Segundo Liu (2005), a retrogradação tem uma relação com a composição (teor de amilose) e o tamanho (comprimento da cadeia) de moléculas de amido. A retrogradação é um processo que ocorre quando as moléculas de amido gelatinizado começam a reassociar-se em uma estrutura ordenada. Por esse motivo, a tendência do amido à retrogradação é uma avaliação importante para estimar a estabilidade do gel de amido na estocagem. De maneira geral, amidos que tendem a retrogradar aumentam a opacidade durante a estocagem.

A avaliação da tendência a retrogradação pelo método de liberação de água de uma dispersão diluída do amido (1% m/v), mostrou uma forte liberação de água para todas as amostras na primeira hora, ficando no intervalo de 69,00 a 73,00%, sendo que a que mais água liberou ( $p \leq 0,05$ ), foi a amostra FT (3h), este fenômeno pode ser observado na Figura 4. Com o aumento do tempo de estocagem (48h) a liberação de água aumentou, situando-se entre 76,67 a 77,33%. Estes altos valores de liberação de água sugerem que tanto a farinha nativa, como as tratadas termicamente não são adequadas para aplicações alimentícias onde o produto precisa de temperaturas de refrigeração ou mesmo de estocagem a temperatura ambiente por períodos curtos (aproximadamente 7 dias).



**Figura 4.** Determinação da taxa de liberação de água (%) de pastas (1% m/v) de farinha de banana verde nativa e modificadas.

## 5.6 Caracterização dos bolos

Na Tabela 8 estão apresentados os parâmetros de volume específico dos bolos controle e dos formulados com os géis de farinha de banana verde.

**Tabela 8.** Determinação do volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) do bolo controle e dos bolos formulados com géis de farinha de banana verde

Amostra	Volume ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	
	25%	50%
FN	3.11 <sup>ba</sup> $\pm$ 0,01	3.39 <sup>bb</sup> $\pm$ 0,02
FSTT	3.03 <sup>aa</sup> $\pm$ 0,02	3.25 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,01
FT (2h)	3.42 <sup>ca</sup> $\pm$ 0,01	3.41 <sup>ca</sup> $\pm$ 0,01
FT (3h)	3.80 <sup>fa</sup> $\pm$ 0,03	3.70 <sup>eb</sup> $\pm$ 0,02
FT(4h)	3.56 <sup>ea</sup> $\pm$ 0,01	3.57 <sup>da</sup> $\pm$ 0,02
Controle	3.49 <sup>d</sup> $\pm$ 0,02	3.49 <sup>d</sup> $\pm$ 0,02

FN, farinha nativa; FSTT, farinha sem tratamento térmico; FT (2h): Farinha com 2 horas de tratamento térmico; FT(3h): Farinha com 3 horas de tratamento térmico; FT(4h): Farinha com 4 horas de tratamento térmico. Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Letras minúsculas correspondem a análise estatística na vertical, letras maiúsculas correspondem a análise feita na horizontal.

Ao nível de 25% de substituição da gordura pelo gel da farinha de banana verde, o volume específico dos bolos formulados com os géis da farinha nativa (FN), farinha sem tratamento térmico (FSTT) e a farinha com 2 horas de tratamento térmico (FT 2h), apresentaram volumes inferiores ( $p \leq 0,05$ ), com valores respectivamente de 3,11, 3,03 e 3,42  $\text{cm}^3/\text{g}$  em relação ao bolo controle (3,49  $\text{cm}^3/\text{g}$ ). Por outro lado, a aplicação dos géis elaborados com as farinhas com 3 e 4 horas de tratamento térmico (FT 3h e FT 4h), conduziram a bolos de maior volume, respectivamente 3,80 e 3,56  $\text{cm}^3/\text{g}$ , com destaque para o formulado com a amostra FT (3h), que foi o que apresentou maior volume específico.

Quando o géis de farinha de banana verde substituíram 50% da gordura a ser adicionada, a tendência foi similar a de 25% de substituição, onde as amostras FN e FSTT foram as que apresentaram volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) inferiores em relação as demais ( $p \leq 0,05$ ), a amostra controle não diferiu da amostra FT (4H) ( $p \leq 0,05$ ), e a amostra FT (3h) foi a que apresentou o maior volume específico de 3,70  $\text{cm}^3/\text{g}$ , coincidindo com o comportamento ao nível de 25% de substituição.

## 6. CONCLUSÃO

O tratamento térmico (110°C) da farinha de banana verde na presença de ácido láctico conduziu a esterificação da farinha aumentando com tempo do tratamento térmico.

As amostras de farinha de banana verde submetidas ao tratamento térmico (110°C, 2,5% de ácido láctico) por 3 e 4 horas apresentaram maiores índices de solubilidade em água e poder de inchamento em relação a farinha nativa.

Na avaliação da viscosidade aparente, observou-se queda gradativa no decorrer do tempo da viscosidade nas amostras submetidas a tratamento térmico na presença de ácido láctico em relação a farinha nativa. Com a estocagem por 24 horas observou-se em todas as amostras aumento da viscosidade, sugerindo tendência à retrogradação.

Na análise de determinação da claridade da pasta, verificou-se um aumento da claridade dos géis a medida que o tempo de tratamento térmico aumentou.

Todas as amostras de farinhas de banana verde modificadas pelo tratamento térmico na presença de ácido láctico, apresentaram forte tendência a retrogradar quando avaliados pelo método de liberação de água de uma dispersão diluída de amido.

Constatou-se que a modificação química, através da esterificação por meio de ácido láctico (2,5%) aliado ao tratamento térmico (110°C), foi eficaz fazendo com que o principal objetivo fosse atingido, onde verificou-se que as amostras analisadas com maior tempo de tratamento térmico, puderam atuar como substitutos parciais de gordura em produtos de panificação, onde os bolos formulados com os géis de farinha de banana verde submetidas a 3 e 4 horas de tratamento térmico, tiveram volume específico (cm<sup>3</sup>/g) maiores ou que não diferiram ( $p \leq 0,05$ ) do volume do bolo controle.

## 7. REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JUNIOR, L. Gelatinization of Corn Grits by Roll-and Extrusion-Cooking. **Cereal Science Today**, St. Paul, v.14, n.1, p. 4-12, 1969.
- ANJOS, G. R. **Obtenção e caracterização de farinha e amido de pinhão nativos e esterificados com ácido láctico**. 2013. 49 f. Trabalho de Diplomação do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.
- BANKS, J. M. The technology of low-fat cheese manufacture. **International Journal of Dairy Technology**, v. 57, n. 04, p. 199-207, 2004.
- BELLO-PÉREZ, L. A.; AGAMA-AZEVEDO, E.; SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, L.; PAREDES-LÓPES, O. Isolation and partial characterization of banana starches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 03, p. 854-857, 1999.
- BELLO-PÉREZ, L. A.; MONTEALVO, M. G. M.; ACEVEDO, E. G. Almidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F. M. e MENEZES, E. W., **Carboidratos em Alimentos Regionales Iberoamericanos**. Editora da USP, São Paulo, p.646, 2006.
- BELLO-PEREZ, L. A.; SAYAGO-AYERDI, S.G.; MENDEZ-MONTEALVO, G.; TOVAR, J. In vitro digestibility of cookies prepared with banana starch. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 59, n. 2, p.79-83, 2004.
- BEMILLER, J. N. Starch modification: challenges and prospects. **Starch/Stärke**, v. 49, n. 4, p. 31-127, 1997.
- BEZERRA, C. V.; AMANTE, E. R.; OLIVEIRA, D. C.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 241-249, 2013.
- BORGES, M. T. M. R. **Potencial vitamínico de banana verde e produtos derivados**. 2003. 122 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos). Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia (FEA). Campinas-SP. 2003.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 263 de 22 de setembro de 2005**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>. Acesso em: 13 Nov. 2013.
- BRASIL. Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas. **Farinhas não tradicionais**, 2006. Disponível em : < <http://sbprt.ibict.br/acessoDT/23> >. Acesso em: 22 dez. 2013.
- CARSON, E. M. Functional properties of banana starch. **Journal of Food Science**, v.53, n. 4, p.1181-1186, 1998.

CASAROTTI, S. N.; JORGE, N. Aspectos tecnológicos dos substitutos de gordura e suas aplicações em produtos lácteos. **Journal of the Brazilian Society for Food and Nutrition**, v. 35, n. 3, p. 81-163, 2010.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo, Fundação Cargill, 221 f. Série: Culturas de tuberosas amiláceas Latino-americanas, v.1, 2001.

DATTA, R. Technological and economic potential of poly(lactic acid) and lactic acid derivatives. **FEMS Microbiology Reviews**, n. 16, p. 221-231, 1995.

DOLMATOVA, L. Identification of modified starch using infrared spectroscopy and artificial neural network processing. **Society for Applied Spectroscopy**, Frederick, v. 52, n. 3, p. 329-338, 1998.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C.; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia em Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 524-529, 2007.

FIORAVANÇO, J. C. Mercado mundial da banana: produção, comércio e participação brasileira. **Informações Econômicas**, v. 33, n. 10, p. 15-27, 2003.

GENG, F.; CHANG, P. R.; YU, J.; MA, X. The fabrication and the properties of pretreated corn starch laurate. **Carbohydrate Polymers**, v. 80, p. 360–365, 2010.

GIESE, J. Developing low-fat meat products. **Journal of Food Science**, v. 46, n. 4, p. 100-108, 2002.

GRAIG, S. A. S.; MANINGAT, C. C.; SEIB, P. A.; HOSENEY, R. C. Starch paste clarity. **Cereal Chemistry**, v. 66, n. 03, p. 173-182, 1989.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starch: a review. **Carbohydrate Polymers**, v.45, p.253-267, 2001.

IZIDORO, D. R. **Influência do pré-tratamento com ultra-som e da secagem nas propriedades químicas, físicas e funcionais do amido de banana verde**. 2011. 201 f. Tese (Doutorado em Tecnologia em Alimentos). Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos. Curitiba, 2011.

JERACHAIMONGKOL, S. Modification of cassava starch by esterification and properties of cassava starch ester films. **Kasetsart Journal: Natural Science**. Bangkok, v. 40, n. 5, p. 148-151. 2006.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos. Proyecto CYTED/CNPq XI.18 "**Composición, Estructura, Propiedades Biológicas de Carbohidratos y su Utilización en Alimentos**". EDUSP, São Paulo, p. 648, 2006.

LII, C. Y.; CHANG, S. M.; YOUNG, Y. L. Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1493-1497, 1982.

LIU, Q. Starch Modifications and Applications. In: CUI, S. W (Ed.). **Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications**, CRC Press, cap. 8, p. 357-406, 2005.

LIU, J.; WANG, B.; LIN, L.; ZHANG, J.; LIU, W.; XIE, J.; DING, Y. Functional, physicochemical properties and structure of cross-linked oxidized maize starch. **Food Hydrocolloids**, v. 36, p. 45-52, 2010.

MORIKAWA, K; NISHINARI, K. Effects of concentration dependence of retrogradation behaviour os dispersions for native and chemically modified potato starch. **Food Hydrocolloids**, v.14, p.395-401, 2000.

OLIVEIRA, T. P. **Caracterização de amidos de rizomas do *Hedychium coronarium* (líro-do-brejo) in natura e modificados por fosfatação**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Moleculares). Universidade Estadual de Goiás. Anápolis, Goiás, 2012.

ORMENESE, R. C. C. **Obtenção de farinha de banana verde por diferentes processos de secagem e aplicação de produtos alimentícios**. 2010. 182 f. Dissertação (Doutorado em Tecnologia em Alimentos). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 2010.

PEDROSO, R. A. **Avaliação da influência de amido e carragena nas características físicoquímicas e sensoriais de presunto cozido de peru**. 2006, 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2006.

PINHEIRO, M. V. S.; PENNA, A. L. B. Fat replacers: type and applications in dairy products. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 2, p. 175-186, 2004.

RAMOS, D. P.; LEONEL, M.; LEONEL, S. Amido resistente em farinhas de banana verde. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara v. 20, n. 3, p. 479-483, 2009.

RICHARDSON, S. ; GORTON, L. Characterisation of the substituent distribution in starch and cellulose derivatives. **Analytica Chimica Acta**, v. 497, p. 27-65, 2003.

RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S. L. Characterization of fi bre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana fl our. **Food Chemistry**, v. 107, p. 1515-1521, 2008.

SANGA, E. A. **Obtenção de Amido de Milho Lactilado e Avaliação das Propriedades Funcionais dos Amidos Modificados**. 2013. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Campo Mourão, 2013.

SEABRA, L. M. A. J.; ZAPATA, J. F. F.; NOGUEIRA, C. M.; DANTAS, M.A.; ALMEIDA, R. B. Fécula de mandioca e farinha de aveia como substitutos de gordura

na formulação de hambúrguer de carne ovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 244-248, 2002.

SILVA, V. M. Obtenção de ácido láctico via fermentação descontínua utilizando o melaço de cana de açúcar, farinha de varredura, frutose e fécula de mandioca. **Revista Brasileira de Pesquisas em alimentos**, v. 1, p. 98. Campo Mourão, 2010.

SMITH, R.J. Characterization and analysis of starches. In: WHISTLER, R.L.; PASCHALL, E.F. Starch: chemistry and technology, **New York: Academic Press**, v. 2, p.569-635, New York, 1967.

SOUSA, P. H. M. Influência da concentração e da proporção fruto: xarope na desidratação osmótica de bananas processadas. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, v. 23, p. 126-130, 2003.

TEIXEIRA, C. T. **Avaliação microbiológica, físico-química e sensorial de salsicha de carne de ave com diferentes teores de água e proteína isolada de soja em substituição a gordura**. 2000. 80 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2000.

TEIXEIRA. M. A. V. **Amidos quimicamente Modificados empregados na substituição de gordura em alimentos**. 2002. 115 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2002.

THARANATHAN, R. N. Starch e value addition by modification. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 45, p. 371- 384, 2005.

TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; SIQUEIRA, E. T. F. **Desidratação de frutas**. Campinas: CETEA/ ITAL, 40p. 2001.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch: composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, p. 151-165, 2004.

VILPOUX, O. Uso de amidos e aditivos com propriedades em produtos alimentícios. In: **II Simpósio Latinoamericano de Raíces y Tubérculos**. Universidad Nacional la Molina, Lima, Peru, p. 28-30, 2001.

WURZBURG, O. B. Modified starches. In: STEPHEN, A. M.; PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. (Ed). **Food polysaccharides and their applications**, 2nd ed. Boca Raton: CRC, p. 87-118, 2006.

ZAMBRANO M. F; CAMARGO O.R; TAVARES D. Amido de Mandioca Modificado Comparado com Substitutos de Gordura Comerciais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 4, p. 155-161, 2001.

ZANDONI, R. P. **Massa de banana verde: uma alternativa para exclusão do glúten**. 2009. 106 f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde). Departamento de Ciências da Saúde, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

ZHANG, P., WAMPLER, J. L., BHUNIA, A. K., BURKHOLDER, K. M., PATTERSON, J. A., WHISTLER, R. L. Effects of arabinoxylans on activation of murine macrophages and growth performance of broiler chicks. **Cereal Chemistry**, v. 81, p. 511-514, 2004.