

Obtenção de Farinha de Banana Verde Esterificada com Ácido Lático

¹Larissa Rocha dos Santos, ¹Mariana Oliveira, ¹Franciele Leila Giopato Viel, ^{2,*}Manuel Salvador Vicente Plata-Oviedo

¹ Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão, PR - Brasil.

² Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos (PPGTA), Via Rosalina Maria dos Santos, 1233, CEP 87301-899, Caixa Postal: 271, Campo Mourão – PR, Brasil, Fone:(44) 35181478.

* mapaov@utfpr.edu.br

Resumo: O objetivo deste trabalho foi produzir farinha de banana verde, modificá-la por meio de esterificação com ácido lático (2,5%) a 110°C, e utilizá-la como substituta parcial de gordura em produtos de panificação. Foram avaliados o percentual de formação de lactilo, viscosidade aparente, solubilidade e poder de inchamento, claridade da pasta, retrogradação e volume específico do bolo. Os resultados demonstraram que houve esterificação da farinha por ácido lático. Observou-se um aumento do índice de solubilidade nas amostras que podem estar relacionados por uma maior hidrólise do amido da farinha, pelo ácido lático, com o aumento do tempo do tratamento térmico. A adição à farinha de ácido lático, 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 amostra nativa e sem tratamento térmico. Na determinação da claridade da pasta, verificou-se que as amostras tratadas com ácido lático e submetidas a tratamento térmico tiveram um aumento da sua claridade conforme o aumento do tempo de tratamento. A avaliação da tendência a retrogradação 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 lático (2,5%) através de tratamento térmico, possibilitou sua aplicação em produtos de panificação com baixo teor de gordura.

Palavras-chaves: modificação, tratamento térmico, panificação, gordura.

Obtention of esterified green banana flour with lactic acid: The aim of this study was to produce green banana flour, modify it through esterification with lactic acid (2.5%) at 110°C, and utilize it as a partial substitute of fat in bakery products. It was evaluated the percentage of lactilo formation, apparent viscosity, solubility and swelling power, paste clarity, retrogradation and specific volume of the cake. The results showed that the esterification process occurred on the flour by lactic acid. It was observed an increase in the solubility index of the samples, which can be related by a higher starch hydrolysis of the flour, by lactic acid, with the increase of the heat treatment time. The addition of lactic acid to the flour, followed by drying at 50°C or heat treatment at 110°C caused the increase of the swelling power of the samples comparing with the native flour. In the analysis of the apparent viscosity, it was observed that the modified samples and submitted to the heat treatment, was lower than the native sample without heat treatment. In the determination of the clarity of the paste, it was detected that the samples treated with lactic acid and submitted to the heat treatment had a increase in the clarity as the increase of the heat treatment time. The evaluation of the propensity for retrogradation showed a strong water release for all the samples. In the characterization of the cakes, it was found that the green banana flour, esterified with lactic acid (2.5%) through heat treatment, allowed its application in bakery products with low fat content.

Keywords: modification, heat treatment, baking, fat.

Recebido: 02 de Fevereiro de 2015; aceito: 16 de Outubro de 2015, publicado: 17 de Dezembro de 2015.
DOI: 10.14685/rebrapa.v6i3.3476

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, cereais e tubérculos têm sido as principais fontes botânicas de amido, entretanto nos últimos anos, tem havido um crescente interesse em amidos de fontes botânicas novas ou não convencionais, pois estes amidos podem apresentar diferentes propriedades físico-químicas e funcionais. A polpa de banana verde contém elevada quantidade de amido e possui potencial aplicação na indústria alimentícia (LII *et al.*, 1982; ZHANG *et al.*, 2004).

Bananas verdes apresentam cerca de 80% de amido em base seca e compostos bioativos importantes nutricionalmente (MARTINEZ *et al.*, 2009; ZHANG *et al.*, 2005), no entanto, grandes quantidades deste produto são perdidas durante a manipulação pós-colheita e comercialização da fruta. O processo de transformação da banana verde em farinha é uma estratégia econômica promissora para diminuir os desperdícios.

Além de ser rica em amido a farinha apresenta alta quantidade de amido resistente (40,9-58,5 g/100 g) (TRIBESS *et al.*, 2009) e fibra dietética total, principalmente hemicelulose (CHOO; AZIZ, 2010). Estudos recentes revelam que farinha de banana tem sido utilizada como um ingrediente na preparação de vários alimentos tais como biscoitos, macarrão e pré-misturas para bolos (APARICIO-SAGUILÁN *et al.* de 2007; BORGES, 2003; CHOO; AZIZ, 2010; MARTINEZ *et al.*, 2009; ZANDONADI *et al.*, 2012).

A modificação química de farinhas e amidos nativos é uma alternativa que vem sendo estudada a fim de promover propriedades funcionais específicas que amplia seu uso na indústria de alimentos. A esterificação é um método químico eficaz e muito utilizado para introduzir diferentes grupos laterais nas macromoléculas do amido (GENG, *et al.*, 2010). Esta reação promove alterações nos grupos funcionais do amido, tornando-os hidrofílicos ou hidrofóbicos dependendo das características dos grupamentos éster inserido às cadeias (JERACHAIMONGKOL *et al.*, 2006).

Estudos recentes tem demonstrado que ácidos orgânicos tais como cítrico, málico e tartárico

podem modificar quimicamente as propriedades funcionais do amido (BARCZYNSKA *et al.*, 2012; OLIVATO *et al.*, 2012; XIE; LIU, 2004) e são considerados seguros para a modificação, pois não deixam resíduos tóxicos.

O ácido láctico foi escolhido devido sua vasta aplicação na indústria de alimentos, sendo utilizado como acidulante, anti-oxidante, estabilizante, coadjuvante de sabor, solvente, umectante, emulsificante 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).

Visando a busca de novos reagentes capazes de modificar a estrutura do amido, o objetivo deste trabalho foi modificar a farinha de banana verde com ácido láctico, um ácido orgânico muito utilizado na indústria de alimentos, e avaliar a aplicabilidade da farinha modificada em bolos, como substituto parcial de gordura.

MATERIAL E MÉTODOS

Materiais

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, trabalhando-se somente com bananas de coloração totalmente verde.

Obtenção da farinha de banana verde

A produção das farinhas de banana verde, foi realizada segundo metodologia descrita por Borges *et al.* (2009). 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. Após a secagem, as rodela de banana secas foram desintegradas em liquidificador industrial (Spolu SPL-048) e peneiradas com abertura de 0,5 mm, para a padronização da granulometria. 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.

Amostragem

A farinha de banana verde foi avaliada na forma nativa (controle) e modificada com ácido láctico por meio de 4 tratamentos distintos, resultando em cinco amostras: FN, farinha nativa; FSTT, farinha tratada com ácido láctico sem tratamento térmico; FT2h: farinha tratada com ácido láctico com 2 horas de tratamento térmico; FT3h: farinha tratada com ácido láctico com 3 horas de tratamento térmico; FT4h: farinha tratada com ácido láctico com 4 horas de tratamento térmico.

Modificação da farinha de banana com ácido láctico

Para esterificação da farinha de banana verde, aproximadamente 2,0 kg de farinha nativa (base seca) foram misturadas, aos poucos, com uma solução composta de 2,2 L de água e 50 g de ácido láctico. A amostra foi homogeneizada, deixada em repouso por 4 horas em temperatura ambiente, secas em estufa a 50°C, até atingir umidade de aproximadamente 4% (cerca de dez horas) e em seguida, a amostra seca foi moída. 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 por meio de testes preliminares, constatou-se que tratamentos térmicos com maior duração de tempo e/ou temperaturas mais elevadas produziram amostras de coloração escura, devido ao processo de caramelização e reação de Maillard, sendo inviáveis tecnologicamente. As amostras de farinha foram dispersas em 150 mL de solução de etanol 80% 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 500 mL de etanol 80% (v/v) e secas em estufa a 80°C por 1 hora. As amostras foram moídas, peneiradas para padronização da granulometria, embaladas em potes plásticos hermeticamente fechados, etiquetados e armazenadas sob refrigeração.

Determinação do grau de esterificação

A 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 da amostra 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. Após a adição do NaOH as amostras foram levadas ao microondas (Electrolux MEP41- 31L) e aquecidas por dez ciclos de um minuto, com um minuto de intervalo de descanso entre os ciclos, no final do aquecimento as amostras foram resfriadas e tituladas com solução de HCl padronizada a 0,1975 M até pH 8,3. Preparou-se um branco com a farinha de banana verde nativa para comparação com as amostras tratadas.

O teor de lactilo (T) das amostras foram calculados por meio da Equação 1, onde, V_1 é o volume (10 mL) de NaOH usado na hidrólise da ligação éster, C_1 é a concentração molar da solução de NaOH (0,5022 M); V_2 é o volume (mL) de HCl gasto na titulação, C_2 é a molaridade da solução de HCl e 0,073 é a massa molar do lactilo [$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{C}=\text{O}$] dividido por 1000. Para a obtenção do teor de lactilo real das amostras foi necessário realizar a subtração do teor de lactilo da amostra modificada pelo teor de lactilo da farinha nativa (controle), pois a presença natural de substâncias ácidas na amostra nativa pode ser interpretada como um falso positivo.

$$T (\%) = \frac{[(V_1 \times C_1) - (V_2 \times C_2)] \times 0,073 \times 100}{\text{massa da amostra (b.s.)}}$$

Determinação do índice de solubilidade e poder de inchamento

As determinações do índice de solubilidade em água (ISA) e poder de inchamento (PI), foram realizadas segundo a metodologia descrita por Anderson *et al.* (1969) com modificações. Precisamente, amostras de 1,0 g de farinha de banana verde (b.s.) foram transferidas para tubos de centrífuga, previamente tarados. Foram adicionados 10 mL de água destilada, os tubos foram agitados mecanicamente em agitador de tubos tipo vortex para a homogeneização. A

suspensão foi mantida sob agitação por 30 minutos a 85 °C e em seguida, os tubos foram centrifugados (1591 G por 15 min.). O sobrenadante foi depositado em placas de petri previamente taradas e os tubos (sem sobrenadante) foram pesados para determinação da massa do resíduo da centrifugação. As placas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 105 °C por 4 horas, resfriadas em dessecador por 30 minutos e pesadas para determinação do peso da massa solúvel. O ISA corresponde ao percentual de resíduo que se solubiliza na água destilada adicionada no início da análise calculado conforme Equação (2), onde PMS: peso da massa solúvel (g) e P: peso da amostra (g, b.s.). O PI refere-se a razão entre o peso do resíduo da centrifugação e o peso da amostra e o resultado é expresso em g gel/g matéria seca conforme Equação (3), onde PRS: peso do resíduo da centrifugação (g).

$$\% ISA = [(PMS \times 100) / P]$$

$$PI = (PRS / P) \quad (3)$$

Determinação da viscosidade aparente

As amostras obtidas foram submetidas a análises de viscosidade aparente por meio do preparo dos géis de farinha de banana verde esterificada. Foram pesados 8 g (b.s.) de amostra e completou-se o peso da dispersão para 120 g, adicionando-se água destilada. A seguir, foram aquecidas em banho térmico a 95 °C por 30 minutos, sob agitação. Ao final do aquecimento, a água evaporada foi repostada. 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 também foram realizadas com intervalo de 24 horas.

Determinações da claridade de pasta (% T)

A claridade da pasta foi realizada segundo o método de Morikawa e Nishinari (2000), que determina o percentual de transmitância (T%) de uma solução de amido (1g/100 mL, pH 6,5) através do espectrofotômetro a 650 nm, após aquecimento a 95°C por 30 minutos e posterior resfriamento por 1 hora a 25°C.

Determinação da tendência a retrogradação

A tendência a retrogradação e a sua avaliação foi realizada segundo a metodologia descrita por Liu *et al.* (2010). Uma suspensão aquosa de farinha de banana verde (1 g/100 g) foi aquecida em água fervente por 20 minutos para gelatinização do mesmo. Em seguida, a suspensão foi resfriada a temperatura ambiente e colocada em provetas graduadas (100 mL). As amostras ficaram repousando a temperatura ambiente e o volume do sobrenadante foi registrado nos tempos de 1, 3, 24 e 48 horas, para monitorar a tendência de retrogradação. A porcentagem de sobrenadante foi calculada de acordo com a Equação 4.

$$S(\%) = \frac{\text{volume do sobrenadante (mL)}}{\text{volume da suspensão (mL)}} \times 100$$

Aplicação da farinha de banana verde modificada em bolo

Preparo do gel

Com a finalidade de substituir parte da gordura utilizada na formulação do bolo, foram preparados géis com as farinhas modificadas, onde, 10 g de farinha foram dispersos em 100 g de água, que foram submetidos ao aquecimento a 95°C por 20 minutos.

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. O bolo controle foi preparado conforme indicativa do rótulo. Os níveis de substituição foram de 25% e 50% da gordura pelo gel de banana (10 % de sólidos). Os bolos foram preparados conforme o procedimento indicado na embalagem e 200 g da mistura foram colocadas em formas de alumínio e assadas a 170°C por 20 minutos. Após o resfriamento do bolo foram determinados a massa, o volume e o volume específico.

Determinação do volume específico (cm³.g⁻¹)

O volume específico foi calculado pela razão entre o volume do bolo (cm³) e a massa (g). O

volume foi medido pelo método de deslocamento da semente de painço e a massa foi determinada segundo metodologia descrita por Anjos (2013). Inicialmente foi determinada a quantidade de sementes necessária para preencher todo o volume do recipiente. As sementes foram inseridas no recipiente por queda livre através do funil, com alimentação constante, para permitir uma acomodação natural. Então foi reservada apenas a semente necessária para preencher o recipiente. A seguir foi colocada no fundo do recipiente uma fatia de bolo, de massa conhecida, e através do funil a semente reservada foi despejada dentro do recipiente. A quantidade de sementes foi nivelada, e apenas as sementes excedentes foram recolhidas e o volume ocupado foi anotado.

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).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Determinação do grau de esterificação

Na farinha de banana verde pode-se encontrar substâncias de características ácidas que reagem o a solução de hidróxido de sódio e que poderiam ser quantificadas como lactilo. Por isso é necessário subtrair o teor de lactilo aparente da amostra nativa (controle) das amostras modificadas, resultando no valor de teor de lactilo real. A Tabela 1 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.

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 grupo 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 1), 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 FT2h, FT3h e FT4h 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 encontrada na amostra FT4h, onde verificou-se que foi possível esterificar o amido em 1,86%, sugerindo que este tratamento foi o mais susceptível a esterificação.

Tabela 1. Teor de lactilo aparente e real das farinhas de banana verde nativa e modificadas.

Amostra	Lactilo aparente (%)	Lactilo real (%)
FN	2,67 ^a ± 0,05	-
FSTT	2,70 ^a ± 0,09	0,05 ^a ± 0,09
FT2H	3,09 ^b ± 0,09	0,42 ^b ± 0,09
FT3H	3,77 ^c ± 0,05	1,10 ^c ± 0,05
FT4H	4,53 ^d ± 0,05	1,86 ^d ± 0,05

FN, farinha nativa; FSTT, farinha sem tratamento térmico; FT2h: Farinha tratada com ácido láctico por 2 horas de tratamento térmico; FT3h: Farinha tratada com ácido láctico por 3 horas de tratamento térmico; FT4h: Farinha tratada com ácido láctico por 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.

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 nas amostras, respectivamente. Ao compararmos a amostra FT2h com a farinha de pinhão, que passou pelo mesmo tempo de tratamento térmico e a mesma porcentagem

ácido láctico, verificou-se que na farinha de banana a esterificação foi maior (0,42%).

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 2.

Tabela 2. 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 ^a ± 0,04	7,60 ^a ± 0,05
FSTT	18,59 ^a ± 0,08	8,55 ^b ± 0,12
FT (2h)	17,42 ^b ± 0,04	8,24 ^{bc} ± 0,00
FT (3h)	21,85 ^d ± 0,03	8,17 ^{bc} ± 0,11
FT (4h)	20,11 ^c ± 0,08	8,18 ^{bc} ± 0,05

FN, farinha nativa; FSTT, farinha sem tratamento térmico; FT2h: Farinha tratada com ácido láctico por 2 horas de tratamento térmico; FT3h: Farinha tratada com ácido láctico por 3 horas de tratamento térmico; FT4h: Farinha tratada com ácido láctico por 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 apresentou 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 FT3h e FT4h, em relação à amostra FSTT pode estar relacionado a 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 de ácido láctico à farinha, 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.

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 3.

Pode-se verificar que a viscosidade das amostras modificadas e submetidas a tratamento térmico (FT2h, FT3h e FT4h), 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).

Tabela 3. 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 ^d ± 10,00	42.600,00 ^e ± 173,21
FSTT	2.133,33 ^e ± 10,55	34.933,33 ^d ± 184,15
FT (2h)	1.843,33 ^c ± 5,77	24.566,67 ^c ± 115,47
FT (3h)	1.140,00 ^b ± 10,00	15.900,00 ^b ± 100,00
FT (4h)	1.086,67 ^a ± 5,77	8.733,33 ^a ± 94,28

FN, farinha nativa; FSTT, farinha sem tratamento térmico; FT2h: Farinha tratada com ácido láctico por 2 horas de tratamento térmico; FT3h: Farinha tratada com ácido láctico por 3 horas de tratamento térmico; FT4h: Farinha tratada com ácido láctico por 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.

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 (FT2h) para 8.733,33 cp (FT4h), 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, FT2h, FT3h e FT4h, 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 FT4h.

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.

Determinação da claridade da pasta

Na Tabela 4 estão dispostos os resultados encontrados para a análise de transmitância a 650 nm.

Tabela 4. 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 ^a ± 0,12
FSTT	14,27 ^b ± 0,15
FT (2h)	19,00 ^c ± 0,10
FT (3h)	34,60 ^d ± 0,16
FT (4h)	58,23 ^e ± 0,15

FN, farinha nativa; FSTT, farinha sem tratamento térmico; FT2h: Farinha tratada com ácido láctico por 2 horas de tratamento térmico; FT3h: Farinha tratada com ácido láctico por 3 horas de tratamento térmico; FT4h: Farinha tratada com ácido láctico por 4 horas de tratamento térmico. Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$), 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, como indicado na tabela 4. O aumento da transmitância das amostras submetidas ao tratamento térmico pode estar relacionado 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 consequente aumento do valor da transmitância (WURZBURG, 2006).

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 tratado 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 (2,2-4,65g/100g, 0,30-2,2 g/100g) (ORMENESE, 2010; BELLO-PÉREZ *et al.*, 1999), afetando negativamente a claridade da pasta (GRAIG *et al.*, 1989).

Determinação da tendência à retrogradação

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.

Na avaliação da tendência a retrogradação, notou-se que houve liberação de água para todas as amostras na primeira hora, ficando no intervalo de 69,00 a 73,00%, sendo que a que mais liberou água foi a amostra FT3h, diferindo estatisticamente ($p \leq 0,05$) das outras amostras. 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).

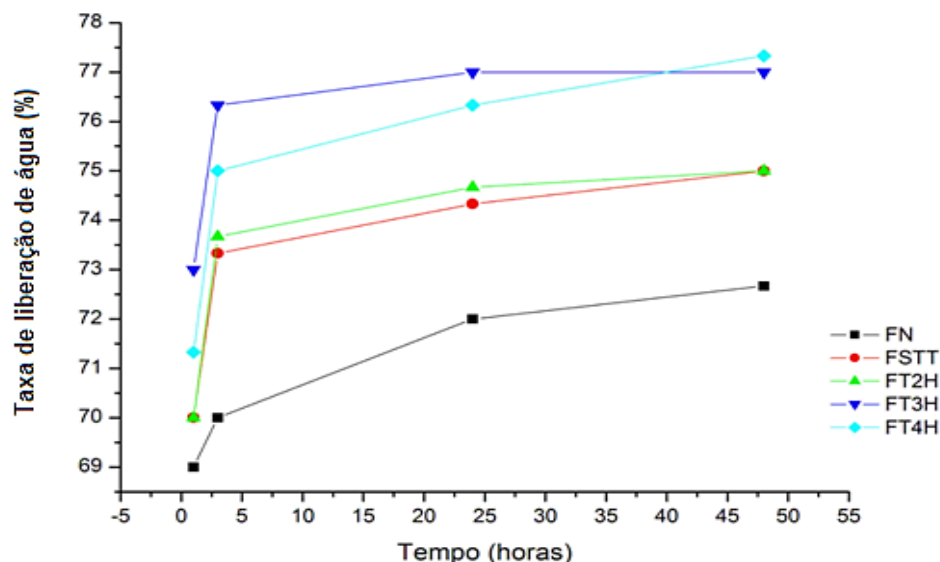


Figura 1. Determinação da taxa de liberação de água (%) de pastas (1% m/v) de farinha de banana verde nativa e modificadas.

Caracterização dos bolos

Na Tabela 6 estão apresentados os parâmetros de volume específico dos bolos controle e dos formulados com os géis de farinha de banana verde.

Tabela 6. Determinação do volume específico (cm^3/g) do bolo controle e dos bolos formulados com géis de farinha de banana verde

Amostra	Volume específico (cm^3/g)	
	25%	50%
FN	3.11 ^{bA} ± 0,01	3.39 ^{bB} ± 0,02
FSTT	3.03 ^{aA} ± 0,02	3.25 ^{aB} ± 0,01
FT (2h)	3.42 ^{cA} ± 0,01	3.41 ^{cA} ± 0,01
FT (3h)	3.80 ^{fA} ± 0,03	3.70 ^{eB} ± 0,02
FT(4h)	3.56 ^{eA} ± 0,01	3.57 ^{dA} ± 0,02
Controle	3.49 ^d ± 0,02	3.49 ^d ± 0,02

FN, farinha nativa; FSTT, farinha sem tratamento térmico; FT2h: Farinha tratada com ácido láctico por 2 horas de tratamento térmico; FT3h: Farinha tratada com ácido láctico por 3 horas de tratamento térmico; FT4h: Farinha tratada com ácido láctico por 4 horas de tratamento térmico. Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey. Letras minúsculas correspondem a análise estatística na coluna, letras maiúsculas correspondem a análise feita na linha.

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 (FT2h), apresentaram volumes inferiores ($p \leq 0,05$), com valores respectivamente de 3,11, 3,03 e 3,42 cm^3/g em relação ao bolo controle (3,49 cm^3/g). Por outro lado, a aplicação dos géis elaborados com as farinhas com 3 e 4 horas de tratamento térmico (FT3h e FT4h), conduziram a bolos de maior volume, respectivamente 3,80 e 3,56 cm^3/g , com destaque para o formulado com a amostra FT3h, que foi o que apresentou maior volume específico.

Quando os 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 (cm^3/g) inferiores em relação as demais ($p \leq 0,05$), a amostra controle não diferiu da amostra FT4h ($p \leq 0,05$), e a amostra FT3h foi a que apresentou o maior volume específico de 3,70 cm^3/g , coincidindo com o comportamento ao nível de 25% de substituição.

CONCLUSÃO

Conclui-se com este trabalho que 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.

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^3/g) maiores ou que não diferiram ($p \leq 0,05$) do volume do bolo controle. Em contrapartida, pode-se observar que as amostras apresentaram forte tendência a retrogradação.

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.

- APARICIO-SAGUILÁN, A.; SÁYAGO-AYERDI, S. G.; VARGAS-TORRES, A.; TOVAR, J.; ASCENCIO-OTERO, T. E.; BELLO-PÉREZ, L. A. Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 3-4, p. 175–181, 2007.
- BARCZYNSKA, R.; SLIZEWSKA, K.; JOCHYM, K.; KAPUSNIAK, J.; LIBUDZISZ, Z. The tartaric acid-modified enzyme-resistant dextrin from potato starch as potential prebiotic. **Journal of Functional Foods**, v. 4, n. 4, p. 954–962, 2012.
- BELLO-PÉREZ, L. A.; AGAMA-AZEVEDO, E.; SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, L.; PAREDES-LÓPEZ, O. Isolation and partial characterization of banana starches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 03, p. 854-857, 1999.
- 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.
- BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 29(2): 333-339, abr.-jun. 2009.
- CHOO, C. L.; AZIZ, N. A. A. Effects of banana flour and β -glucan on the nutritional and sensory evaluation of noodles. **Food Chemistry**, v. 119, n. 4, p. 34–40, 2010.
- DATTA, R. Technological and economic potential of poly(lactic acid) and lactic acid derivatives. **FEMS Microbiology Reviews**, n. 16, p. 221-231, 1995.
- 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.
- 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.
- 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, 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.
- 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.
- MARTINEZ, M. O.; AYERDI, S. S.; ACEVEDO, E. A.; GOÑI, I.; PÉREZ, L.A. B.

Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. **Food Chemistry**, v. 113, n. 1, p. 121–126, 2009.

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.

OLIVATO, J. B.; GROSSMANN, M. V. E.; BILCK, A.P. YAMASHITA, F. Effect of organic acids as additives on the performance of thermoplastic starch/polyester blown films. **Carbohydrate Polymers**, v. 90, n. 1, p. 159–164, 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.

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.

SILVA, V. M. Obtenção de ácido lático 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.

TRIBESS, T. B.; HERNÁNDEZ-URIBE, J. P.; MÉNDEZ-MONTEALVO, M. G. C.; MENEZES, E. W.; BELLO-PEREZ, L. A.; TADINI, C. C. Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying

conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 5, p. 1022–1025, 2009.

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.

XIE, X.; LIU, Q. Development and Physicochemical Characterization of New Resistant Citrate Starch from Different Corn Starches. **Starch - Stärke**, v. 56, n. 8, 2004.

ZANDONADI, R. P.; BOTELHO, R. B. A.; GANDOLFI, L.; GINANI, J. S.; MONTENEGRO, F. M.; PRATESI, R. Green Banana Pasta: An Alternative for Gluten-Free Diets. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 112, p. 1068-1072, 2012.

ZHANG, P.; WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N.; HAMAKER, B. R. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility - a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 59, n. 4, p. 443–458, 2005.

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.