

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**DISSERTAÇÃO**

**Caracterização físico-química e avaliação das propriedades funcionais da  
farinha de banana verde (*Musa spp.*) obtida por dois tipos de secagem**

**ANDRÉA DOS ANJOS SILVA**

**2015**



UFRRJ

**Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**

**Instituto de Tecnologia**

**Departamento de Tecnologia de Alimentos**

**Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

**Caracterização físico-química e avaliação das propriedades funcionais da  
farinha de banana verde (*Musa spp.*) obtida por dois tipos de secagem**

**Andréa dos Anjos Silva**

*Sob orientação da professora*

**D.Sc. Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa**

*e co-orientação*

**D.Sc. Adriano Gomes Cruz**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração Ciência de Alimentos.

Seropédica, RJ  
Março de 2015

664.72272

S586c

T

Silva, Andréa dos Anjos, 1984-

Caracterização físico-química e avaliação das propriedades funcionais da farinha de banana verde (*Musa spp.*) obtida por dois tipos de secagem / Andréa dos Anjos Silva - 2015.

73 f.: il.

Orientador: Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Inclui bibliografias.

1. Farinha - Teses. 2. Farinha de banana - Teses. 3. Farinha de banana - Análise - Teses. 4. Farinha de banana - Desidratação - Teses. 5. Farinha como alimento - Teses. I. Barbosa, Maria Ivone Martins Jacintho, 1977-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**ANDRÉA DOS ANJOS SILVA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de concentração em Ciência de Alimentos.

DISEERTAÇÃO APROVADA EM 12/003/2015

---

Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa  
(Orientador)

---

Adriano Gomes Cruz  
(Co-orientador)

---

Lucinéia Gomes da Silva  
(Membro)

---

Ivanilda Maria Augusta  
(Membro)

**Dedicatória**

A Deus que me sustenta.

A minha família, em especial minha mãe e minha avó Filomena (*In memoriam*).

Exemplos de fé e amor a Deus em todas as circunstâncias.

## Agradecimentos

Ao meu Deus!

“Por tudo o que tens feito,  
por tudo que vás fazer,  
por tuas promessas e tudo que és,  
eu quero te agradecer com todo meu ser”.

Tudo o que aconteceu até hoje foi com tuas mãos Senhor construída.

Agradeço minha família por todo carinho, colo nas horas de desespero, amor e acalento quando as decepções batem a porta e desculpa a minha ausência quando empenhada estava nas minhas obrigações com o mestrado.

Mãe te agradeço por todas as vezes que em teu seio me acolheu, por infinitas vezes ter sido meu ouvido amigo, por cada comidinha que fazia para me receber e principalmente por esse infinito amor que nunca diminuiu nem mesmo se omitiu em me oferecer.

Pai te agradeço pela sua dedicação sempre a nossa família, por inúmeras vezes ter sido solícito em me levar de casa á Seropédica e principalmente por seu esforço em nunca me deixar faltar nada.

Agradeço ao meu noivo por todo carinho, paciência, dedicação e principalmente por todo amor que sempre teve por mim. Pelas inúmeras vezes que se abdicou de si em favor do meu trabalho. Pelos domingos e feriados que passou digitando, corrigindo ou qualquer outra tarefa em prol do meu sucesso profissional.

Irmã não poderia deixar de agradecer também a você, pois se aqui cheguei isso é fruto de espelho de determinação que você é, guerreira, estudiosa, inteligente e sempre preocupada em produzir “mais um artigo” mesmo diante dos maiores desafios que a vida lhe prega.

Aos meus avós, tias e tios agradeço por todo carinho e amor sempre prontos a me atender com palavras que acalmava minha fogueira que por vezes aumentava a chama.

Obrigada amiga Marcela que suportou minha ausência durante todo esse tempo, sempre acreditando em mim, mesmo eu estando longe sempre procurou saber acerca de mim me prestigiando com sua presença na minha qualificação e hoje podes ver todo esse processo concluído.

Agradeço as minhas afilhadas que entenderam as vezes que não pude parar para brincar ou trocar algumas palavras, mas mesmo assim nunca deixaram de me amar, sempre com a frase que ecoa todos os dias em mim “Dindinha te amo”.

Agradeço a família Santiago, que Deus confiou a eu amar, sempre dispostos a me acolher quando a distância de casa falava mais alto. Ao meu sogro pelas vezes que abriu mão do seu tempo para me doar.

Elga agradeço todo carinho. Por ter exercido a verdadeira pedagogia comigo, não ter desistido de mim e ter depositado em mim, uma confiança de que eu era muito mais do que produzi com você. Obrigada ter sido meu "pé de coelho" em toda essa trajetória, das vezes que parava para me ouvir, reservava seu tempo para me pegar pela mão e me conduzir, por me ajudar inúmeras vezes a fazer as melhores escolhas, pelos nossos almoços e principalmente por ter passado finais de semana e feriados dentro do laboratório comigo.

Agradeço aos meus queridos orientadores Maria Ivone e Adriano, que confiaram a mim todo esse trabalho, sempre prontos para me ouvir fosse profissional ou pessoal e dizendo que eu era capaz.

Amiga Mayara agradeço, imensamente a Deus por te colocado esse anjo que foi e é no meu caminho. Obrigada pelas caronas, pelos km's de conversa, de partilha e confidencias.

Não poderia terminar sem agradecer a todos do PPGCTA em especial Nathalia Rodrigues e Kamila Nascimento por também terem disponibilizado seus tempos e conhecimentos me ajudando chegar aonde cheguei. Aos técnicos Ivanilda e Wanderson, que nunca se omitiram a me ajudar. A colega Fernanda pelas caronas e partilhas. Ao querido professor e amigo Romulo que sempre dizia “Eu confio em você” e quando não conseguia executar alguma coisa, você, com toda paciência dava seu jeitinho e a coisa fluía e por fim a todos os professores que ajudaram a construir o conhecimento adquirido.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de estudo e a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade.

Espero ter lembrado de todos e aqueles que fui traído pela minha memória, saibam que alguma forma também marcaram seus espaços no meu coração.

Obrigada.

**Epígrafe**

*“Bendirei continuamente ao Senhor, seu louvor não deixará meus lábios. Procurei o Senhor e ele atendeu, livrou-me de todos os temores. O senhor está perto dos contritos de coração, pois são numerosas as tribulações do justo, mas de todas livra a Senhor”.*

Salmo, 33 1:10



### **Bibliografia**

Andréa dos Anjos Silva, filha de Margarida dos Anjos Pinto Silva e Antonio dos Santos Silva, nascido no dia 03 de Junho de 1984 na cidade do Rio de Janeiro/ RJ. Possui graduação em Licenciatura plena em Pedagogia (2005) e Bacharel em Nutrição (2009), ambas pelo Centro Universitário Augusto Motta - UNISAUM. Durante a vida acadêmica foi estagiário da rede restaurantes Parmezão – Parmê e na empresa de alimentação coletiva Alufra, na qual exerceu a profissão de nutricionista. Em 2013 concluiu o curso de Especialização em Segurança Alimentar e Qualidade Nutricional na Universidade de Barra Mansa - UBM. Neste mesmo ano iniciou mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ.

## Resumo

Silva, Andréa dos Anjos. Caracterização físico-química e avaliação das propriedades funcionais da farinha de banana verde (*Musa spp.*) obtida por diferentes tipos de secagem. P 1-68 Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rj, 2015.

Em regiões tropicais e sub-tropicais do Brasil e no mundo a cultura da banana (*Musa spp.*) vem se tornando importante, despertando interesse do mercado consumidor devido seu baixo custo e alto valor nutricional. A polpa da banana, quando verde, não apresenta sabor, trata-se de uma massa com elevado percentual de amido, caracterizado resistente, baixa doçura e adstringência característica de frutos imaturos, muitas vezes sendo descartadas. Por esta razão, novas estratégias econômicas tem estimulado o desenvolvimento de inovações tecnológicas a fim de aproveitar integralmente o fruto, tais como a produção de farinha da banana verde. Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo obter farinha da banana verde a partir de dois métodos de desidratação, convencional e liofilizada, e avaliar as características físico-química, o teor de amido resistente, a morfologia dos grânulos e propriedades funcionais das farinhas produzidas. As metodologias utilizadas para caracterização físico-química foram da AOAC (2008), os índices de absorção em água (IAA), Soto et al. (2007) e óleo (IAO) Ambriz et al. (2008) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) adaptada por Paul, Kanny, & Redhi (2015). Já para avaliação das propriedades funcionais foi utilizada do ASEAN (2011) para quantificar o percentual de amido total, a metodologia adaptada de Goñi (1996) na quantificação do percentual de amido resistente, Rufino et al.(2007) para o sequestro do radical livre – DPPH, Rufino et al.(2006) no poder de redução do  $Fe^{++}$  - FRAP e a metodologia de Quettier-Deleu (2000) na avaliação dos Fenólicos totais. A partir dos resultados observados nota-se que é tecnologicamente viável, produzir farinha de banana verde com os processos de desidratação aplicados, pois apresentaram características físico-químicas correlatas com a literatura científica e apreciável percentual de amido resistente o que caracteriza às farinhas de banana verde propriedades funcionais assim como compostos fenólicos que atuam na imunização das células humanas.

**Palavras-chave:** farinha de banana verde, *Musa spp.*, alimento funcional, amido resistente, propriedades tecnológicas.

### Abstract

Silva, Andrea dos Anjos. **Physicochemical characterization and evaluation of the functional properties of green banana flour (*Musa spp.*) Obtained by different types of drying.** (2015)1-68 p Dissertation (Master of Food Science in Technology). Institute of Technology, Department of Food Technology, Federal Rural University of Rio and January, Seropédica, Rj, 2015.

In tropical and sub-tropical regions of Brazil and the world banana production (*Musa spp.*) Is becoming important, arousing interest of the consumer market because of its low cost and high nutritional value. The banana pulp when green, has no taste, it is a mass with a high percentage of starch, characterized resistant, low sweetness and astringency characteristic of immature fruits often being discarded. For this reason, new economic strategies has stimulated the development of technological innovations in order to fully enjoy the fruit, such as the production of flour green banana. Therefore, this study aimed to get the green banana flour from two methods of dehydration, conventional and lyophilized, and evaluate the physicochemical characteristics, resistant starch content, the granule morphology and functional properties of the produced flours. The methodologies were utilized to characterize físicoquímica AOAC (2008), the water absorption index (WAI) Soto et al. (2007) and oil (IAO) Ambriz et al. (2008) and scanning electron microscopy (SEM) adapted by Paul, Kanny, & Redhi (2015). As for the functional properties was used ASEAN (2011) to quantify the percentage of total starch, the methodology adapted Goni (1996) Quantification of the percentage of resistant starch Rufino et al. (2007) for the isolation of the free radical - DPPH, Rufino et al (2006) in power reduction of Fe ++ -. FRAP and the methodology of Quettier-Deleu (2000) in the evaluation of total phenolics. From the results observed is noted that it is technologically feasible, produce green banana flour with applied dehydration processes, as presented physicochemical properties related to the scientific literature and appreciable percentage of resistant starch which characterizes the banana flour green functional properties and phenolic compounds that act on immunization of human cells.

**Keywords:** green banana flour, *Musa spp*, functional food, resistant starch, technological properties.

<b>SUMÁRIO</b>	
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	1
<b>OBJETIVO GERAL</b>	4
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	4
<b>CAPÍTULO I – FARINHA DE BANANA VERDE COMO INGREDIENTE FUNCIONAL EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS – REVISÃO</b>	5
Resumo	6
Abstract	7
Introdução	8
Desenvolvimento	9
Conclusão	23
Referências	24
<b>CAPÍTULO II – CARCTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FARINHAS DE BANANA VERDE (<i>MUSA SPP</i>) OBTIDA POR DOIS TIPOS DE SECAGEM</b>	27
Resumo	28
Abstract	28
1.Introdução	30
2.Materiais e métodos	31
2.1.Preparação das farinhas de banana verde	31
2.2.Obtenção das farinhas de banana verde	31
2.3.Análises	32
2.3.1.Rendimento das farinhas de banana verde convencional (estufa) FBVC e liofilizada (FBVL)	32
2.3.2.Composição centesimal, pH e acidez titulável da banana verde <i>in natura</i> e das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL	32
2.3.2.1.Umididade	32
2.3.2.2.Cinzas	33
2.3.2.3.Proteína	33
2.3.2.4.Lipídeos	34
2.3.2.5.Carboidratos totais	34
2.3.2.6.Ph	35
2.3.2.7.Acidez titulável	35
2.3.3.Determinação do perfil dos compostos voláteis por CG-MS das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL	35
2.3.4.Índice de absorção de água (IAA) e de óleo (IAO) das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada (FBVL)	36
2.3.5.Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das farinhas de banana verde convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL	37
2.4.Análise estatística	37
3.Resultados e discussão	37
3.1.Rendimento e caracterização físico-química das farinhas de banana verde FBVC e FBVL	37
3.2.Perfil dos compostos voláteis das farinhas de banana verde convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL	42
3.3.Microscopia eletrônica de varredura das farinhas de banana verde convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL	45
4. Conclusão	46
5.Referências bibliográficas	47

<b>CAPÍTULO III – PROPRIEDADES FUNCIONAIS E ASPECTOS NUTRICIONAIS DAS FARINHAS DE BANANA VERDE (<i>MUSA SPP</i>) OBTIDA POR DOIS TIPOS DE SECAGEM</b>	50
Resumo	51
Abstract	52
1.Introdução	53
2.Materiais e métodos	54
2.1.Material	54
2.2.Métodos	54
2.2.1.Obtenção das farinhas de banana verde	54
2.2.2.Determinação do amido total e resistente da banana verde <i>in natura</i> e das farinhas de banana verde convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL	55
2.2.3.Capacidade antioxidante e teor de fenólicos totais da banana verde <i>in natura</i> e das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL	57
2.2.3.1.Capacidade antioxidante pelo método de sequestro do radical livre DPPH	57
2.2.3.2.Capacidade antioxidante pelo método de redução do Fe <sup>++</sup> (FRAP)	58
2.2.3.3.Determinação dos compostos fenólicos da banana verde <i>in natura</i> e das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL	58
2.3.Análise estatística	59
3.Resultados e discussão	59
3.1.Amido total, resistente e digerível da banana verde <i>in natura</i> e das farinhas convencional FBVC e liofilizada FBVL	59
3.2.Capacidade antioxidante e teores de fenólicos totais da banana verde <i>in natura</i> e das farinhas convencional (estufa)FBVC e liofilizada FBVL	62
4.Conclusão	65
5. Referências bibliográficas	66
<b>CONCLUSÃO GERAL</b>	72
<b>APÊNDICE</b>	73

**SUMÁRIO DAS EQUAÇÕES****CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FARINHAS DE BANANA VERDE (*MUSA SPP*) OBTIDA POR DOIS TIPOS DE SECAGEM** 27**Equação 1** – Rendimento 32**Equação 2** – Percentual de umidade 32**Equação 3** – Percentual de cinzas 33**Equação 4** – Percentual de proteínas 33**Equação 5** – Percentual de lipídeos 34**Equação 6** – Percentual de carboidratos 34**Equação 7** – Percentual de acidez 35**Equação 8** – Índice de absorção de água 36**Equação 9** – Índice de absorção de óleo 36**CAPÍTULO III – PROPRIEDADES FUNCIONAIS E ASPECTOS NUTRICIONAIS DAS FARINHAS DE BANANA VERDE (*MUSA SPP*) OBTIDA POR DOIS TIPOS DE SECAGEM** 50**Equação 1** – Percentual de amido total 55**Equação 2** – Percentual de amido resistente 56

**SUMÁRIO DAS TABELAS****CAPÍTULO I – FARINHA DE BANANA VERDE COMO 5**  
**INGREDIENTE FUNCIONAL EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS –**  
**REVISÃO****Tabela 1.** Principais cultivares de banana, métodos e condições de 11  
desidratação; análises realizadas na farinha de banana verde (FBV)**Tabela 2.** Produtos elaborados com farinha de banana verde 18**CAPÍTULO II – CARCTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS 27**  
**FARINHAS DE BANANA VERDE (*MUSA SPP*) OBTIDA POR DOIS**  
**TIPOS DE SECAGEM****Tabela 1.** Rendimento, parâmetros físico-químicos, índice de absorção em 38  
água e óleo da amostra de banana verde *in natura* e das farinhas de banana  
verde convencional FBVC e farinha de banana verde liofilizada FBVL**CAPÍTULO III – PROPRIEDADES FUNCIONAIS E ASPECTOS 50**  
**NUTRICIONAIS DAS FARINHAS DE BANANA VERDE (*MUSA SPP*)**  
**OBTIDA POR DOIS TIPOS DE SECAGEM****Tabela 1.** Teor de amido total, resistente e digerível da banana verde *in natura* 59  
e de suas farinhas obtidas em estufa (FBVC) e por liofilização (FBVL)**Tabela 2.** Capacidade antioxidante (DPPH e FRAP) e teor fenólicos totais da 63  
banana verde *in natura* e das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada  
FBVL

## INTRODUÇÃO GERAL

A bananeira (*Musa* spp.) é uma das fruteiras mais cultivadas nos países de clima tropical e subtropical. Seus frutos representam a quarta mercadoria mais importante comercializada no mundo e, em muitas áreas é considerada o principal produto alimentício (Prestes et. al., 2006).

O Brasil possui destaque no cenário mundial, com produção de sete milhões de toneladas e área plantada de 505 mil hectares, o que coloca o país em segundo lugar em produção e área colhida (FAO, 2013).

O apreço pelas frutas, especialmente da banana, é decorrente do seu elevado valor nutricional e do seu baixo custo comercial. O valor nutricional da banana é evidenciado pelo elevado teor energético e quantidades consideráveis de carboidratos, em torno de 23%, 1,1% proteína, e 0,3%, lipídeos, além de fornecer quantidades significativas de vitaminas A e B e minerais, como o sódio e potássio (Alves et. al, 2013).

Estudos científicos revelam que tanto a casca como a polpa da banana contêm inúmeros compostos com atividade antioxidante e compostos fenólicos, como: catequinas, epicatequina e taninos em maior concentração, bem como vitaminas (Kondo et. al.,2007), além de fitoesteróis (Haslinda et. al., 2009). A banana no estágio de maturação totalmente verde, a banana apresenta uma composição principalmente de água e amido. Durante o amadurecimento, o amido é convertido em açúcares nas formas: glicose (em maior quantidade, frutose e sacarose (Coelho et. al., 2014).

Nos últimos anos, a banana verde tem despertado interesse dos mercados consumidores, pois além dos aspectos nutricionais, destaca-se não só pela presença dos compostos funcionais, em especial pela elevada quantidade de amido resistente (Anyasi et. al., 2015). Estudos clínicos relatam que a fração resistente do amido, têm propriedades semelhantes a das fibras alimentares, às quais apresentam benefícios fisiológicos em humanos, podendo resultar na prevenção de doenças. Logo, como as fibras, o amido resistente contribui para a redução do índice glicêmico dos alimentos, proporcionando uma menor resposta glicêmica e, conseqüentemente, uma menor resposta insulínica, auxiliando no tratamento de diabetes, principalmente do tipo II (Scarminio et. al., 2012).

Apesar desta propriedade, a elevada adstringência e dureza dos frutos imaturos limitam o consumo e a comercialização da banana. A obtenção da farinha, é a principal forma de consumo e utilização, como ingrediente funcional. A farinha de banana verde pode ser utilizada em substituição à farinha de trigo na preparação de massas, pães, bolos, biscoitos,



entre outros, com a vantagem de conferir a esses alimentos os benefícios do amido resistente e de não conter glúten, permitindo o seu consumo pelos celíacos (Zandonadi et. al., 2012).

Dentre as formas de obtenção da farinha de banana verde destaca-se a secagem utilizando-se a estufa com circulação de ar, que é caracterizado processo mais simples e muito aplicável em vegetais. A combinação de altas temperaturas com a circulação do ar permite a desidratação uniforme, evitando acúmulo de áreas mais desidratadas da amostra (Martinez et. al., 2009).

Outro método de desidratação aplicado a vegetais quando se deseja manter ao máximo as características nutricionais e sensoriais do alimento é a liofilização, no qual a água é retirada do alimento sem aplicação de altas temperaturas. O alimento é submetido a câmaras a vácuo em baixas temperaturas, permitindo que os alimentos não sofram degradação no seu valor nutricional. No entanto, a liofilização quando comparado aos demais métodos de desidratação apresenta custos mais elevados (Vieira et. al., 2012).

Apesar da potencialidade do uso da farinha de banana verde (FBV), ainda são poucos os estudos que avaliaram a efeito das técnicas de obtenção, em especial da liofilização nas características físico-químicas, funcionais e morfológicas.

## Referências Bibliográficas

Alves, F.I.S., Medeiros, A.S., Campos, A.C., Abrantes, E.G., & Santos, J.G.R. (2013). Produção da banana nanicão (*Musa sp.*) em função de tipos e doses de biofertilizantes. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*. 8, 58-68.

Anyasi, T.A., Jideani, A.I.O., & Mchau, G.R.A.(2015). Effect of organic acid pretreatment on some physical, functional and antioxidant properties of flour obtained from three unripe banana cultivars. *Food Chemistry*. 172, 515-522.

Coelho, R.G.U., Huezo, A.E.R., Navas, H.C., Jaimes, C.H., Carter, E.J., & Ramirez, J.A. (2014). In vitro digestibilidade, fisicoquímica, térmica e reológica de amidos de banana. *Carbohydrate polymers*. 101, 154-162.

FAO 2013. *Food and Agricultural Organization*. Disponível em <<http://apps.fao.org/page/collections>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2015.

Haslinda, W.H., Cheng, L.H., Chong, L.C., & Noor Aziah, A.A. (2009). Chemical composition and physicochemical properties of green banana (*Musa acuminata* x *balbisiana* Colla cv. Awak) flour. *International al Journal of Food Sciences na Nutrition*, 60, 232-239.

Kondo, S., Kittikorn, M., & Kanlayanarat, S., (2005). Preharvest antioxidant activities of tropical fruit and the effect of low temperature storage on antioxidants and jasmonates. *Postharvest Biology and Technology* 36, 309–318.

Martinez, M.O., Ayerdi, S.S., Acevedo, E.A., Gõni, I., & Pérez, L.A.B. (2009). Unripe banana flour as na ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. *Food chemistry*. 113, 121-126.

Prestes, T.M.V. Zanini, A., & Alves, L.F.A. (2006). Aspectos ecológicos da produção de banana em São Miguel. *Semina: ciências agrárias*. 27, 333-347.

Scarminio, V., Fruet, A.C., Witaicenis, A., Rall, V.L.M., & Stasi, L.C.D. (2012). Dietary intervention with green dwarf banana flour (*Musa AAA*) preventes intestinal inflammation in a trinitrobenzenesulfonic acid. *Nutrition research*. 32, 202-209.

Vieira, A.P., Nicoleti, J.F., & Telis, V.R.N. (2012). Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. *Brazilian Journal os Food Technology*. 15, 50-58.

Zandonadi, R.P., Botelho, R.B.A., Gandolfi, L., Ginani, J.S., Montenegro, F.M., & Pratesi, R. (2012). Green banana pasta: na alternative for gluten-free diets. *Journal of the academy of nutrition and dietetics*. 112, 1068-1072.

## **Objetivo Geral**

Avaliar a composição físico-química, as características morfológicas e as propriedades funcionais da farinha de banana verde, obtida por diferentes processos de desidratação.

## **Objetivos Específicos**

- ✓ Obter farinha de banana verde por desidratação convencional (estufa com circulação de ar) e por liofilização;
- ✓ Determinar a composição centesimal, pH, acidez total, o teor de amido total, índice de absorção em água e de óleo, o perfil de compostos voláteis por CG-MS das farinhas estudadas;
- ✓ Determinar o teor de amido resistente e a atividade antioxidante (DPPH e FRAP), teor de fenólicos totais da banana *in natura* e de suas farinhas;
- ✓ Avaliar as características morfológicas dos grânulos de amido das farinhas obtidas por microscopia de varredura eletrônica de varredura (MEV).

## **Capítulo I**

### **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **Farinha de banana verde como ingrediente funcional em produtos alimentícios**

**Artigo aceito para publicação na Revista Ciência Rural.**

## RESUMO

Nos últimos anos, a banana verde tem despertado interesse do mercado consumidor, pois além do aspecto nutricional, destaca-se a presença de compostos funcionais, em especial o amido resistente. Contudo, sua adstringência limita seu consumo e sua comercialização em forma de farinhas é a principal forma de consumo e utilização, como ingrediente funcional. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os potenciais usos da farinha de banana verde (FBV) na elaboração de produtos alimentícios e os principais métodos de obtenção, e seus efeitos sobre a qualidade físico-química, sensorial e funcional das farinhas obtidas. Fatores como tipo de cultivar ou variedade da fruta, presença ou ausência de casca, técnica de desidratação e condições de operação do equipamento influenciam as características físico-químicas, tecnológicas e funcionais da FBV. A FBV tem sido utilizada como ingrediente funcional na elaboração de diferentes produtos alimentícios, como pão, biscoito *cookie*, pré-mistura de bolo, *snacks*, *nuggets* e, sobretudo, na elaboração de massas alimentícias. De forma geral, o emprego de FBV e produtos alimentícios promove a melhoria de suas propriedades funcionais, devido ao aumento do teor de amido resistente, compostos fenólicos e da atividade antioxidante. A FBV também reduz o teor e a porcentagem de hidrólise do amido digerível e, conseqüentemente, do índice glicêmico dos produtos, que apresentaram potencial para compor a dieta, principalmente de indivíduos diabéticos e obesos. A FBV pode ser amplamente utilizada tanto pela indústria de alimentos (pães, biscoitos, macarrão, etc), como ingrediente na preparação de pratos prontos e na elaboração de produtos cárneos.

**Palavras-chaves:** alimento funcional, amido resistente, *Musa spp.*, propriedades tecnológicas, qualidade sensorial.

## **Green banana flour as a functional ingredient in food products**

### **ABSTRACT**

Recently, the market interest in green banana has raised because its nutritional aspects, mainly functional compounds like resistant starch. However, the adstringency limits green banana consumption hence it has been mostly marketed as flour or starch. The aim of this work was to evaluate the main applications of green banana flour (GBF) in food products and the effects of the main utilized processes on sensorial, physicochemical and functional properties. The cultivar or variety of fruit, presence or absence of peel, type and conditions of dehydration process have influenced on the aforementioned properties of GBF's. It was also verified that the GBF has been utilized as a functional ingredient in different types of food products like breads, cookies, cake pre-mixture, snacks, nuggets and, mainly, pastas. Altogether, the use of GBF in food products enhanced their functional properties, because it improves their resistant starch, total phenolics content and antioxidant capacity. The GBF also reduces the content and hydrolysis of digestible starch and, therefore, glycemic index of these products that show a great potential in nutrition therapy of diabetes mellitus and obesity.

**Key words:** functional ingredient, resistant starch, *Musa spp.*, technological properties, sensorial quality.

## INTRODUÇÃO

A banana (*Musa* sp.) é a fruta tropical mais consumida no mundo (SOUZA et al., 2011), pertencente à família *Musaceae* e apresenta cerca de 30 espécies conhecidas do gênero *Musa* e mais de 700 variedades (ASMAR et al., 2013). Nutritiva, acessível à maioria da população e disponível o ano todo, é o quarto produto alimentar mais consumido no mundo (SOUZA et al., 2011). Além disso, a facilidade de propagação e manejo fazem com que esta fruta seja a mais comercializada mundialmente, apresentando relevância econômica e social, principalmente, nas regiões tropicais (COELHO JÚNIOR, 2013).

Em 2013, o Brasil produziu aproximadamente sete milhões de toneladas, sendo a Região Nordeste a principal produtora (~37%), seguida da Sudeste, com aproximadamente 32% da produção (IBGE, 2013). Em 2011, o consumo médio da fruta foi na ordem de 31 kg/habitante / ano (FAO, 2011) e em relação a sua importância econômica, tolerância à doenças e resistência ao frio, destacam-se as seguintes variedades: Prata, Pacovan, Prata Anã, Maçã, Terra e Nanica (MOTA et al., 2000). Assim, a obtenção de farinhas se apresenta como uma excelente alternativa de geração de emprego e renda nas pequenas propriedades rurais, em que o fruto é produzido.

A boa aceitação da banana madura se deve aos seus aspectos sensoriais e nutricionais, consistindo em fonte energética, devido à presença de carboidratos e de minerais importantes, como o potássio e vitaminas (MATSUURA et al., 2004). Entretanto, apenas nos últimos anos que o fruto verde tem despertado interesse do mercado consumidor, pois além do seu valor nutricional, com quantidades consideráveis de vitaminas B e C, bem como sais minerais, como potássio e cálcio (LEONEL et al., 2011; ASMAR et al., 2013), destacam-se a presença de amido resistente (TRIBESS et al., 2009; ALKARKHI et al., 2011), fitoesteróis, compostos fenólicos (HASLINDA et al., 2009; BERTOLINI et al., 2010; VERNAZA et al., 2011; SARAWONG et al., 2014) e atividade antioxidante (HASLINDA et al., 2009; CHOO & AZIZ, 2010; WANG et al., 2012; SARAWONG et al., 2014).

No estágio de maturação verde, a banana não é consumida, principalmente devido a típica dureza e a sua elevada adstringência, acarretada pela presença de compostos fenólicos solúveis (taninos). Essa adstringência é reduzida durante o processo de amadurecimento, quando ocorre a polimerização destas substâncias e a degradação do amido, levando ao aumento da doçura, da maciez e redução da acidez, característicos da fruta madura. Consequentemente, a obtenção de farinhas é a principal alternativa para assegurar a utilização

dos frutos verdes pela indústria de alimentos (AURORE et al., 2009; BORGES et al., 2009; SARAWONG et al., 2014).

Segundo VERNAZA et al. (2011), a produção de farinha de banana verde (FBV) encontra ampla aplicação na indústria de alimentos, principalmente na elaboração produtos de panificação, produtos dietéticos e alimentos infantis, sendo uma fonte amido resistente e sais minerais, tais como potássio, cálcio, ferro, magnésio e enxofre. Além dos benefícios nutricionais, a produção de FBV contribui na redução das perdas pós-colheita, aumento do tempo de vida de prateleira e na agregação de valor à fruta (BERTOLINI et al., 2010; SANTOS et al., 2010; BEZERRA et al., 2013).

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os principais métodos de obtenção da FBV e seus efeitos sobre a qualidade físico-química, sensorial e funcional das farinhas obtidas e o potencial uso da FBV na elaboração de produtos alimentícios.

## **DESENVOLVIMENTO**

### *Métodos de Obtenção*

A Legislação brasileira define farinha como “*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).

Na obtenção da FBV, fatores como tipo de cultivar ou variedade da fruta (MOTA et al., 2000; NIMSUNG et al., 2007; HASLINDA et al., 2009), presença ou ausência de casca (BEZERRA et al., 2013), técnica de desidratação (PACHECO-DELAHAYE et al., 2008) e condições de operação do equipamento (TORRES et al., 2005; SARAWONG et al., 2014) podem influenciar de forma significativa suas características físico-químicas, tecnológicas e funcionais.

Diversas técnicas para a obtenção da FBV têm sido observadas, conforme apresentado na Tabela 1. Estes estudos abrangem desde o uso de estufas com e sem circulação de ar (NIMSUNG et al., 2007; PACHECO-DELAHAYE et al., 2008; HASLINDA et al., 2009; OVANDO-MARTINEZ et al., 2009; SAIFULLAH et al., 2009; BERTOLINI et al., 2010; BORGES et al., 2010), passando por secadores em bandejas (PACHECO-DELAHAYE et al., 2008; TRIBESS et al., 2009; SANTOS et al., 2010), como também secagem assistida por outras técnicas, como a liofilização, secador de tambor duplo, micro-ondas, leito de jorro e



extrusão (MOTA et al., 2000; PACHECO-DELAHAYE et al., 2008; WANG et al., 2012; BEZERRA et al., 2013 e SARAWONG et al., 2014).

**Tabela 1:** Principais cultivares de banana, métodos e condições de desidratação; análises realizadas na farinha de banana verde (FBV).

Cultivar	Métodos e condições de desidratação	Análises realizadas	Principais resultados observados	Referência
<i>Alukehe</i> e <i>Monthan</i>	NE	- Rendimento; - Composição química.	Rendimento: <i>Alukehel</i> (31,3%) e <i>Monthan</i> (25,5%). Composição química das cultivares: 3,2% de proteína bruta, 1,3% de lipídeos, 3,7% de cinzas, 8,9% de fibra em detergente neutro, 3,8% fibra em detergente ácido, açúcares solúveis (2,8%), amido (70,0%) e polissacarídeos não amiláceos (12,0%).	SUNTHARALINGAM & RAVINDRAN (1993)
Oito tipos*	Liofilização	- Composição química; - Propriedades reológicas.	- Composição química das farinhas: 61-76,5% de amido, 19-23% de amilose, 2,5-3,3% de proteína, 4-6% de umidade, 0,3-0,8% de lipídeos, 2,6-3,5% de cinzas e fibra total 6-15,5%. - As farinhas das variedades Prata anã, Prata comum, Maçã e Ouro da Mata, que durante o resfriamento, em maiores concentrações, o amido apresentou maior tendência à retrogradação ( <i>setback</i> pronunciado); - Farinhas das variedades Nanica, Nanicão e Ouro colatina apresentaram grânulos resistentes à fragmentação mecânica.	MOTA et. al. (2000)
Nanicão	Extrusão/	- Composição centesimal;	- O índice de solubilidade das farinhas aumentou com a	TORRES et. al.

	Umidade inicial da farinha (14,3-25,7%) e temperatura (108-192°C)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taxa de expansão;</li> <li>- Grau de gelatinização;</li> <li>- Viscosidade;</li> <li>- Índices de absorção e solubilidade em água.</li> </ul>	<p>elevação da temperatura e diminuição da umidade do processo;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- As maiores taxas de expansão foram obtidas com temperaturas mais elevadas e umidades mais baixas;</li> <li>- A energia mecânica específica do processo foi reduzida conforme o aumento da umidade e da temperatura de extrusão.</li> </ul>	(2005)
<i>Kluai Khai, Homtong e Namwa</i>	Estufa 50°C/5 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composição centesimal;</li> <li>- Propriedades de pasta e térmicas;</li> <li>- Microscopia eletrônica.</li> </ul>	- A farinha da cultivar <i>Kluai Khai</i> apresentou o maior teor de proteínas, lipídeos e cinzas, temperatura de gelatinização (73,96-86,18°C) e maior viscosidade de pasta que as demais cultivares estudadas.	NIMSUNG et. al. (2007)
<i>Musa paradisiaca</i>	Liofilização, secador de tambor, micro-ondas e secador de bandejas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composição centesimal</li> <li>- Açúcares (total e redutores);</li> <li>- Propriedades reológicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Características das farinhas estudadas;</li> <li>- Comportamento de fluido pseudoplástico;</li> <li>- Farinha obtida por secagem em tambor apresentou características de farinha pré-gelatinizada, sugerindo sua aplicação em produtos instantâneos.</li> </ul>	PACHECO-DELAHAYE et. al. (2008)
<i>Prata</i>	Estufa 70°C por 5 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composição centesimal e valor calórico;</li> <li>- Teores de amido e de vitamina C, pH e acidez total titulável;</li> </ul>	- Teor de amido 72,72 g/100g, proteínas 4,5 g/100g, potássio 1,18 mg fósforo 100 mg, Mg 70 mg, Zn 533,2 mg e Cu 5,5 mg.	BORGES et. al. (2009)

		- Teor de macrominerais (K, P, Ca, Mg, S e N) e de microminerais (B, Cu, Mn, Zn e Fe).		
<i>Cavendish</i>	- Secador de bandejas - Temperaturas estudadas: 52, 55 e 58 °C e velocidade do ar de secagem: 0,6; 1,0 e 1,4 m.s <sup>-1</sup> .	- Análises físico-químicas; - Análises de textura; - Propriedades térmicas; - Amido resistente.	- Farinhas de banana verde submetidas a maior velocidade e temperatura intermediária do ar de secagem apresentaram teor mais elevado de amido resistente.	TRIBESS et. al. (2009)
<i>Cavendish</i>	Estufa 42°C/ 72 horas	- Composição química; - Propriedades térmicas; - Propriedades reológicas; - Teor de fitoesteróis.	- Farinha de polpa e da casca apresentou teor de cinzas, quase três vezes maior na farinha obtida da casca (9,09 g/100g) do que na polpa (3,14 g/100g). - Farinha elaborada com a casca da banana apresentou 105 mg/100g de fitoesteróis totais (FT); 25,9 mg/100g de campesterol, 40,6 mg/100g de estigmasterol e 38,5 mg/100g de β-sitosterol; - Farinhas da polpa apresentou 15,6 mg/100g de FT e 3,5 mg/100g; 3,9 mg/100g e 8,2 mg/100g, respectivamente de campesterol, estigmasterol e β-sitosterol.	BERTOLINI et. al. (2010)

<i>Cavendish</i>	Leito de jorro (80°C e 90 °C)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composição química,</li> <li>- Propriedades físicas (cor, tamanho de partícula);</li> <li>- Propriedades funcionais (viscosidade de pasta, poder inchamento do amido e solubilidade).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presença da casca: acentuou a coloração final da farinha (maior valor L*, a* e b*) e aumentou a viscosidade da pasta;</li> <li>- A presença da casca afetou distribuição do tamanho da partícula da farinha, que apresentou distribuição não uniforme com maior percentual de massa retida em 35 e 80 mesh.</li> </ul>	BEZERRA et. al. (2013)
FBV**	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extrusão/Umidade (20% e 50 %) e</li> <li>velocidade do parafuso (200 rpm 400 rpm)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composição centesimal;</li> <li>- Índice de solubilidade e absorção de água;</li> <li>- Propriedade de pasta;</li> <li>- Fenólicos totais;</li> <li>- Atividade antioxidante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A combinação de maior umidade da farinha (50%) com menor velocidade do parafuso (200 rpm) originou farinhas com maior o teor de amilose, de amido resistente, de fibras totais, índice de absorção de água e viscosidade;</li> <li>- Apenas o índice de solubilidade em água, teor de fenólicos totais e atividade antioxidante não foram favorecidos pela condição de extrusão mencionada.</li> </ul>	SARAWONG et. al. (2014)

NE: Não especificado; FBV: Farinha de banana verde; \*Variedades: Ouro colatina, Nanica, Nanicão, Prata anã, Prata comum, Mysore, Maça e Ouro da mata; \*\*Amostras de Chiquita doadas pela *Brands International Inc*, Costa Rica.

Diferentes cultivares podem afetar o rendimento, as características físico-químicas e morfológicas; propriedades reológicas, térmicas e funcionais de farinhas de banana verde (Tabela 1). SUNTHARALINGAM & RAVINDRAN (1993) verificaram que a cultivar influenciou de maneira mais evidente o rendimento das farinhas, que não tiveram, entretanto, sua composição química afetada de forma significativa. Por outro lado, MOTA et. al. (2000) observaram que o tipo de cultivar influenciou nas propriedades químicas, nas características morfológicas e reológicas do amido da FBV (Tabela 1). O mesmo comportamento foi reportado por NIMSUNG et. al. (2007), para farinhas de banana verde de três cultivares que apresentaram diferenças significativas na composição centesimal, nas propriedades térmicas e reológicas das farinhas avaliadas.

Além do cultivar, o tipo de técnica e as condições utilizadas na obtenção também afetam a composição centesimal, características físico-químicas, propriedades funcionais e reológicas da FBV. PACHECO-DELAHAYE et. al. (2008) constataram que os diferentes métodos de desidratação estudados afetaram significativamente a composição centesimal e as propriedades funcionais e reológicas das diferentes farinhas obtidas (Tabela 1).

BORGES et. al., (2009) obtiveram FBV (cv. Prata), visando o seu aproveitamento na panificação, produtos dietéticos e alimentos infantis (Tabela 1). Os resultados indicaram que o cultivar Prata apresentou elevado potencial para a obtenção de farinhas com elevado teor de amido, proteína, potássio, fósforo, magnésio, zinco e cobre.

TRIBESS et. al. (2009) reportaram o efeito das condições de secagem (temperatura e velocidade do ar) no teor de amido resistente de FBV obtidas em secador de bandeja (Tabela 1). Já em farinhas obtidas pela técnica de extrusão, a interação de importantes parâmetros do processo como a umidade inicial da matéria-prima e velocidade do parafuso da extrusora influenciaram no teor de amilose, índice de absorção de água e de solubilidade, conteúdo de amido resistente, atividade antioxidante, fenólicos totais e nas propriedades de pasta destas farinhas (SARAWONG et al., 2014). O mesmo processo foi utilizado por TORRES et al., (2005), que verificaram que o processo propiciou uma elevada degradação do amido, e que as amostras apresentaram elevado grau de gelatinização em todas as condições estudadas.

Alguns estudos evidenciaram que as partes da fruta utilizadas na elaboração da farinha influenciaram a composição química, propriedades térmicas e reológicas e conteúdo de fitoquímicos bioativos, conforme apresentado na Tabela 1.

O aproveitamento da casca de banana verde para a produção de farinha foi estudado por BERTOLINI et al., (2010), conforme a Tabela 1. Os autores reportaram que a farinha da casca apresentou maior teor de cinzas e de fitoesteróis do que a farinha controle (elaborada

com a polpa da fruta), atribuído aos elevados teores de minerais e de fitoesteróis encontrados na casca da fruta. A farinha da casca apresentou menor viscosidade e maior temperatura de gelatinização do que as elaboradas com a polpa da fruta (Tabela 1). Efeito similar foi reportado por BEZERRA et al., (2013), que estudaram farinhas elaboradas com banana verde com e sem casca pela técnica de secagem em leito de jorro (Tabela 1). A presença da casca da banana influenciou significativamente na composição química, na cor, na viscosidade da pasta e tamanho de partícula da farinha, justificado pela presença de material fibroso da casca. Em especial, a farinha elaborada com a polpa e a casca da banana apresentou menor teor de lipídeos, cinzas e fibras totais, e teores mais elevados de carboidratos, amido total e amido resistente do que a elaborada apenas com a polpa da fruta.

#### *O uso da farinha de banana verde como ingrediente funcional*

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, “o alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais, além de funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, deverá produzir efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para o consumidor sem supervisão médica” (BRASIL, 1999).

O amido resistente, que pode ser definido como parte da molécula do amido que resiste a degradação pela  $\alpha$ -amilase e, conseqüentemente, à digestão no intestino delgado, servindo de substrato para bactérias no cólon de indivíduos saudáveis, pode ser, portanto, considerado um composto funcional (RAMOS et. al., 2009; TRIBESS et. al., 2009).

Quanto à facilidade de absorção do amido pelo intestino delgado, os alimentos podem ser classificados como fontes de: amido de rápida absorção (ARA); amido de lenta absorção (ALA); ou amido resistente (AR). Aproximadamente 75% do peso da farinha de banana verde (FBV) é constituída de amido, dos quais 3% de ARA, 15% de ALA e 57% de AR (ZHANG et al., 2005). A inclusão do amido resistente na dieta humana tem sido associada a redução dos níveis de colesterol LDL (lipoproteína de baixa densidade), assim como a redução de triglicérides na hiperlipidemia. Não sendo digerido no intestino delgado, o amido resistente também pode servir de substrato para o crescimento de microrganismos probióticos, atuando como potencial agente prebiótico (WALTER et. al., 2005).

Além disso, a metabolização desse tipo de carboidrato pelos microrganismos via fermentação, resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta, como acetato, propionato e butirato; gases carbônicos, hidrogênio e, em alguns indivíduos, metano; e diminuição do pH do cólon (WALTER et. al., 2005; BERTOLIN et. al., 2010).

Segundo BEZERRA et. al., (2013), a ingestão de AR na Europa e na América Latina ainda é baixo (3-6 g/dia) em relação ao consumo em outras regiões, como a Ásia (8-19 g/dia). Assim, verifica-se um elevado potencial para o aumento da ingestão deste nutriente nos produtos alimentícios.

O teor de AR nas farinhas varia em função do tipo de cultivar, presença ou ausência de casca, da técnica e da condição de obtenção (RAMOS et. al., 2009; BEZERRA et. al., 2013; SARAWONG et. al., 2014), podendo chegar a até 40% em peso de FBV (ZHANG et. al., 2005; RAMOS et. al., 2009).

Em função do seu elevado teor de amido resistente e de sua ação redutora sobre o índice glicêmico (IG), diversos estudos têm relatado o uso da FBV na elaboração de vários produtos alimentícios conforme pode ser observado na Tabela 2.



**Tabela 2. Produtos elaborados com farinha de banana verde**

Produtos	Análises realizadas	Formulações	Principais resultados observados	Referência
Pré mistura para pão	- Composição química; - Amido disponível (AR); - Amido resistente (RS) e - Taxa de digestão do amido <i>in vitro</i> .	- FT: FBV (90:10).	- Aumento significativo dos teores de umidade, cinzas, proteínas, amido total, amido resistente e fibra dietética, quando comparado ao controle (100% FT).	JUAREZ-GARCIA et. al. (2006)
Biscoito tipo <i>cookie</i>	- Composição química; - Características físicas (diâmetro, espessura e peso) e; - Aceitação sensorial.	- 0% (controle), 10%, 20% e 30% de FBV.	- A composição química dos biscoitos foi similar em relação ao teor de umidade e lipídeos totais; - As maiores diferenças foram verificadas entre os teores de amido, açúcares redutores totais e sais minerais e diâmetro pós-cocção, sugerindo que a FBV alterou as propriedades tecnológicas do produto.	FASOLINI et. al. (2007)
Espaguete	- Composição nutricional; - Cinética da digestão do amido <i>in vitro</i> e - Capacidade antioxidante das amostras.	- 100% de sêmola de trigo duro (controle) e misturas de sêmola: FBV, nas proporções 85:15, 70:30 e 55:45.	- Amostras apresentaram menor teor e % de hidrólise de amido digerível.	OVANDO-MARTINEZ et. al. (2009)
Macarrão	- Cor, pH, resistência à tração e elasticidade, grau de hidrólise do amido <i>in vitro</i> e índice glicêmico	- 90 g de FT 50 mL água destilada, 1 g de sal, 10 g de FBV	- Macarrão com FBV apresentou menor L* e b* valores, e maiores valores de resistência à tração e módulo de elasticidade de macarrão controle.	SAIFULLAH et. al. (2009)

	(IG) das amostras.	e 1 mL água alcalina (KANSUI).		
Pré mistura para bolo	- Determinações de umidade, pH, acidez total titulável, vitamina C, coliformes a 45°C, <i>Bacillus cereus</i> , <i>Salmonella</i> sp., fungos filamentosos e leveduras.	- Substituição da FT por 60% de FBV.	- A quantidade de vitamina C da pré mistura apresentou pequenas variações durante o processo de estocagem, sendo o pH e ATT, os parâmetros mais afetados.	BORGES et. al. (2010)
Macarrão	- Composição centesimal, teor de minerais essenciais, fibra dietética total, amido total, digerível e resistente, grau de hidrólise do amido <i>in vitro</i> e índice glicêmico, atividade antioxidante e aceitação sensorial.	- 30% de FBV em substituição a FT.	- A substituição parcial da FT por FBV promoveu um aumento significativo do conteúdo de minerais essenciais, do teor de fibra dietética total, de amido total e resistente, da atividade antioxidante e do teor de fenólicos totais, quando comparado ao controle (0% de FBV).	CHOO & AZIZ (2010)
Macarrão instantâneo	- Composição centesimal, teor de amido resistente, textura e cor das amostras.	- Adição de 10% de FBV.	- Macarrão com FBV apresentou maior teor de cinzas, fibras e amido resistente, em relação ao controle (FT); - As propriedades reológicas da massa foram alteradas, em razão do enfraquecimento da rede de glúten, mas não comprometeu a extensibilidade e elasticidade do macarrão instantâneo;	VERNAZA et. al. (2011)

			- Macarrão elaborado com FBV apresentou menor valor no parâmetro L* (78,12), indicando uma coloração mais escura do que o controle (92,36).	
<i>Nuggets</i> de frango	- Características físico-químicas, cor, textura e estabilidade das amostras.	- Adição de 0% (controle), 3%, 4% e 5% de FBV.	- A adição de FBV contribuiu para a redução do teor de proteína, lipídeos e valor calórico dos <i>nuggets</i> , mas promoveu o aumento do teor de fibras e cinzas; - As amostras formuladas com FBV apresentaram ligeira alteração da cor (l*, a * e b*); - A textura das amostras foi afetada significativamente e apresentaram maior dureza que o controle.	KUMAR et. al. (2011).
<i>Snacks</i>	- Composição centesimal (umidade; lipídeos; cinzas; fibra total e proteína); - Textura (consistência do gel; crocância; densidade; expansão linear; porosidade); - Fenólicos totais; - Capacidade antioxidante; - Análise sensorial; - Minerais (fósforo; potássio; magnésio e cálcio).	- <i>Snacks</i> de mandioca: 0, 10, 20, 30, 40,50 g de FBV/100g de amido de mandioca  - <i>Snacks</i> de peixe: 0, 5, 10, 15, 20,25 g de FBV/100g amido de mandioca	- A adição de FBV comprometeu as propriedades de textura dos <i>snacks</i> ; - Biscoitos sabor peixe formulados com substituição de até 40 g de FBV/100 g de fécula de mandioca apresentaram boa aceitação sensorial; - Nos <i>snacks</i> de sabor mandioca, a melhor aceitação foi observada nas formulações com até 15 g de FBV/100 g de fécula de mandioca.	WANG et. al (2012)

Biscoito tipo <i>cookie</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composição centesimal (umidade; cinzas; proteína; lipídeos e fibras);</li> <li>- Digestibilidade <i>in vitro</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporções de 0% (controle), 15%, 30% e 50% p/p de FBV.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As amostras formuladas com FBV apresentaram menor teor de proteínas e maiores quantidades de fibras alimentares e de amido resistente, em comparação ao controle (FT).</li> </ul>	AGAMA- ACEVEDO et. al. (2012)
Macarrão	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composição centesimal</li> <li>- Tempo de gelatinização do amido;</li> <li>- Tempo de cocção;</li> <li>- Absorção de água;</li> <li>- Aumento de volume;</li> <li>- Perda de sólidos solúveis;</li> <li>- Rigidez;</li> <li>- Firmeza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 47,5% de FBV;</li> <li>- 31,5% de ovos; 16,4% de água; 2,5% de goma guar e 2,5% de goma xantana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-O macarrão com FBV apresentou uma redução de 98% no teor de lipídeos, aumento no tempo de cozimento, em comparação a amostra controle (FT);</li> <li>-Ampliar a oferta de produtos para pessoas com doença celíaca e contribuir para uma dieta mais diversificada.</li> </ul>	ZANDONADI et. al. (2012)

FBV: Farinha de banana verde; FT: Farinha de trigo.

Pães formulados com FBV (65,08%) apresentaram menor índice glicêmico (IG) significativamente menor do que no pão controle (81,88%) sugerindo, que este produto pode ser utilizado como alternativa para alimentação de indivíduos que apresentam dieta com restrição calórica (JUAREZ-GARCIA et. al., 2006). O mesmo foi observado para macarrão (Tabela 2) elaborado com substituição parcial da farinha de trigo por FBV (SAIFULLAH et. al., 2009). O mesmo produto foi estudado por CHOO & AZIZ (2010) e, conforme o esperado, o macarrão formulado com FBV apresentou menores índices glicêmicos e de digestibilidade de carboidratos. Além disso, as amostras adicionadas de FBV não apresentaram diferenças significativas na aceitação sensorial em comparação às amostras controle. Biscoitos formulados com diferentes % de FBV apresentaram redução do % de hidrólise do amido digerível e, por conseguinte, do IG, refletindo na redução da absorção de glicose, podendo ser indicado para compor a dieta, principalmente de indivíduos diabéticos e obesos (AGAMA-ACEVEDO et. al., 2012).

A adição de FBV também tem contribuído para melhoria das propriedades funcionais. OVANDO-MARTINEZ et. al. (2009) verificaram que a adição de farinha de banana verde aumentou os teores de amido total e resistente, de compostos fenólicos e a atividade antioxidante de espaguete. Em biscoito tipo *snacks*, WANG et. al. (2012) reportaram que a adição de FBV melhorou o valor nutricional, destacando-se os teores de fibra, minerais, polifenóis e a capacidade antioxidante das amostras.

Macarrão instantâneo com propriedades funcionais foi desenvolvido por VERNAZA et. al. (2011), que observaram redução significativa dos teores de gordura e de amido resistente, nas amostras adicionadas de FBV.

A utilização da FBV também foi testada em produtos cárneos, na formulação de *nuggets* de frango por KUMAR et. al. (2011). Os autores destacaram que não foi observada diferença sensorial significativa entre a aceitação global, o aroma, aparência, textura e a suculência do controle e as amostras de *nuggets* formuladas com até 3% de FBV.

Alguns estudos têm relatado que o uso da FBV não tem afetado a qualidade microbiológica (BORGES et. al., 2010) e sensorial (FASOLINI et. al., 2007; CHOO & AZIZ, 2010; ZANDONADI et. al., 2012) dos produtos. Com relação à qualidade microbiológica, a adição de FBV em pré-mistura de bolo não apresentou alterações microbiológicas durante 120 dias de armazenamento, estando em conformidade com a Legislação, segundo BORGES et al. (2010)

Biscoitos tipo *cookie* (Tabela 2) formulados com substituição parcial da farinha de trigo por FBV foram desenvolvidos por FASOLINI et. al. (2007). O teste de aceitação dos

biscoitos indicou que não houve diferença significativa entre as distintas formulações e o controle, com exceção para o biscoito com 30% de FBV, que apresentou menor aceitação entre as crianças.

Macarrão sem glúten elaborado com farinha de banana verde foi desenvolvido por ZANDONADI et. al. (2012). De forma geral, este produto apresentou maior aceitação sensorial (84,5% provadores celíacos e 61,2% provadores sem doença celíaca) do que amostras padrão (53,6% para indivíduos sem doença celíaca). Não houve diferença significativa entre as amostras com farinha de banana e o padrão em termos de aparência, aroma, sabor e qualidade global.

## CONCLUSÃO

A literatura disponível sugere que a farinha de banana verde apresenta propriedades que lhe conferem um grande potencial na indústria de alimentos. O baixo custo e alta disponibilidade da fruta, na forma *in natura*, oferecem um mercado favorável aos produtores de FBV, sobretudo pequenos produtores rurais familiares. Podem ser amplamente utilizadas tanto pela indústria de alimentos (pães, biscoitos, macarrão, etc) como ingrediente na preparação de pratos prontos, tanto pelas conhecidas características das farinhas de banana tradicionais, quanto por serem uma excelente fonte de amido resistente, compostos fenólicos e antioxidantes, além de apresentarem um potencial como fonte de fitoesteróis. Apesar do processo de obtenção ser bastante tradicional, algumas tecnologias alternativas têm sido observadas. Contudo, mesmo na secagem por convecção tradicional, há controvérsia na definição das condições de operação e na qualidade das farinhas, Portanto, ainda são necessários esforços na melhor compreensão do efeito dos processos nos aspectos sensoriais, físico-químicos e nutricionais das farinhas de banana verde.

## REFERÊNCIAS

- AGAMA-ACEVEDO et al. Starch digestibility and glycemic index of cookies partially substituted with unripe banana flour. **LWT-Food Science and Technology**, v.46, p.177-182, 2012.
- ALKARKHI, A.F. et al. Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flour prepared from green and ripe fruits. **Food Chemistry**, v.129, p.312-318, 2011.
- ASMAR, S.A. et al. Changes in leaf anatomy and photosynthesis of micropropagated banana plantlets under silicon sources. **Scientia Horticulturae**, v.161, p. 328-332, 2013.
- AUORE, G. et al. Bananas, raw materials for making processed food products. **Trends in Food Science & Technology**, v.20, p. 78-91, 2009.
- BERTOLINI, A.C. et al. Rheological and functional properties of flours from banana pulp and peel. **Starch/Starke**, v.62, p. 277-284, 2010.
- BEZERRA C.V. et al. 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, A.M. et al. Estabilidade da pré-mistura de bolo com 60% de farinha de banana verde. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.1, p.173-181, 2010.
- BORGES, A.M. et al. Green banana flour characterization. **Food Science and Technology**, v.29, n.2, p.333-339, 2009.
- BRASIL. Resolução nº 19, de 30 de Abril de 1999. Regulamento técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem. Seção 1, p.11. 1999c. Acesso em: 04 Fev 2014.
- BRASIL. Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para misturas para o preparo de alimento e alimentos pronto para o consumo. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>> Acesso em: 22 Jan. 2013.
- CHOO, C.L.; AZIZ, N.A.A. Effects of banana flour and  $\beta$ -glucan on the nutritional and sensory evaluation of noodles. **Food Chemistry**, v.119, p.34-40, 2010.
- COELHO JÚNIOR, L.M.C. Concentração regional do valor de produção da banana do Paraná, Brasil (1995 a 2010). **Ciência Rural**, v.43, n.12, p.2304-2310, 2013.
- FAO - Food and Agriculture Organization. (2011). Consumo. <http://faostat.fao.org/site/609/DesktopDefault.aspx?PageID=609#ancor>. Acesso em junho de 2014.
- FASOLIN, L.H. et al. Biscoitos produzidos com farinha de banana verde: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.524-529, 2007.

- HASLINDA, W.H. et al. Chemical composition and physicochemical properties of green banana (*Musa acuminata* x *balbisiana colla* cv. Awak) flour. **International journal of food sciences and nutrition**, v.60, n.4, p.232-239, 2009.
- IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22 dez. 2013.
- JUAREZ-GARCIA et al. Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.61, p.131-137, 2006.
- KUMAR et al. Quality and storability of chicken nuggets formulated with Green and soybean hulls flours. **Journal Food Science Technology**, v.50, n.6, 2011.
- LEONEL, M. et al. Extração e Caracterização do Amido de Diferentes Genótipos de Bananeira. **Revista brasileira de fruticultura**, v.33, p.599-605, 2011.
- MATSUURA, F.C.A.U.; et al. Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, n. 26, p. 48-52, 2004.
- MOTA, R.V.; et al. Composition and functional properties of banana flour from different varieties. **Starch/starke**, n.52, p.63-68, 2000.
- NINSUNG, P. et al. Compositions, morphological and thermal properties of green banana flour and starch. **Kasetsart J.**, v.41, p.324-330, 2007.
- OVANDO-MARTINEZ, M. et al. Unripe banana flour as an ingredient to increase the indigestible carbohydrates of pasta. **Food Chemistry**, v.113, p.121-126, 2009.
- PACHECO-DELAHAYE et al. Production and characterization of unripe plantain (*Musa paradisiacal* L.) flours. **Interciência**, v.33, n.4, p. 290-296, 2008.
- RAMOS, D.P. et al. Resistant starch in Green banana flour. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v.20, n.3, p.479-483, 2009.
- SAIFULLAH, R., et al. Utilization of Green flour as a functional ingredient in yellow noodle. **International Food Research Journal**, v.16, p.373-379, 2009.
- SANTOS, J.C. et al. Processamento e avaliação da estabilidade da farinha de banana verde. **Exacta**, v.8, n.2, p. 219-224, 2010.
- SARAWONG, C. et al. Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. **Food chemistry**, v.143, p.33-39, 2014.
- SOUZA et al. Crescimento e produção de genótipos de bananeiras em clima subtropical. **Ciência Rural**, v.41, n.4, p.581-591, 2011.



- SUNTHARALINGAM, S.; RAVINDRAM, G. Physical and biochemical properties of green banana flour. **Plant food for human nutrition**, v.43, p.19-27, 1993.
- TORRES et al. Efeito da umidade e da temperatura no processamento de farinha de farinha de banana verde (*Musa acuminata*, grupo AAA) por extrusão termoplástica. **Boletim. CEPPA**, v.23, n.2, p.273-290, 2005.
- TRIBESS, T.B. et al. Thermal proprieties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. **LWT- Food Science and Technology**, v.42, p.1022-1025, 2009.
- VERNAZA, G.V. et al. Addition of green banana flour to instant noodles: Rheological and technological properties. **Ciências e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1157-1165, 2011.
- WALTER, M. et al. Amido resistente: Características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodológicas de quantificação. **Ciência Rural**, v.35, n.4, p.974-980, 2005.
- WANG, Y. et al. Influence of Green banana flour substitution for cassava starch on the nutrition color, texture and sensory quality in two types of snacks. **LWT-Food Science and Technology**, v.47, p.175-182, 2012.
- ZANDONADI, R.P. et al. Green banana pasta: An alternative for gluten-free diets. **Journal of the academy of nutrition and dietetics**, v.112, n.7, p 1068-1072, 2012.
- ZHANG, P. et al. Resistant Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility - A review. **Carbohydrate Polymers**, v.59, p.443-458, 2005.

## **Capítulo II**

**Caracterização físico-química e morfológica das farinhas de banana verde (*Musa spp*)  
obtida por dois diferentes tipos de secagem**

**Manuscrito que será enviado para a Revista Ciência Rural**

## **Caracterização físico-química e morfológica das farinhas de banana verde (*Musa spp*) obtida por dois diferentes tipos de secagem**

Andréa dos Anjos Silva<sup>a</sup>, Adriano Gomes Cruz<sup>b</sup>, Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Mestranda em Ciência e Tecnologia do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), Instituto de Tecnologia (IT), BR 465, 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: [anjosnutri@gmail.com](mailto:anjosnutri@gmail.com); autor correspondente.

Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Rua Pereira de Almeida, 88 - Praça da Bandeira, Rio de Janeiro - RJ, 20260-100, Brasil. E-mail: [adriano.cruz@ifrj.edu.br](mailto:adriano.cruz@ifrj.edu.br).

<sup>c</sup>Docente do Departamento de Tecnologia de alimentos (DTA), Instituto de Tecnologia (IT), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), BR-465, km 7, 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: [mivone@gmail.com](mailto:mivone@gmail.com).

### **Resumo**

A cultura da banana (*musa spp.*) é importante econômica e socialmente, por ser um alimento apreciado pela população brasileira de baixa renda devido a facilidade do cultivo e abundância, consequentemente preço acessível, além do elevado valor nutricional. A banana verde é um alimento versátil podendo ser utilizada sob a forma de farinha e de biomassa. Os objetivos do presente estudo foram a obtenção de farinha de banana verde por desidratação convencional (FBVC) em estufa e por liofilização (FBVL) da cultivar (*Prata*) e avaliação do rendimento, das características físico-químicas, morfológicas, índices de absorção em água (IAA) e de óleo (IAO) e o perfil de compostos voláteis. A FBVC apresentou rendimento ligeiramente maior em relação à amostra FBVL. No entanto, a composição química das farinhas FBVC e FBVL não diferiu significativamente ( $p > 0,05$ ) em relação aos percentuais de umidade, cinzas, proteína, lipídeos e carboidrato. Entretanto, as amostras FBVC e FBVL apresentaram maior IAA que IAO. Por outro lado, foi possível identificar vinte e uma classe de compostos voláteis nas amostras FBVC e FBVL e observar que os grânulos de amido das farinhas de banana verde obtidas apresentaram característica semelhante à reportados na literatura. Desta forma, a produção de farinha de banana verde é viável tecnologicamente pelos métodos de desidratação em estufa e por liofilização.

Palavras-chaves: banana verde, farinha, propriedades físico-química.

### Abstract

The culture of banana (*Musa* spp.) is important economically and socially, for a food appreciated by Brazilian low-income population because of the ease of cultivation and plenty consequently affordable price, in addition to the high nutritional value. The green banana is a versatile food can be used as or flour and biomass. The aim of this study was to obtain green banana flour by conventional dehydration (FBVC) in oven and freezer-drier (FBVL) cultivar (*Prata*) and the performance evaluation, the physico-chemical, morphological, water absorption rates (RWA) and oil (RWO) and the profile of volatile compounds. The FBVC flour showed slightly higher yield compared to the sample FBVL. However, the chemical composition of FBVC and FBVL meal did not differ significantly ( $p > 0.05$ ) in relation to the moisture percentage, ash, protein, lipids and carbohydrates. However, FBVC and FBVL samples showed higher RWA than RWO. Moreover, it was possible to identify twenty-one class of volatile compounds in FBVC and FBVL samples and observed the granules of the obtained green banana flour showed characteristic similar to that reported in the literature. Thus, green banana flour production is viable by the methods of dehydration in an oven and freezer-drier.

.Keywords: green banana, flour, physicochemical properties.

## 1. Introdução

A banana (*Musa sp.*) é uma fruta muito apreciada e consumida no mundo devido ao seu elevado valor nutricional e baixo custo comercial (Aziz et. al., 2011). O fruto no estágio de maturação totalmente verde não é consumido, principalmente devido à típica dureza e elevada adstringência (Auore et. al. 2009) contendo percentual considerável de amido e baixo nível de doçura. À medida que o fruto amadurece o amido presente no fruto é convertido em açúcares, conferindo doçura característica do fruto maduro (Wang et.al., 2014).

Cerca de sete milhões de toneladas de banana são produzidas a cada ano no Brasil, o que corresponde a 7,8% da produção mundial (IBGE, 2013). No Brasil, grandes quantidades de frutos são perdidas durante a comercialização e no manuseio pós-colheita, cerca de 40% da produção no Brasil é perdida ainda no trajeto da agricultura ao comércio (Izidoro et. al., 2007).

As perdas podem ser reduzidas através de alternativas tecnológicas aplicadas aos frutos rejeitados, inclusive nos verdes, agregando o valor nutricional da fruta a outros produtos alimentícios (Saguilán et. al, 2007).

Uma das estratégias econômicas para minimizar as perdas com frutos inadequados ao consumo e aumentar a utilização da banana é a produção de farinha (Saifullah et. al., 2009). No caso da banana verde, a obtenção de farinha tem sido uma alternativa capaz de assegurar a utilização dos frutos neste estágio de maturação na indústria de alimentos (Aurore et. al. 2009; Sarawong et. al. 2014), devido ao seu elevado percentual de amido, podendo ser incorporado a vários produtos como pães, biscoitos, macarrão e bolos (Saiguilan et. al. 2007).

A desidratação é um dos mais antigos métodos de conservação de alimentos, assim sendo produzir farinha de banana verde, pode ser uma contribuição na redução das perdas e permitir que a indústria de alimentos armazene o produto de melhor forma (Pacheco-Delahaye et. al. 2008).

A maioria dos estudos aborda o uso de estufa ou de secadores de bandeja com e sem circulação de ar na obtenção da farinha, devido sua fácil aplicabilidade. De forma geral, o uso dessas técnicas exige o monitoramento constante dos parâmetros de temperatura e umidade do processo, já que os mesmos influenciam nas características tecnológicas, sensoriais, morfológicas e funcionais da farinha (Bezerra et. al. 2013).

Outra técnica de interesse para desidratar vegetais tem sido a liofilização, uma alternativa capaz de conservar as propriedades físico-químicas originais do alimento, uma vez que o processamento não utiliza elevadas temperaturas (Mota, 2000). Neste processo, o alimento é previamente congelado e, em seguida, desidratado à temperatura de congelamento por meio

de sublimação. Segundo Martins (2011), o uso desta tecnologia propicia a desidratação dos alimentos sem maiores alterações nos atributos sabor e aroma.

Apesar do potencial destas técnicas, ainda são poucos os trabalhos que avaliaram sua aplicação na desidratação de banana verde, bem como a caracterização físico-química e morfológica da farinha obtida deste fruto.

O objetivo deste trabalho foi obter farinha de banana verde por diferentes processos de desidratação e caracterizar as propriedades físico-química, compostos voláteis e características morfológicas dos grânulos.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Preparação das farinhas de banana verde**

Dois diferentes lotes de bananas (*Musa* grupo AAB) da variedade prata em estágio de maturação totalmente verde (Aurore et al., 2009) e com cerca de 34 mm de diâmetro, foram adquiridos de um agricultor familiar da região de Cacaria, 2º Distrito de Pirai – RJ (coordenadas UTM: 618.472,012 leste e 7.485.683,817 norte).

### **2.2. Obtenção das farinhas de banana verde**

Os frutos foram lavados, higienizados e descascados após 24 horas de colheita. Para inibir o escurecimento enzimático, os frutos foram submersos em água gelada por quinze minutos, drenados e separados em três partes, sendo uma parte submetida a secagem em estufa (Modelo PE 14 – Pardal, Brasil) por 16 horas à temperatura de 65°C, segundo metodologia adaptada por Borges & Lucena (2009). A outra parte foi desidratada em liofilizador (modelo L 101, LioTop - LIOBRAS). Inicialmente as amostras de banana foram previamente congeladas à temperatura de -15°C e por 24 horas. Após este período, as frutas foram liofilizadas sob pressão de 62µHg e temperatura -52°C, segundo Pacheco-Delahaye et. al. (2008). A terceira (parte sem processo de desidratação) foi armazenada sob temperatura de congelamento até a realização das análises.

As bananas desidratadas em estufa ou liofilizadas foram trituradas em multiprocessador de uso doméstico (Modelo RI 7625 - PHILIPS, Brasil), peneiradas (900 mm), resultando nas farinhas de banana convencional (estufa) (FBC) e liofilizada (FBL), respectivamente. As farinhas obtidas foram acondicionadas em potes de vidro com tampa rosqueada e mantidas sob temperatura de congelamento em freezer até a realização das análises.

## 2.3. Análises

### 2.3.1. Rendimento das farinhas de banana verde convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL

O rendimento das farinhas liofilizada e convencional foi calculado segundo os teores de umidade perdidos pela desidratação, determinados de acordo com *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2008), conforme Equação 1:

$$\text{Rendimento \%} = \frac{P-p}{p} \cdot 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

P = massa (g) da amostra antes da desidratação

p = massa (g) da amostra desidratada

### 2.3.2. Composição centesimal, pH e acidez da banana verde *in natura* e das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL

Para determinação da composição centesimal da banana verde *in natura* e das farinhas convencional e liofilizada foram realizadas análises do percentual de umidade, resíduo mineral fixo (cinzas), quantificação de proteínas, lipídeos de acordo com *Association of Official Analytical Chemists - AOAC* (2008) e carboidratos por diferença conforme Santos et. al. (2011).

#### 2.3.2.1. Umidade

A umidade foi determinada através da perda de massa por dessecação (umidade), a partir de secagem direta em estufa sem circulação e renovação de ar, a temperatura de 105°C.

A amostra (aproximadamente 5 g) foi pesada em uma cápsula de porcelana previamente tarado. Em seguida as amostras foram submetidas à desidratação por 7 horas e então resfriadas em dessecador, até que fosse verificado peso constante.

A Equação 2 foi utilizada para cálculo do teor de umidade (%):

$$\text{Umidade \%} = \frac{P-p}{P} \cdot 100 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

p = massa (g) da amostra seca (após ser retirada da estufa e resfriada em dessecador)

P = massa (g) da amostra (antes de ser colocada na estufa).

### 2.3.2.2. Cinzas

Para obtenção do resíduo inorgânico (cinzas) foram pesados, aproximadamente 1g da amostra em um cadinho de porcelana previamente tarado (com vistas à eliminação do teor de umidade da vidraria).

As vidrarias foram identificadas com grafite e mantidas em estufa sem circulação de ar durante uma hora, depois resfriadas em dessecador até alcançar a temperatura ambiente. Após o resfriamento, os cadinhos foram pesados vazios e depois com as amostras. Os cadinhos com as amostras foram submetidos a temperatura de 550°C em mufla para incineração das amostras durante quatro horas.

Após etapa de incineração os cadinhos contendo as amostras foram resfriados em dessecadores até alcançar a temperatura ambiente e em seguida pesados. Para obter a massa dos compostos minerais, foi calculado a diferença entre o cadinho contendo a amostra incinerada pelo peso do cadinho sem a amostra pesado inicialmente.

A Equação 3 será usada para cálculo do teor de resíduo mineral fixo (%):

$$\text{Cinzas \%} = \frac{100 \cdot N}{P} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

N = massa (g) de cinzas

P = massa (g) da amostra

### 2.3.2.3. Proteína

A metodologia utilizada para determinação do percentual total de proteínas, foi através do método de Kjeldahl segundo a *Association of Official Analytical Chemists - AOAC* (2008). Inicialmente foram separadas em ~0,500g de amostra e embaladas em papel de seda, em seguida transferidas para um tubo de 50 mL. Foram adicionados 10 mL de ácido sulfúrico PA e cerca de 0,5g da mistura catalítica, em cada tubo, que foram então aquecidos em bloco digestor, na capela (com exaustão). A temperatura foi aumentada de forma gradativa, sendo inicialmente as amostras submetidas a 50°C, com elevação de 30°C a cada trinta minutos até 350°C. O aquecimento foi mantido no bloco digestor até que os conteúdos dos tubos tornaram-se transparentes e livres de material não digerido.

A Equação 4 foi usada para cálculo do teor de proteínas (%):

$$\text{Proteína m/m\%} = \frac{V \cdot 0,14 \cdot f}{P} \quad \text{Equação 4}$$



Sendo:

V = diferença entre o volume (mL) de ácido sulfúrico 0,05 M e o volume (mL) de hidróxido de sódio 0,1 M gastos na titulação

P = massa (g) inicial da amostra

f = fator de conversão (5,75)

#### 2.3.2.4. Lipídeos

A amostra (~2g) foi pesada em cartucho de Soxhlet previamente desengordurado e transferido para o aparelho extrator tipo Soxhlet, onde foi o mesmo foi acoplado ao balão de fundo chato previamente tarado a 105°C. Aos extratores foram adicionado éter de petróleo juntamente do cartucho com a amostra e mantidos em aquecimento (chapa elétrica) para extração contínua por seis horas. Em seguida o balão livre de solvente foi mantido uma estufa a 105°C, durante quatro horas, até eliminação do conteúdo residual do solvente no balão. Após o período de quatro horas em estufa, as vidrarias foram mantidas em dessecador até alcançar a temperatura ambiente e pesados, em balança analítica.

A Equação 5 foi usada para cálculo do teor de lipídios (%):

$$\text{Lipídeo \% m/m} = \frac{100 \cdot N}{P} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

N = massa (g) de lipídios

P = massa (g) da amostra

#### 2.3.2.5. Carboidratos totais

Os teores de carboidratos das amostras foram calculados pela diferença entre 100% de cada amostra e a soma total dos valores encontrados nas análises para determinar proteínas, lipídios, cinzas e umidade de acordo como descrito por Santos et. al. (2010).

A Equação 6 foi empregada na determinação do % de carboidratos totais:

$$\% \text{ Carboidrato} = 100 - \sum(\text{Proteína} + \text{Lipídeo} + \text{Umidade} + \text{Cinzas}) \quad \text{Equação 6}$$

### 2.3.2.6. pH

O pH foi determinado por determinação direta utilizando pHmetro (Modelo PH-009 – Pometer). Para ta, a amostra (~10g) foi solubilizada em 90 mL de água destilada em um erlenmeyer, conforme AOAC (2008), e em seguida foi realizada a leitura no equipamento.

### 2.3.2.7. Acidez titulável

Em erlenmeyers foram adicionados 10 mL de solução (10g de amostra + 90 mL de água destilada) e duas gotas de fenolftaleína. A solução fatorada de NaOH a 0,1N foi adicionada gota a gota até leve mudança da cor inicial para rosa. Com auxílio do pHmetro (Modelo PH-009 – Pometer) foi verificado o momento quando a solução foi neutralizada.

A partir do volume de base gasto nessa titulação a acidez foi calculada, segundo a Equação 7:

$$\text{Acidez \%} = \frac{V \cdot f}{P} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

V = volume (mL) gasto de solução de NaOH na titulação

f = fator de correção da base

P = massa (g) da amostra

### 2.3.3. Determinação do perfil de voláteis por CG-MS das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL

A determinação do perfil volátil das farinhas estudadas foi realizada segundo Nascimento Junior (2008). A análise por CG-EM foi realizada em um instrumento Agilent 5973 (Palo Alto, EUA), com impacto de elétrons a 70 eV, coluna DB-1 metilpolisiloxano (30 m x 0,25 mm x 1,0 µm; Hewlett Packard Co., PA, EUA), modo de injeção sem divisão de fluxo por meio minuto, gás carreador hélio, pressão constante de 4,5 psi, temperatura do injetor de 240°C e temperatura da linha de transferência de 280°C. Programação de temperatura: temperatura inicial de 35°C por 8 minutos, rampa de aquecimento de 3°C min<sup>-1</sup> até 150°C e isoterma de 5 minutos.

### 2.3.4. Índice de absorção de água (IAA) e de óleo (IAO) das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL

O índice de absorção de água (IAA) foi determinado de acordo com metodologia adaptada por Soto et al. (2007). As amostras FBVC e FBVL (~0,83g em base seca) foram pesadas em tubos previamente tarados. Em seguida, foram adicionados aos tubos de 10 mL de água à 28°C. Os tubos foram agitados durante 30 minutos no agitador mecânico (shaker) e centrifugados por 10 minutos à 300 rpm. Após centrifugação, uma alíquota de 3,33 mL do líquido sobrenadante foram recolhidos e submetidos a secagem à estufa 105°C em cadinhos durante 8 horas. O tubo com o gel remanescente foi pesado (PGR – Peso do Gel Remanescente) e para o Peso do Resíduo da Evaporação (PRE) foi obtido pela diferença entre o peso inicial do cadinho (multiplicado três vezes) pelo peso do resíduo da centrifugação.

O IAA foi expresso em g gel / g de amostra seca e foi calculado conforme a Equação 8:

$$IAA = \frac{PRC \cdot 100}{PA} - PRE \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

PRC = peso de resíduo de centrifugação (g)

PA = peso da amostra (base seca)

PRE = peso de resíduo de evaporação (g)

Para o índice de absorção em óleo (IAO) foi pesada um 1 g amostra em tubo de centrifugação previamente tarados e adicionados 25 mL de óleo de canola a 25°C, segundo metodologia adaptada de Ambriz et.al. (2008). A mistura permaneceu em agitação constante durante 30 minutos em agitador mecânico (shaker) e centrifugados a 2500 rpm por um período de 10 minutos. O líquido (óleo) sobrenadante de cada tubo de amostra foi descartado e tubo com o resíduo da centrifugação foi pesado. Para determinar o peso da massa do resíduo insolúvel, o peso do tubo com o resíduo foi descontado pelo peso inicial do tubo sem amostra.

IAO expresso em gramas de óleo por grama de matéria seca e foi obtido pela Equação 9:

$$IAO = \frac{\text{massa do resíduo insolúvel}}{\text{Massa da amostra seca}} \quad \text{Equação 9}$$

### **2.3.5. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das farinhas de banana verde convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL**

Caracterização morfológica da análise do formato, tamanho (diâmetro maior e menor) e distribuição dos grânulos de amido das amostras de farinha foram realizadas de acordo com a metodologia adaptada de Paul, Kanny, & Redhi (2015), no microscópio *Scanning Electron Microscope* (modelo JEOL JSM – 6490LV) com uma tensão de 30 Kv. As amostras foram fixadas aos *stubs* com o uso de uma cola condutora e, em seguida, metalizadas com ouro.

Para este estudo, as fotomicrografias foram ampliadas 600 vezes, bem como as dimensões dos componentes presentes nas amostras e foram registradas com auxílio de um *software* acoplado ao equipamento, sendo os tamanhos das estruturas determinados através de uma escala de medida da fotografia eletrônica.

### **2.4. Análise estatística**

Todas as análises foram realizadas em triplicatas e os resultados foram expressos em valores médios  $\pm$  desvio padrão. A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância (ANOVA) e teste Tukey ao nível de 5% de significância, para comparação das médias.

## **3. Resultados e discussão**

### **3.1. Rendimento e caracterização e físico-química da farinha de banana verde FBVC e FBVL**

Na Tabela 1 estão apresentados o rendimento, a composição centesimal, o pH, acidez total, do IAA e IAO da banana *in natura* e das farinhas convencional (estufa) (FBVC) e liofilizada (FBVL).

O rendimento das farinhas de banana verde convencional e liofilizada foram semelhantes (Tabela 1).

**Tabela 1.** Rendimento, parâmetros físico-químicos, índice de absorção em água e óleo da amostra de banana verde *in natura* e das farinhas de banana verde convencional (FBVC) e farinha de banana verde liofilizada (FBVL)

Amostras*	Rendimento (%)	Análises físico-químicas (%)								IAA (g gel / g amostra seca)	(IAO g/g amostra seca)
		Umidade	Cinza	Proteínas	Lipídeos	Carboidrato	Acidez	pH			
<i>In natura</i>	N*	60,72±0,32 <sup>a</sup>	1,65±0,21 <sup>b</sup>	3,37±0,14 <sup>a</sup>	0,28±0,02 <sup>b</sup>	33,87±0,04 <sup>b</sup>	0,63±0,86 <sup>a</sup>	5,06±0,03 <sup>b</sup>	-	-	
FBVC	30	5,16±0,69 <sup>b</sup>	3,25±0,14 <sup>a</sup>	4,05±0,22 <sup>a</sup>	0,12±0,01 <sup>a</sup>	87,13±0,61 <sup>a</sup>	0,69±0,65 <sup>a</sup>	6,35±0,07 <sup>a</sup>	2,86±0,211 <sup>a</sup>	1,65±0,02 <sup>b</sup>	
FBVL	27	6,32±0,65 <sup>b</sup>	2,60±0,26 <sup>a</sup>	3,21±0,19 <sup>a</sup>	0,25±0,05 <sup>b</sup>	84,21±0,94 <sup>a</sup>	0,71±0,85 <sup>a</sup>	6,15±0,07 <sup>a</sup>	2,62±0,206 <sup>a</sup>	2,08±0,083 <sup>a</sup>	

N\*= Não foi calculado rendimento para amostra *in natura*; valores expressos em base seca; obtidos por média com expoente de diferença de significância ( $p>0,05$ ) entre as médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença estatística significativa; amostras analisadas de dois lotes diferentes.

FBVC – Farinha de banana verde convencional (estufa); FBVL – Farinha de banana verde liofilizada; IAA – Índice de absorção em água; IAO – Índice de absorção em óleo.

Os percentuais observados foram semelhantes aos reportados por Fasolin et. al. (2007), que obtiveram 33% de rendimento para a farinha de banana (*Musa cavendish anã*) verde, produzida de forma convencional (estufa) sob as mesmas condições do presente trabalho. Delahaye et. al. (2008) reportaram percentual de rendimento ligeiramente menor (25%) para a farinha de banana (*Musa paradisíaca*) desidratada em tambor duplo a 125°C com velocidade de 4 rpm e 60 psi de pressão. Bertolini et. al. (2010) produziram farinha de banana (*Musa acuminata Colla variedade Nanicão*) verde em estufa a 42°C por 72 horas a partir de uma amostra com pré-tratamento com ácido cítrico e outra sem pré-tratamento. Como resultado, obtiveram rendimento de 28% e 30% respectivamente.

O estudo elaborado por Alkakhil et al. (2011) avaliou as características físico-químicas de farinhas das cascas e polpas de bananas verdes e maduras. Para obtenção das farinhas os autores desidrataram as cascas e polpas em estufa a 60°C durante 8 horas e observaram um rendimento superior na farinha da polpa verde (15,96%) em relação a madura (11,85%), que foram superiores ao observado tanto na farinha de banana verde convencional (estufa) (5,16%), como na farinha de banana verde liofilizada (6,32%) do presente trabalho

O percentual de umidade observado entre as amostras FBVC e FBVL (Tabela 1) diferiu significativamente ( $p > 0,05$ ) da amostra de banana verde *in natura*. No entanto, não foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nas amostras da farinha de banana verde estudadas.

O percentual de umidade observado de 60,72% da amostra *in natura* (Tabela 1) foi semelhante ao valor reportado por Giami & Alu (1994). Os autores citados relataram valor médio de 60% de umidade em amostra de banana verde (*Musa sp.* Grupo AAB) *in natura* em três estágios de maturação (totalmente verde, verde com traços amarelo e maduro).

Já para as farinhas, Delahaye et. al.(2008) utilizaram quatro diferentes processos de desidratação em banana verde (*Musa paradisíaca normalis*): Liofilização (pré-congelamento dos frutos a -18°C e posterior liofilização por 5 horas), secadores de tambor duplo (125°C com velocidade de 4 rpm e 60 psi de pressão), micro-ondas (85°C por 4 minutos) e estufa com circulação de ar (70°C por 3 horas), para obter farinha de banana verde e caracteriza-las quanto aos parâmetros físico-químicos. Observando os resultados apresentados pelos autores, notou-se que o percentual (11,75%) de umidade na farinha verde obtida por secagem em estufa foi superior a amostra FBVC (5,16%) do

presente trabalho (Tabela 1). Já para as amostras liofilizadas obtiveram percentual (2,36%) de umidade que foi inferior ao observado na amostra FVCL (6,32%) do presente estudo. Cabe destacar que há carência na Literatura de que abordam a caracterização centesimal e físico-química de farinha de banana verde liofilizada.

No estudo de Bertolini et. al.(2010), a farinha de banana verde cultivar (*Musa acuminata Colla var. Nanicão*) obtida por método convencional em estufa (42°C durante 72 horas) apresentou 9,50% de umidade, ou seja, bastante superior ao valor da FBVC do presente estudo (Tabela 1).

Por outro lado, Ramli et. al.(2009) produziram farinha de banana (*Musa auminata e cavendshi*) verde e madura, desidratando os frutos a 60°C por 10 horas. Tais autores obtiveram percentuais ligeiramente superiores ao do presente estudo, 7,21% para a variedade *cavendshi* no fruto verde e 6,52% para variedade *acumminata* no fruto verde. Comportamento semelhante foi relatado por Fasolin et. al. (2009), que produziram farinha de banana verde (*Musa Cavendish variedade anã*) estufa a 70°C por 9 horas e reportaram 7,55% de umidade.

No parâmetro cinzas, a amostra de banana verde *in natura* apresentou 1,65% diferente significativa ( $p>0,05$ ) em relação as farinhas FBVC (3,35%) e FBVL (2,60%) (tabela 1). Os resultados foram consistentes a faixa de 3,9% a 4,4% de cinzas reportado por Ambriz et al. (2008) em farinha de banana (*Musa grupo AAB*) verde obtida em estufa a 50°C, vale ressaltar que o tempo de desidratação não foi citado pelos autores. No entanto, para amostra *in natura* o percentual de 1,65% de cinzas foi inferior ao reportado por Alves et. al. (2011) em frutos de banana maduro *in natura*.

Quanto ao percentual de proteínas, a amostra de banana verde *in natura* não apresentou diferença significativa ( $p>0,05$ ) em relação às farinhas FBVC e FBVL conforme (Tabela 1). Ramli et.al. (2009) e Fasolin et.al. (2007), observaram percentuais de proteína (3,75%; 3,49%) e (4,54%), respectivamente, os quais foram ligeiramente inferiores aos observado na amostra FBVC (4,05%) e FBVL (3,24%).

Os percentuais de lipídeos das amostras FBVC (0,12%) e FBVL (0,25%) apresentaram resultados inferior aos observados por Ramli et. al. (2009) (0,36%; 0,33%) nas farinhas de banana verde (*Musa Cavendish e Acuminata*). Os valores de lipídeos observados no presente também foram inferiores ao reportado por Fasolin et. al. (2007) que obtiveram percentual de 1,89% de lipídeos em farinha de banana verde.

O percentual de carboidrato total da amostra *in natura* de banana verde (33,87%) diferiu significativamente ( $p>0,05$ ) em relação às amostras de farinha de banana verde convencional (87,13%) e liofilizada (84,21%).

Santos et. al. (2010) obtiveram farinha de banana verde obtida em estufa a 40°C por 24 horas a partir do cultivar prata e da matéria prima *in natura*. Na amostra *in natura*, (Tabela 1) os autores observaram percentual de 27,48% carboidrato, inferior à amostra *in natura* do presente estudo (Tabela 1). Por outro lado, avaliando a estabilidade da farinha processadas nos períodos de 0, 30, 60 e 90 dias e apresentaram percentual de carboidrato total entre 87,02% a 89,69%, semelhantes ao observado na farinha de banana verde convencional e ligeiramente maior que a farinha de banana verde liofilizada do presente estudo. (Tabela 1)

Ramli et.al., (2009), estudaram as farinhas da casca e da polpa de banana verde obtidas em estufa, observaram 84,9% e 85,17% de carboidrato, respectivamente. Estes valores foram similares ao percentual apresentado na amostra FBVL. (Tabela 1)

Farinha de banana verde também foi processada por Torres et. al. (2005) a fim de avaliarem os efeitos da umidade e da temperatura no processamento da farinha de banana verde (*Musa acuminata*) por extrusão termoplástica obtidas em estufa a 66°C por 10 horas. Os autores apresentaram percentual de carboidrato total de 91,70% na farinha de banana verde sem nenhum tratamento por extrusão. O valor observado pelos autores foi superior ao observado nesse estudo em todas as amostras estudadas. (Tabela 1).

Doramola, & Osanyonlusi (2006), reportaram que as farinhas de banana verde em geral são boas fontes de energia alimentar e com características de gelatinização próprias de amido quando o alimento é processado.

O valor médio de acidez nas amostras FBVC foi de 0,69% e FBVL 0,71% (Tabela 1). Já para o valor de pH, respectivamente, 6,35% e 6,15%. Tais resultados não apresentaram diferenças significativas ( $p>0,05$ ) entre si e foram semelhantes aos reportados por Borges, Pereira & Lucena (2009) com percentual de acidez 5,30 e pH 0,63 em farinha de banana verde obtida por secagem em estufa a 70°C por 12 horas.

Por outro lado, Santos et. al. (2010) obtiveram farinha de banana (*Musa paradisiaca*) verde em estufa com circulação de ar a 40°C por 24 horas e observaram percentual de acidez 0,48% e pH 4,88%. Os valores elucidados pelo autor foram inferiores aos apresentados nas amostras FBVC e FBVL conforme (Tabela 1).



A capacidade de absorção de água não apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) conforme Tabela 1, entre as farinhas de banana verde convencional e a farinha de banana liofilizada (Tabela 1).

Em geral a molécula de amido nativo absorve apenas 30% do seu volume de água em temperatura ambiente e sem tratamento térmico, sendo assim, temperaturas elevadas provocam gelatinização dos grânulos afetando a estrutura amilácea permitindo uma menor absorção de água por Silva et. al., (2004).

A elevada capacidade de absorção de água é desejável para o preparo de sopas, mingaus e pudins instantâneos. Somente os grânulos de amido danificados, tendo grupos hidrofílicos disponíveis, podem absorver água em temperatura ambiente. (Torres et. al., 2005).

A capacidade de absorção de água das farinhas FBVC (2,86 g gel/g) e FBVL (2,62 g gel/g) foi semelhante aos observados por Anyasi et. al. (2015) (1,51 g a 2,84 g gel/g) em farinha de banana verde obtida de três cultivares (*Musa* AAA, ABB e *balbisiana*) adquiridas em uma fazenda na África do sul, quando avaliaram o pré-tratamento das bananas com ácidos orgânicos antes do tratamento térmico em estufa a 70°C por 12 horas.

Alkarhi et. al. (2011) comparou as propriedades físico químicas de farinha de banana verde (*Musa Cavendish*), tanto do fruto como da casca, em três estágios de temperatura 40°C, 60°C e 80°C e observaram que houve uma maior absorção de água na farinha da casca (5,15 g gel) em relação a farinha da polpa (6,03 g gel) quando produzida a temperatura de 80°C. No entanto, comparando a temperatura de 60°C o valor (5,37 g gel) observado pelo autor em citação, foi superior a absorção de água nas FBVC (2,86 g gel) e FBVL(2,62 g gel).

Segundo Ambriz et. al., (2008), os grânulos de amido presentes na farinha de banana não são afetados à temperatura de 40°C a 60°C, apresentando uma menor taxa de absorção de água. Por outro lado, Hsu et. al., (2003) caracterizou farinha de inhame obtida em estufa a 60°C por 48 horas, liofilização (pré congelamento a -15°C e posterior liofilização) e secador de tambor a 100°C e observaram que houve menor absorção de água (4,16 g gel) na farinha de inhame obtida por liofilização quando comparada a produzida no secador de tambor (11,9 g gel). Os autores concluíram, que durante a liofilização os grânulos de amido não são submetidos a temperatura altas, permitindo a integralidade dos grânulos, fato este também observado no presente estudo.

O IAO observado entre as farinhas estudadas (Tabela 1) foi semelhante ao encontrado por Ambriz et. al., (2008), cerca de 2,0 g de óleo/ g de matéria seca, em farinha de banana desidratada à 50°C, que ainda contribui, referindo estes valores ao carácter hidrofílico do amido. Segundo Simas et. al., (2010), a absorção de óleo é atribuída principalmente à disponibilidade de grupo lipofílicos e fibras. Sendo assim, apesar do amido resistente comportar-se como uma fibra e apresentar-se em quantidades consideráveis nas amostras FBVC e FBVL, não justificou uma melhor absorção de óleo, como reportado por Valencia et. al. (2007) em amostra de farinha de manga.

### **3.2. Perfil dos compostos voláteis das farinhas de banana verde convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL**

Para cada vegetal existe uma característica que o define que pode atribuída pelo sabor o por seu aroma, sendo este atribuído aos diferentes compostos voláteis presente no alimento. No entanto são muitos os fatores que afetam a composição e concentração desses compostos voláteis tais como: fatores ambientais, cultivar e grau de maturação da matéria prima, condições de processamento e condições de armazenamento (Janzanti, Franco, & Wosiacki, 2003).

Os compostos voláteis e seus respectivos índices da farinha de banana verde convencional e liofilizada estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Compostos voláteis em amostras de farinha de banana verde convencional (FBVC) e liofilizada (FBVL) identificados por CG-MS.

<sup>a</sup> Família química dos compostos voláteis

<sup>b</sup> Linear do índice de retenção

<sup>c</sup> Não detectado

Em linhas gerais foi possível identificar vinte e um tipos de compostos voláteis, sendo que os compostos voláteis majoritários foram ácido hexanóico na amostra FBVC e ácido octanóico na amostra FBVL. (Tabela 2)

A maioria dos álcoois observadas (Tabela 2) na amostra FBVL. Estudos

<b>Compostos<sup>a</sup></b>	<b>FBVC<sup>b</sup></b>	<b>FBVL<sup>b</sup></b>
<i>Ácidos</i>		
Ácido Acético	1333,85	1334,75
Ácido 3-Metilbutanóico	1621,92	- <sup>c</sup>
Ácido Pentanóico	2417,18	- <sup>c</sup>
Ácido Hexanóico	3505,77	3507,62
Ácido Octanóico	- <sup>c</sup>	4138,62
Ácido Nonanóico	- <sup>c</sup>	-
<i>Cetonas</i>		
Pentan-2-ona	- <sup>c</sup>	941,73
3,5-Octadien-2-ona	1458,71	- <sup>c</sup>
<i>Alcoóis</i>		
Etanol	- <sup>c</sup>	900
3-Metilbutan-1-ol	- <sup>c</sup>	1125,48
Pentanol	1161,58	- <sup>c</sup>
1-Penten-3-ol	- <sup>c</sup>	1086,13
2-Penten-1-ol	- <sup>c</sup>	1219,23
Hexanol	- <sup>c</sup>	1253,05
2-Hexen-1-ol	- <sup>c</sup>	1296,88
Nonanol	- <sup>c</sup>	1634,57
Fenilmetanol	- <sup>c</sup>	3625,81
<i>Aldeídos</i>		
3-Metilbutanal	896,18	- <sup>c</sup>
Pentanal	942,41	- <sup>c</sup>
Hexanal	1030,31	1029,66
2-Hexenal	- <sup>c</sup>	1145,06
2-Heptenal	- <sup>c</sup>	-
Octanal	1212,32	- <sup>c</sup>
2-Butil-2-Octenal	1858,66	- <sup>c</sup>
Nonanal	1306,17	1305,88
2-Nonenal	- <sup>c</sup>	1434,07
6-Nonenal	- <sup>c</sup>	1351,71
2,6-Nonadienal	- <sup>c</sup>	1476,22
2-Decenal	1599,40	-
2-Undecenal	2870,42	- <sup>c</sup>
Benzoaldeído	1408,70	1408,84
<i>Ésteres</i>		
Acetato de Etila	878,21	876,87
Hexanoato de Metila	1121,88	- <sup>c</sup>
<i>Outros</i>		
1,3-Diclorobenzeno	1342,18	- <sup>c</sup>
2-Pentilfurano	- <sup>c</sup>	1161,72

realizados por Selli et. al. (2012) e Salas et. al. (2005) reportaram que normalmente esses álcoois são provenientes de vegetais cultivados em áreas verde, gramada e com odor arborizado como também pode ser gerada através da degradação ácido graxo linoléico e linolênico poli-insaturados.

Os aldeídos foram quantitativamente os compostos voláteis mais abundantes nas amostras FBVC e FBVL (Tabela 2). Segundo estudo realizado por Azarnia et al. (2011), tais compostos podem ser derivados de decomposição de ácidos graxos por ação enzimática ou auto oxidação, principalmente ácidos linoléico e linolênico. Vale ressaltar que o ácido 3-metilbutanóico presente na amostra FBVC foi descrito por Czerny & Schieberle (2002), durante a fermentação da farinha de tremoço sendo produto provavelmente da deterioração microbiana.

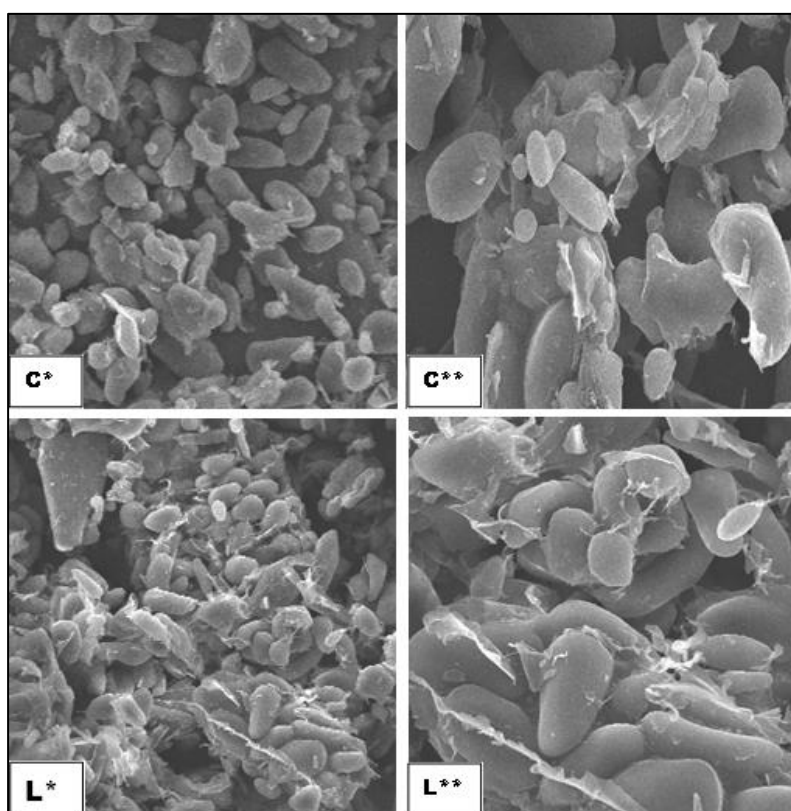
Viegas & Bassoli (2007) estudaram o perfil dos compostos voláteis durante o processamento do café solúvel e verificaram a presença do aldeído, 3-metilbutanal, identificado em menor índice na amostra FBVC, que é proveniente da degradação de Strecker promovida pela temperatura aplicada no processamento, fato este comprovado em vista que o composto não foi observado na amostra FBVL.

No estudo realizado por Selli et. al. (2012) compararam banana (*Musa Cavendish*) *in natura* de duas diferentes áreas de plantio e observaram que os ésteres foram os compostos voláteis mais abundante nas amostras. Ainda segundo os autores, essa característica também foi observada Yang (2002) em banana (*Musa Sapientum*) e Aurore et al. (2011) que trabalharam com a banana (*Musa Cavendish*). No entanto, apesar do presente trabalho ter utilizado o mesmo fruto essa característica não foi observada.

### **3.3. Microscopia eletrônica de varreduras das farinhas de banana verde convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL**

A microscopia de varredura é uma importante ferramenta em estudos sobre as características dos grânulos de amido, pois é capaz de mostrar informações a cerca da origem dos grânulos, características como forma e tamanho, além de informações sobre a morfologia da superfície do grânulo bem como se houve descaracterização influenciada pelos processos aplicados a matriz do amido (Orea et al., 2015).

Os grânulos das farinhas convencional (FBVC) e liofilizada (FBVL) observados por microscopia eletrônica de varredura (MEV) (Figura 1) apresentam amido e partículas de outros constituintes como demonstraram Nimsung, Thongngam, & Naivikul (2007) que analisaram as propriedades morfológicas das farinhas e do amido de banana verde. No entanto, as características morfológicas apresentadas na Figura1, há predomínio de formas alongadas a ovais com superfície lisa de diferentes de tamanhos as quais, foram similares as estruturas reportadas por Freitas & Tavares (2005) em amido extraído de banana verde de dois genótipos diferentes AAA e AAB.



**Fig. 1:** Imagens da microscopia eletrônica de varredura das farinhas de banana convencional C\*(ampliada 180x); C\*\*(ampliada 60x) e liofilizada L\*(ampliada 180x); L\*\*(ampliada 600x).

Segundo Fontes (2005), amidos de farinha de banana verde podem apresentar formato de pera (L\*\*), bastonetes cilíndricos (C\*,L\*), ovoides (C\*\*) com hilo (extremidade de menor tamanho) sempre situado em uma das extremidades do grão. Izidoro et al.(2007) analisou a morfologia dos grânulos de amido da banana verde cultivar *Musa Cavendishi* e elucidou que tendem a ser achatados e alongados enquanto que os pequenos se apresentam de forma arredondados e ovais, resultado consistente com observado nas microscopias C\* e L\* por MEV.

#### **4. Conclusão**

A composição química entre as farinhas estudadas não diferiu significativamente ( $p > 0,05$ ) em relação aos percentuais de umidade, cinzas, proteína, lipídeos e carboidrato e IAA, já para IAO, houve diferença entre as amostras estudadas. Foi possível identificar vinte e uma classe de compostos voláteis nas amostras FBVC e FBVL e observar que os grânulos de amido das farinhas de banana verde obtidas do presente estudo apresentaram característica semelhante ao de outros trabalhos reportados na Literatura científica. Conclui-se a viabilidade técnica da produção de farinha de banana verde pelos métodos de desidratação convencional em estufa e por liofilização. No entanto, uma análise econômica, o método por liofilização tende a ter um custo mais elevado dado o uso de equipamentos mais caros.

## 5. Referências bibliográficas

Alves, J.L.B., Finkler, L., Silva, & Silva, S.R.F. (2011). Estudo da composição química da banana “São Domingos” (Musa x Paradisiaca) cultivar do grupo AAA. *Nutrire*. 36, 163-172.

AOAC. *Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists*. 18.ed. Gaithersburg, Maryland, 2008.

Ambriz, S.L.R., Hernández, J.J.I., Acevedo, E.A., Tovar, J., & Pérez, L.A.B. (2008), Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour. *Food Chemistry*. 10, 1515-1521.

Arvanitoyannis, L.S., & Mavromatism A. Banana cultivars, cultivation practices, and physicochemical properties. *Food science and nutrition*, n49, p 113-135, 2009.

Aurore, G., Parfait, B., & Fährsmann, L.(2009). Bananas, raw material for making processed food products. *Food Science e Technology*. 29, 78-91.

Aurore, G., Ginies, C., Ganou-parfait, B., Renard, C. M. G. C., & Fährsmann, L. (2011). Comparative study of free and glycoconjugated volatile compounds of three banana cultivares from French West Indies: Cavendish, *Frayssinette* and *Plantain*, 129, 28-34.

Alkarkhi, A. f.M., Ramli, S. A. B., Yong, Y. S., & Easa, A. M. (2011). Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. *Food Chemistry*, 129, 312-318.

Aziz, N.A.A., Ho, Lee-Hoon., Azahari, B.; Bhat, R., Cheng, Lai-Hoong., & Ibrahim, M.N.M. (2011) Chemical and functional properties of the native banana (Musa acuminata x balbisiana Colla cv. Awak) pseudo-stem and pseudo-stem tender core flours. *Food Chemistry*, 128, 748-753.

Bello-Pérez, L.A., Agama-Acevedo, E., Sáyago-Ayerdi, S.G., Moreno-Damian, E., Figueroa, J.D.C., 2000. Some structural, physicochemical and functional studies of banana starches isolated from two varieties growing in Guerrero, México. *Starch/Stärke* 52, 68–73.

Bertolini, A.C., Pérez, L.A.B., Montealvo, G.M., Almeida, C.A.S., & Lajolo, F. (2010). Rheological and functional properties of flours from banana pulp and peel. *Satrch/Stärke*. 62, 277-284.

Bezerra, C. V., Amante, E. R., Oliveira, D. C., Rodrigues, A. M. C., & Silva, L. H. M. (2013). Green banana (*Musa Cavendish*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physico-chemical, funtional and morphological characteristics of the starch, 41, 241-249.

Borges, A. M., Pereira, J., & Lucena, E. M. P. (2009). Green banana flour characterization. *Food Science and Technology*, 29, 333-339.

Daramola, B. & Oasnyinlusi, S. A. (2006). Production characterization and application of banana (*Musa spp*) in whole maize. *African Journal of Biotechnology*, v.5, p. 992-995.

Delahaye, E., Maldonado, R., Pérez, E., & Schroeder, M. (2008). Production and characterization of unripe plantain (*Musa paradisiacal* L.) flours. *Interciência* 33, 4, 290-296.

Fasolin, L.H.; Alameida, G.C.; Castanho, P.S.; Netto-Oliveira, E.R.; (2007) Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial . *Ciência e tecnologia de Alimentos*, 27, 3, 524-529.

Freitas, M.C.J, & Tavares, D.Q.(2005).Caracterização de grânulos de amido de bananas (Musa AAA-Nanicção e Musa AAB-Terra). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 25, 217-222.

Giami, S.Y., & Alu, D.A. (1994). Changes in composition and certain functional properties of ripening plantain (*Musa spp.*, AAB group) pulp. *Food Chemistry*. 50, 137-140.

Hsu, C.L., Chen, W., Weng, Y.M., & Tseng, C.Y.(2003). Chemical composition, physical properties, and antioxidante activities of yam flours as affected by diferente drying methods. *Food Chemistry*. 83, 85-92.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*. Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22 dez. 2013.

Izidoro, D.R., Junior, B.D., Haminiuk, C.W.I., Sierakowski, M.R., Freitas, R.J.S., Scheer, A.P., (2007). Granules morphology and rheological behaviour of starch gels, green banana (*Musa cavendishii*) and maize (*Zea mays*). *Revista Agrotecnológica de Lavras* 31 (5), 1443–1448.

Jaigobind, A.G.A., Amaral, L., & Jaisingh, S. Dossiê técnico – Processamento da banana. Serviço brasileiro de respostas técnicas – *TECPAR*, 1-39, 2007.

Martins, E.C., Leonardi, R.R., Oliveira, C.R., & Matsumoto, F.M.T. (2011). Lyophilization as an alternative for conservatio of breast milk. *Nutrition*, 29, 119-122.

Mota R. V., Franco, M. L., Ciacco, C., & Cordenunsi, B. R. (2000). Composition and Functional Properties of Banana Flour from Different Varieties. *Starch/Stärke*, 2-3, 63-68.

Nimsung, P., Thongngam, M., & Naivikul, O. (2007). Compositions, morfological and termal properties of green banana flours and starch. *National Science*. 41, 324-330.

Orea, C., Pitsi, G., Jamée, P., & Thoen, J., (2002). Phase transitions in the starch–water system studied by adiabatic scanning calorimetry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 1335–1344.

Paul, V., Kanny, K., & Redhi, G.G. (2015). Mechanical, termal and morfological of a bio-based composite derived from banana plant source. *Composites: Part A*, 68, 90-100.

Ramli, S.B., Alkarki, A.F.M., Yong, Y.S., & Easa, A.M. (2009). The use of principle component and cluster analyses to different abanana pulp flours based on starch and dietary fiber components. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 60, 317-325.



- Saguilán, A.A., Ayerdi, S.G., Torres, A.V., Tovar, J., Otero, T.E.A., & Pérez, L.A.B. (2007). Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich linterized banana starch. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20, 175-181.
- Saifullah, R., et al. (2009). Utilization of Green flour as a functional ingredient in yellow noodle. *International Food Research Journal*, v.16, p.373-379.
- Santos, J., Silva, G., Santos, J.A.B., & Junior, A.M.O. (2010). Processamento e avaliação da estabilidade da farinha de banana verde. *Exacta*, 8, 219-224.
- Sarawong, C. et al. (2014) Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. *Food chemistry*, v.143, p.33-39.
- Silva, M.C.; Thiré, R.M.S.M.; Pita, V.J.R.R.; Carvalho, C.W.P.; Andrade, C.T. (2004). Processamento de amido de milho em câmara de mistura. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 2, p. 303-310.
- Solis, V.E., Jane, J.L., & Perez, L.A.B. Physicochemical characteristics of starches from unripe fruits of mango and banana. *Starch/Stärke* 61, 291-199, 2009.
- Soto, R.A.G., Escobedo, R.M., Sánchez, H.H., Rivera, M.S., & Pérez, L.A.B. (2007) Extrusion of banana starch: characterization of the extrudates. *Journal of the food and agriculture*, 87, 348-356.
- Torres, L.L.G., Dash, A.A.E., Carvalho, C.W.P., Ascheri, J.L.R., Germani, Rogério, & Miguez, M. (2005). Efeito da umidade e da temperatura no processamento de farinha banana verde (*Musa acuminata*, Grupo AAA) por extrusão termoplástica. *B.Ceppa*. 23, 273-290.

## **Capítulo III**

**Propriedades funcionais e aspectos nutricionais da farinha de banana verde (*Musa spp.*) obtida por dois diferentes tipos de secagem.**

**Manuscrito em preparação para ser submetido à Revista Brasileira de Fruticultura.**

**Propriedades funcionais e aspectos nutricionais da farinha de banana verde (*Musa spp.*) obtida por dois diferentes tipos de secagem.**

Andréa dos Anjos Silva<sup>a</sup>, Ivanilda Maria Augusta<sup>b</sup>, Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Mestranda em Ciência e Tecnologia do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), Instituto de Tecnologia (IT), BR 465, 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: [anjosnutri@gmail.com](mailto:anjosnutri@gmail.com); autor correspondente.

<sup>bc</sup>Docente do Departamento de Tecnologia de alimentos (DTA), Instituto de Tecnologia (IT), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), BR-465, km 7, 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: [mivone@gmail.com](mailto:mivone@gmail.com).

**Resumo**

A banana é um fruto com inúmeras propriedades nutricionais e tem despertado atenção como uso terapêutico devido seus benefícios e baixo custo. O fruto da banana enquanto verde apresenta consideráveis percentuais de amido resistente, que executa propriedade semelhante à da fibra no organismo. O estudo teve por objetivo obter farinha de banana verde por método convencional (FBVC) e por liofilização (FBVL), avaliar as propriedades funcionais, os teores de amidos e a capacidade antioxidante e a determinação dos compostos fenólicos totais. A farinha de banana verde FBVC apresentou 23,10% de teor de amido resistente e a amostra FBVL 22,50%. O maior teor de amido total e digerível foi observado na amostra de FBVC. No entanto, a amostra FBVL mostrou uma expressiva capacidade antioxidante e de teor de compostos fenólicos. Desta forma, nota-se possível a obtenção de farinha de banana verde pelos métodos estudados com propriedades funcionais que podem agregar valor nutricional às farinhas de produtos alimentícios.

Palavras-chaves: banana verde, farinha, propriedades funcionais.

## **Abstract**

The banana is a fruit with many nutritional properties and has attracted attention as a therapeutic use because its benefits and low cost. The banana fruit while green shows percentage of resistant starch considerable, running property similar to fiber in the body. The study aimed to obtain green banana flour by conventional method (FBVC) and freezer-drier (FBVL), evaluate the functional properties of starch content and the antioxidant capacity and the determination of total phenolic compounds. The green banana flour FBVC showed 23.10% of resistant starch content and the sample FBVL 22.50%. The highest total and digestible starch content was observed in the sample FBVC. However, FBVL sample showed a significant antioxidant capacity and concentration of phenolic compounds. Thus, there is possible to obtain green banana flour by the methods studied with functional properties that can add nutritional value to food products flours.

**Keywords:** green banana, flour, functional properties

## 1. Introdução

Nos últimos anos, o consumo da banana verde tem despertado interesse do mercado consumidor, devido à presença de compostos com propriedades funcionais como o amido resistente (Alkarki, 2011), os compostos fenólicos (Someya et. al., 2002; Wall, 2006), além de apresentar outros componentes com capacidade antioxidante (Ho, Aziz, & Azahari, 2013).

O alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais, além de funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, deverá produzir efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para o consumidor sem supervisão médica (BRASIL, 1999).

O amido resistente pode ser definido, com a fração do amido total, resistente a ação das  $\alpha$ -amilases e conseqüentemente, à digestão no intestino delgado, servindo de substrato para bactérias no cólon de indivíduos saudáveis, pode ser, portanto, considerado um composto funcional, com função semelhante de uma fibra alimentar (Wang et. al., 2014).

Os compostos fenólicos são considerados um dos antioxidantes mais importantes em (Fulaiman et. al. 2011) frutas e apresentam efeitos sinérgicos e propriedades de proteção contra várias doenças degenerativas, incluído o câncer (Kawasaki et. al., 2008). O mecanismo de proteção funciona geralmente a diferentes níveis na célula humana, como na inibição de radicais livres e reparar danos oxidativos (Du et. al. 2009).

Estudos científicos revelam que a banana tanto a polpa como a casca contêm vários compostos antioxidantes bem como, compostos fenólicos tais como catequinas, epicatequina, lignina, tanino (Anyasi et. al., 2015). Segundo Kondo et. al. (2005), a casca da banana possui quantidade mais elevada de compostos fenólicos e de antioxidantes do que a polpa.

Apesar destas propriedades, a banana no estágio de maturação verde não é consumida, principalmente devido a típica dureza e sua adstringência, e a obtenção de farinha é uma alternativa capaz de assegurar a utilização dos frutos verdes como ingrediente para o desenvolvimento de diversos produtos alimentícios com propriedades funcionais (Aurore et al. 2009; Sarawong et. al. 2014).

Dentre as técnicas de obtenção da farinha, destacam-se a secagem em estufa com e sem circulação de ar (Nimsung et. al., 2007; Pacheco-Delahaye et. al., 2008; Haslinda et. al., 2009; Ovando-Martinez et. al., 2009; Saifullah et. al., 2009; Bertolin et. al., 2010; Borges et. al., 2010) e secadores em bandejas (Delahaye et. al., 2008; Tribess et. al.,

2009; Santos et. al., 2010), como as mais utilizadas. Contudo, estas técnicas podem afetar as características químicas, tecnológicas e funcionais do produto final, devido ao uso de temperatura elevada durante a desidratação. (Facundo et. al., 2015)

Uma alternativa às técnicas convencionais é a liofilização, que devido ao emprego de baixas temperaturas durante o processo de desidratação é capaz de preservar os compostos bioativos de interesse sensíveis ao calor e responsáveis pelas propriedades funcionais e valor nutricional (Vieira, Nicoleti, & Telis, 2012).

Apesar do potencial desta técnica, os estudos na literatura avaliaram o efeito de diferentes técnicas de obtenção nas propriedades funcionais da farinha de banana verde são incipientes. Assim, o presente trabalho teve como objetivo obter farinha de banana verde por dois processos e avaliar o teor de amido resistente, fenólicos totais e a capacidade antioxidante das farinhas obtidas.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Material**

Dois diferentes lotes de bananas (*Musa*, grupo AAB) da variedade prata em estágio de maturação totalmente verde segundo Aurore et al., (2009) e com cerca de 34 mm de diâmetro foram adquiridos de um agricultor familiar da região de Cacaria, 2º Distrito de Pirai – RJ (coordenadas UTM: 618.472,012 leste e 7.485.683,817 norte).

### **2.2. Métodos**

#### **2.2.1. Obtenção das farinhas de banana verde**

Os frutos foram lavados, higienizados e descascados após 24 horas de colheita. Para inibir o escurecimento enzimático, os frutos foram submersos em água gelada por quinze minutos, drenados e separados em três partes, sendo uma parte submetida à secagem em estufa (Modelo PE 14 – Pardal, Brasil) por 16 horas à temperatura de 65°C (Borges, 2009). A outra parte foi liofilizada no liofilizador (modelo L 101, LioTop - LIOBRAS). Inicialmente as amostras de banana foram previamente congeladas à temperatura de -15°C por 24 horas. Após este período, as frutas foram liofilizadas sob pressão de 62µHg e temperatura -52°C, segundo Pacheco-Delahaye et. al. (2008). A terceira parte sem processo de desidratação foi armazenada sob temperatura de congelamento até etapa de análises.

As bananas desidratadas em estufa ou liofilizadas foram trituradas em multiprocessador de uso doméstico (Modelo RI 7625 - PHILIPS, Brasil), peneiradas

(900 mm), resultando nas farinhas de banana convencional (estufa) (FBC) e liofilizada (FBL), respectivamente. As farinhas obtidas foram acondicionadas em potes de vidro com tampa rosqueada e mantidas sob temperatura de congelamento em freezer.

### **2.2.2. Determinação do amido total e resistente da banana verde *in natura* e das farinhas de banana verde convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL**

O percentual de amido total foi determinado por hidrólise ácida prévia, seguida da quantificação por Lane e Enyon adaptada (ASEAN, Manual of Food Analysis, 2011). Foram pesados 2 g de amostra em um Erlenmeyer de 500 mL, em seguida, adicionado 200 mL de água destilada, 1 mL de NaOH a 10% p/v e submetidos à autoclave a 121°C por 1 hora. Em seguida as amostras foram resfriadas. Ainda neste mesmo Erlenmeyer foram adicionados 10 mL de HCl concentrado e aquecido novamente em autoclave (1atm) por mais 30 minutos. Quando resfriada as amostras foram neutralizadas com solução NaOH 40%. Em balão volumétrico de 500 mL foram adicionados 5 mL de cada anti-interferente e transferido as amostras do erlenmeyer para este balão, completando o volume com água destilada. O balão foi agitado em seguida, permanecendo por 12 horas em repouso para a sedimentação da matéria. Após o repouso, o material foi filtrado em papel de filtro seco. O material filtrado foi transferido para um Erlenmeyer de titulação contendo pérolas de vidro com auxílio de uma bureta de 25 mL. No Erlenmeyer contendo a amostra foi adicionado 10 mL da solução de Fehling e 40 mL de água destilada, que foram aquecidos em ebulição quando adicionou-se 3 gotas de azul de metileno a 1%. Manteve-se o material em ebulição até a viragem da cor para “vermelho tijolo”. O percentual de amido total foi calculado com a equação a seguir.

$$Amido (\%) = \frac{FC \cdot 500 \cdot 100 \cdot 0,9}{V \cdot P}$$

Equação 1

Sendo:

FC = título da solução de Fehling.

V = nº de ml da solução da amostra gasto na titulação.

P = peso da amostra em g.

0,9= Valor atribuído quando amostra apresenta em geral elevado teor de amido.

A quantificação do teor de amido resistente (AR) foi realizada seguindo metodologia adaptada de Goñi (1996). Uma amostra de ~100mg da farinha de banana verde, foi colocada em um erlenmeyer de 50 mL. Em seguida foram adicionados 10 mL de tampão KCl/HCl, pH 1,5 (0,2M), e 0,1 mL de solução de pepsina (0,1g de pepsina em 10 mL de solução KCl/HCl, pH 1,5). A amostra foi mantida em banho-maria a 40°C com agitação constantemente. Em seguida, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente.

Quando resfriadas, foram adicionados às amostras 9mL de tampão Trismaleato, pH 6,9 (0,1M), e 1mL de solução  $\alpha$ -amilase (4g de  $\alpha$ -amilase em 100mL de tampão Trismaleato), foram mantidas a 37<sup>0</sup>C por 16h em banho maria. Passado esse período as amostras foram filtradas descartando-se o líquido. O resíduo foi lavado com 10mL de água destilada, sendo o líquido descartado.

Em um béquer, foi transferido o resíduo do filtro juntamente com 3 mL de água destilada. As amostras do béquer foram novamente transferidas para um erlenmeyer de 50mL e então adicionou-se 3 mL de KOH (2M). Agitando as amostras em temperatura ambiente por 30 minutos.

Após esse período, foram adicionados 5,5mL de HCL (1M), 3 mL de tampão acetato de sódio, pH 4,75, e 80 $\mu$ L de amiloglucosidase (0,144g de amiloglucosidades em 10mL de água). As amostras foram submetidas a banho-maria a 60°C por 45 minutos em agitação constante. Em seguida as amostras foram filtradas em papel filtro 11,0/12,5 e o resíduo lavado com 10 mL de água destilada, sendo o resíduo descartado.

Para determinar a concentração de glicose ao final da digestão enzimática, foi empregado o método Somogyi Nelson (Somogyi, 1952). Inicialmente, foi colocado 1mL da amostra em tubo de folin -WU e então adicionado 1 mL de uma mistura das soluções de Somogyi A+B na proporção 4:1, sendo esses tubos aquecidos em banho maria por 10 minutos a 100°C. Após etapa de aquecimento os tubos foram resfriados em banho de gelo e 2 mL da solução somogyi C foram adicionados com posterior agitação manual até total desprendimento gasoso. Quando o gás foi totalmente eliminado os tubos foram avolumados para 25 mL com água destilada e homogeneizados.

A absorbância das amostras foi lida no espectrofotômetro com comprimento de onda de 540nm. Para leitura da amostra foi construída uma curva padrão de glicose com as concentrações de glicose utilizados nas análises.



O percentual de amido resistente foi calculado com a equação a seguir:

$$\text{Amido Resistente\%} = \frac{G \cdot 0,9 \cdot D}{P} \cdot 100$$

Equação 2

Sendo:

G = Concentração final de glicose

D = Fator de diluição da amostra

P = Peso da amostra

O percentual de amido digerível foi calculado entre a diferença do amido total e amido resistente conforme Haslinda et. al. (2009).

### **2.2.3. Capacidade antioxidante e teor de fenólicos totais da banana verde *in natura* e das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL**

A capacidade antioxidante das farinhas convencional e liofilizada e a amostra de banana verde *in natura* foi determinada pelo método de DPPH e FRAP, segundo Rufino et. al. (2010).

#### **2.2.3.1. Capacidade antioxidante pelo método do sequestro do radical livre DPPH**

A determinação da atividade antioxidante total das amostras foi realizada pela captura do radical orgânico DPPH (2,2-definil-1-picrilidrazil) segundo Rufino et. al.(2010), que avaliaram a habilidade que uma substância tem de sequestrar o radical livre orgânico estável supracitado, a partir do extrato alcoólico da amostra.

Para obtenção do extrato das amostras, foi pesado aproximadamente 1g de cada amostra, em seguida as mesmas foram diluídas em álcool etílico 95% P.A., avolumando em balão volumétrico de 50 mL com água destilada. As soluções foram submetidas em agitação magnética por uma hora, à temperatura ambiente, e então foram filtradas a vácuo, segundo a metodologia adaptada de Torres (2002). Foram preparados três tubos de ensaio com 3,9mL da solução formada com o radical livre e 0,1mL dos extratos alcoólicos obtidos.

Além desses, um tubo para o branco (3,9mL de solução de DPPH e 0,1mL de metanol) também foi preparado, sendo os tubos homogeneizados com auxílio de um

vórtex. Tanto a obtenção dos extratos quanto a formulação da solução de DPPH foram realizados no dia da análise. Todo o procedimento foi realizado na ausência da luz.

Soluções padrões formadas com um antioxidante de referência, Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchromo-2-ácido carboxílico, substância sintética análoga hidrossolúvel do alfa-tocoferol, composto derivado da expressão de vitamina E com maior atividade biológica) também foram analisadas objetivando a construção da curva da calibração.

O valor da atividade antioxidante do extrato obtido de cada amostra foi expresso em mM trolox (TEAC – atividade antioxidante equivalente a trolox) por 100 gramas/amostra base seca e as leituras de absorbância das mesmas foram realizadas através do equipamento Spectrophotometer Model Nova 2000 UV, com comprimento de onda equivalente a 515nm.

#### **2.2.3.2. Capacidade antioxidante pelo método de redução do Fe<sup>++</sup> (FRAP)**

Para a determinação da atividade antioxidante pelo método de Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP), adaptada por Rufino et. al. (2006). Inicialmente foi elaborada uma solução para obtenção de um extrato de cada amostra (metanol a 30%, acetona a 40% e água destilada a 30%). Para a formulação do reagente FRAP foram feitas soluções de HCl 40 mM (usada na elaboração da solução com TPTZ), TPTZ (2,4,6-tris(2-piridil)- s-triazina) 10 mM, cloreto férrico 20mM e tampão acetato 0,3M (esta com pH 3,6). A solução do reagente de FRAP é composta por 25mL do tampão acetato, 2,5mL da solução de TPTZ e mais 2,5mL de cloreto férrico.

A partir da etapa de obtenção dos extratos, todos os procedimentos foram executados ao abrigo da luz. Em um erlenmeyer foram dispostos aproximadamente 1 g de cada amostra e 30 mL da solução metanol a 30%, acetona a 40% e água destilada a 30%, conteúdo mantido sob agitação (200 rpm) por 1 hora, em temperatura ambiente. Decorrido esse período, a solução foi filtrada a vácuo, sendo o resíduo retido no filtro macerado com adição de mais 10 mL da solução extratora, o conteúdo foi agitado nas mesmas condições supracitadas por 20 minutos e então filtrado.

O resíduo dessa segunda filtração foi submetido aos mesmos procedimentos de agitação, extração e filtração, totalizando três repetições dessas operações. O extrato foi colocado em um balão de 50 mL e avolumado com solução extratora.

Foram feitas triplicadas (em tubos de 10 mL) com 2,7 mL de solução de FRAP, 270 µL de água destilada e 90 µL de cada extrato, homogeneizados em vórtex, sendo os tubos mantidos em banho-maria também ao abrigo da luz por 30 minutos a 37°C.

Um tubo em branco também foi preparado para calibrar o espectrofotômetro, com 2,7 mL de solução de FRAP e 270 µL de água destilada. As leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro, cujo comprimento de onda foi de 595 nm.

O valor da atividade antioxidante do extrato obtido pelo método FRAP de cada amostra foi expresso em µM Fe<sup>++</sup>/ 100g amostra base.

### **2.2.3.3. Determinação de compostos fenólicos da banana *in natura* e das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL**

Inicialmente, foram preparados os extratos. Em um Erlenmeyer foi pesado ~1g de cada amostra e adicionado 30 mL de metanol 30%, acetona 40% e água destilada, sendo o conteúdo mantido em agitação constante (200 rpm) por uma hora em temperatura ambiente. Decorrido esse período, a solução foi filtrada a vácuo com funil sinterizado. O extrato foi transferido para balão de 50 mL e avolumado com solução extratora. Todos os extratos foram preparados no dia da análise e sob o abrigo da luz.

Para a determinação do teor de fenólicos totais das amostras, 7 mL de água destilada, 0,5 mL reagente de *Folin-Ciocalteu* e 0,5mL de cada extrato foram misturados. Após 3 minutos, foram somados 2 mL de 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> e aquecidos à 100°C durante 1 minuto em banho maria comparando com o ácido gálico padrão. A absorbância foi determinada no comprimento de onda (λ) de 685nm, depois de esfriar em um local isento de luz, (QUETTIER-DELEU, 2000).

## **2.3. Análise estatística**

Todas as análises do presente trabalho foram realizadas em triplicatas e os resultados foram expressos em valores médios ± desvio padrão. A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância (ANOVA) e teste Tukey ao nível de 5% de significância, para comparação das médias.

## **3. Resultados e discussão**

### **3.1. Amido total, resistente e digerível da banana verde *in natura* e das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL**

O teor de amido total, resistente e digerível da banana *in natura* e das suas farinhas liofilizada (FBVL) e convencional (FBVC) estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela1.** Teor de amido total, resistente e digerível da banana verde *in natura* e das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL

Amostras*	Amido (%)		
	Total	Resistente	Digerível
<i>In natura</i>	79,88±2,48a	31,16±0,41a	47,88±0,3b
FBVC	78,80±0,78a	23,10±0,84b	55,43±1,1 <sup>a</sup>
FBVL	67,37±2,87b	22,50±0,91b	45,17±3,3b

Valores obtidos por média com expoente de diferença de significância entre as amostras por teste Tukey; \*Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ); amostras analisadas de dois lotes diferentes. FBVC – Farinha de banana verde convencional e FBVL- Farinha de banana verde liofilizada, Amido digerível- Obtido pela diferença entre amido total e o resistente; Valores em base seca.

Nas amostras de banana verde *in natura* e de farinha de banana verde convencional, o percentual de amido total não apresentou diferença significativa entre si ( $p < 0,05$ ), contudo diferiu do valor apresentado pela farinha de banana liofilizada (Tabela 1).

O valor de amido total da banana verde *in natura* do presente estudo foi superior ao reportado por Suntharalingam & Ravindran (1993) para três diferentes cultivares de bananas *in natura* nativas do Siri Lanka, que apresentaram de 69,2% a 69,7% de amido total.

Entre as amostras estudadas, foi possível observar diferença significativa ( $p < 0,05$ ) da amostra de banana verde *in natura* e farinha de banana verde convencional em relação a farinha de banana verde liofilizadas, conforme (Tabela 1).

O valor de amido total da amostra de banana verde *in natura* (79,88%) e FBVC (78,80%) foram ligeiramente superiores ao reportado por Borges et. al. (2009). Os autores apresentaram percentual de amido total equivalente a 75,20% (em base seca) em farinha de banana verde, cultivar prata, obtida em estufa de circulação de ar forçado a 70°C durante 12 horas e observaram.

Por outro lado, Acevedo et. al (2014) obtiveram valores que variaram de 92% a 97% de amido total em amostras de banana verde de três genótipos (dois do grupo AAA e um do grupo AAB) desidratadas a 50°C em estufa.

No presente trabalho, foi observado o valor 67,37% de amido total na amostra FBVL (Tabela 1). Este valor foi menor do que o reportado por Pacheco-Delahaye et. al. (2008), para farinha de banana verde liofilizada (variedade Harton/Horn) que apresentou 74,65% de amido total (base seca).

Segundo Saguilán et. al. (2014), o amido da farinha de banana verde pode apresentar diferentes arranjos em sua molécula, proveniente das diferentes estruturas do tecido vegetal do fruto, sendo assim, os percentuais de amido total podem variar quando submetidos à hidrólise ácida, que foi o método é usado para quantificar o amido total neste estudo.

O percentual de amido resistente observados, na amostra de banana verde *in natura* foi de 31,15%, na farinha de banana verde seca em estufa, convencional (FBVC) 23,10%, enquanto que na farinha de banana verde liofilizada (FBVL) 22,5% (Tabela 1). Dentre os percentuais apresentado houve diferença significativamente ( $p < 0,05$ ) da amostra *in natura* em relação às amostras FBVC e liofilizada FBVL.

Segundo Nugent (2005), os grânulos de amido de banana verde apresentam estrutura firme, resistente à ação de enzimas, principalmente das  $\alpha$ -amilases presentes no intestino delgado, contribuindo para que este amido sirva de substrato para microorganismos probióticos (Brown et. al., 1996) e seja classificado como fibra alimentar (Zhang et. al., 2005).

Whang et. al. (2014) avaliaram o teor de amido resistente de banana em cinco estágios de maturação, compreendidos em totalmente verde a verde com traços amarelo de bananas de dois cultivar diferente (*Musa* AAA e ABB) *in natura* no comércio (Guangdong – China). Os autores obtiveram valores compreendidos entre 33,8% a 43,1% de amido resistente nas amostras estudadas, sendo que no estágio de maturação totalmente verde similar ao do fruto utilizado no presente estudo, o teor de AR foi de 43,1%.

A FBVC apresentou percentual de 23,10% para AR (Tabela 1), semelhante reportado por Ramos, Leonel, & Leonel (2009). Esses autores produziram farinha de banana verde de 13 diferentes cultivares em desidratando os frutos em estufa com circulação de ar à 40°C por 48 horas e observaram valores entre de 10,01% a 20,74 % de AR, sendo que para a cultivar prata 10,01% de amido resistente.

No estudo realizado por Koxsel et. al. (2008) foi avaliado os efeitos da liofilização sobre as propriedades funcionais de amido de milho e observaram que durante a liofilização as cadeias de amido não apresentaram interação entre si para

realizar retrogradação, com isso minimiza as áreas hermeticamente protegidas e menos formação de pontes de hidrogênio. Tal estudo corrobora com o percentual de amido resistente menor da farinha de banana verde liofilizada em comparação as amostras de farinha convencional.

Segundo Pacheco-Delahay (2008), em média um indivíduo saudável não supre a necessidade de fibra recomendada, necessitando em muitos casos de suplementação, favorecendo a utilização com produtos alimentícios ricos em fibra. BEZERRA et. al. (2013) relataram que a ingestão de AR na Europa e na América Latina ainda é baixo (3-6 g/dia) em relação ao consumo em outras regiões, como a Ásia (8-19 g/dia). Assim, verifica-se um elevado potencial para o aumento da ingestão deste nutriente nos produtos alimentícios que contenha a farinha de banana verde, demonstrando ser um ingrediente promissor para elaboração de alimentos com propriedades funcionais, conforme já relatado por outros autores (Rodríguez et al. 2008; OVANDO-MARTINEZ et al. 2009; WANG et al. 2012).

O amido resistente deve ser declarado na Tabela de informação nutricional dos rótulos dos produtos alimentícios como fibra alimentar, de acordo com a ANVISA (2009), sendo seu valor diário de recomendado (VDR) de 25g para uma dieta de 2000 Kcal (BRASIL, 2003). Assim, considerando-se apenas o teor de AR das farinhas estudadas (Tabela 1), pode-se afirmar que o consumo de 100g das farinhas estudadas foram capazes de fornecer aproximadamente 100% do VDR de fibra, demonstrando ser um ingrediente promissor para elaboração de alimentos com propriedades funcionais, conforme já relatado por outros autores (Rodríguez et al., 2008; OVANDO-MARTINEZ et al., 2009; WANG et al., 2012).

Foi verificada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nos valores de amido digerível das amostras *in natura*, FBVL e FBVC (Tabela 1). A digestibilidade do amido nativo é atribuída a fonte do amido, granulometria, teor de amilose e amilopectina por frações de amido, segundo Englyst et. al.(1996). Adicionalmente, Zhang et. al.(2005) relataram que a resistência do amido pode ser formada devido retrogradação provocada em processamento com alta temperatura em grânulos de amido, afetam diretamente a digestibilidade do amido de banana *in natura* ou da farinha. Este fato este pode ter contribuído para a diferença observada entre as amostras estudadas. Os valores de amido digerível do presente trabalho foram semelhantes aos reportados no estudo de Haslinda et. al., (2009), que reportaram 42,07% e 42,05% em farinha de banana verde

com casca e sem casca, respectivamente obtidas por desidratação em estufa com circulação de ar (60°C/ 15horas).

Nutricionalmente, a digestão do amido é dividida em rapidamente digerível, lentamente digerível e amido resistente. Segundo Ludwig (2000), estudos em humanos têm mostrado que os percentuais das frações de amido rapidamente digeríveis apresentam semelhança ao índice glicêmico, que impactam diretamente o público diabético, pré-diabético, além de aumentar índices de doença cardiovascular e obesidade. Logo, quanto as frações de amido lentamente digeríveis proporcionam a liberação de glicose mais lenta. Quando comparado o amido resistente ao digerível, relata Zang et. al.(2005), que a fração do amido que resiste a digestão e ao ataque das enzimas gástricas, passa pelo cólon humano íntegro, auxiliando o tratamento de patologia como diabetes executando função semelhante de uma fibra.

### 3.2. Capacidade antioxidante e teores fenólicos totais da banana verde *in natura* e das farinhas convencional (estufa) FBVC e liofilizada FBVL

Os resultados da capacidade antioxidante determinada pelos métodos de DPPH, FRAP e teor de compostos fenólicos totais estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Capacidade antioxidante (DPPH e FRAP) e fenólicos totais da amostra *in natura* e das farinhas de banana verde convencional e liofilizada

Capacidade antioxidante			
Amostras*	DPPH (mM Trolox/100g)	FRAP (µM Trolox/ 100g)	Fenólicos (mg Ac. Gálico /100g)
<i>In natura</i>	7,25±0,07a	2,94±0,45b	90,50±7,67 <sup>a</sup>
FBVC	3,88±0,16c	4,72±0,64b	190,72±0,26b
FBVL	6,58±0,16b	16,44±0,63 <sup>a</sup>	181,86±2,09b

Valores obtidos por média com expoente de diferença de significância (p<0,05) entre as amostras por teste Tukey; médias seguidas de letras iguais na mesma linha não apresentam diferença estatística significativa; amostras analisadas de dois lotes diferentes; DPPH= sequestro do radical livre 2,2-difenil-1-picrihidrazil; FRAP= Redução Fe<sup>++</sup>.

Os diferentes mecanismos de ação têm conduzido a resultados divergentes para cada tipo de composto fitoquímico na capacidade antioxidante, uma vez que cada ensaio antioxidante tem foco em um mecanismo de ação determinada. O método de DPPH baseia-se na eliminação do radical (DPPH \*) através da adição de uma espécie de radicais ou um antioxidante que tenha a capacidade de descolorir a solução de DPPH. Por sua vez, o ensaio de FRAP mede a capacidade dos anti-oxidantes para reduzir a um complexo férrico. Considerando que, o ensaio de teor de fenólicos totais (TPC) tem uma reação de oxidação / redução, conforme o mecanismo básico e podem ser classificados como um ensaio antioxidante (Rodriguez-Amaya, 2010).

Foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) na capacidade de sequestro do radical livre orgânico, 2,2-difenil-1-picrihidrazil (DPPH), entre as amostras estudadas (Tabela 2). A farinha de banana verde convencional apresentou capacidade antioxidante inferior a da farinha liofilizada (Tabela 2). Este resultado pode ser justificado devido ao efeito do tratamento térmico sobre os compostos que apresentam capacidade antioxidante.

A avaliação da capacidade antioxidante pelo método FRAP foi possível observar, uma diferença significativa entre as amostras de banana verde *in natura* e da farinha convencional (Tabela 2) quando comparadas a farinha da banana liofilizada (16,44  $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ ).

Valores semelhantes foram reportados por Sulaiman et. al. (2011) ao pesquisar, através do método FRAP, a capacidade antioxidante de polpas obtidas a partir de oito cultivares de bananas *in natura* e desidratadas (60°C/ 48horas) da Malásia, quando obtiveram valores de 24,24 a 13,93  $\mu\text{mol Trolox}/\text{g}$  nas amostras frescas e 3,0 a 14,58  $\mu\text{mol Trolox}$  nas amostras secas. Já Rebello et. al. (2014) encontraram valor similar (14,0  $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ ) à da amostra de farinha liofilizada do presente estudo (16,44  $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ ) ao determinar o poder redutor do ferro em amostra de farinha da casca de banana (*Musa AAA*) adquirida no comércio de Viçosa/MG, obtida a 55°C.

Já em um estudo realizado por Alothman, Bhat & Karim (2009) com bananas (*Musa paradisiaca*) cultivadas também na Malásia evidenciou-se valores compreendido entre 2,92 a 3,30  $\mu\text{mol Trolox}$ , resultados inferiores aos observados nas amostras de banana verde *in natura* e as farinhas de banana convencional e liofilizada do presente trabalho.



Segundo Thaipong et. al. (2006) os conteúdos de grupos fenólicos e poder redutor do ferro apresentam correlação. De forma geral, os compostos fenólicos presentes nas frutas são os principais responsáveis pela atividade antioxidantes desses vegetais (KIM et. al., 2003). Na banana, as principais classes destes compostos são: flavonoides incluindo apigenina naringenina, campeferol e quercetina (Pothavrn et. al., 2010).

As concentrações de fenólicos nas farinhas apresentaram-se elevadas em relação à banana *in natura* (Tabela 2). Mesmo com o tratamento térmico aplicado à FBVC não houve diferença significativa entre esse produto e a FBVL, visto que, os conteúdos de compostos fenólicos foram de 190,72 e 181,86 mg GAE/100g, respectivamente; enquanto que na amostra *in natura*, 90,50 mg GAE/100g. Segundo Gálvez et. al. (2014) não necessariamente haverá uma redução no conteúdo desses componentes quando uma matéria prima é submetida ao tratamento térmico. No caso do processamento de farinhas, quando há redução do conteúdo de água livre e concentração dos sólidos da matriz, é esperado uma elevação dos teores de compostos fenólicos totais, a exemplo do que foi demonstrado no presente trabalho. Segundo Sarawong et. al. (2014) em amostras que sofreram operações que promovem a redução da atividade de água, típicas do processamento de farinhas, o conteúdo de fenólicos apresenta-se aumentado quando comparado à matéria prima *in natura*.

Garau et. al. (2007) avaliaram o efeito de temperaturas de secagem compreendidas entre 60-90°C sobre as propriedades físico-químicas e a capacidade antioxidante de citrus (laranjas, limão e grapefruit) *in natura* e coproduto (casca) desses frutos, e concluíram que longos tempos de secagem associado à temperatura elevadas propiciam a diminuição da atividade antioxidante pela redução dos conteúdos de compostos fenólicos (compreendidos entre 10,0 a 950,0 µmol EAG nas cascas e 200,0 e 880,0 µmol EAG nas polpas).

Estudo realizado por Anyasi et. al.(2015) avaliaram o efeito do pré-tratamento com ácidos orgânicos sob a capacidade antioxidante de farinha de banana verde a partir de três cultivar (*Musa* AAA, ABB e *Balbisiana*), das quais pré-prepararam os frutos com três concentrações 10, 15 e 20g/L para ácido ascórbico, cítrico e acético antes de submeterem os frutos a desidratação em estufa a 70°C por 12 horas e observaram que o pré-tratamento com 10g/L de ácido cítrico foi o que melhor apresentou resultado com valores entre 1130,39 a 27,26mg EAG/100g. Apesar das amostras *in natura*, FBVC e

FBVL do presente trabalho não terem sofrido pré-tratamento foi possível observar valores para fenólico dentro da faixa encontra pelo autor em citação.

#### **4. Conclusão**

Foi verificado efeito do tipo de método de desidratação da farinha de banana verde no teor de amido total e digerível. O teor de amido resistente e teor de fenólicos totais não foram afetados pelo método de desidratação. A farinha de banana verde obtida por liofilização foi a que apresentou maior capacidade antioxidante determinada por DPPH e FRAP. De forma geral, as farinhas de banana verde estudadas podem ser uma alternativa de alimento com propriedades funcionais, visto que apresentaram teores consideráveis de amido resistente; além de possuir capacidade antioxidante associada a expressivos conteúdos de compostos fenólicos totais. Entretanto, dentro de uma análise de viabilidade econômica, a farinha de banana verde liofilizada tende a ser mais custosa, uma vez que é necessário um uso maior de equipamentos, quando comparado ao processo convencional em estufa.

## 5. Referências bibliográficas

Acevedo, A. E., Rodriguez, A.S.L., Garcia, S.F.J., Gutierrez, M.F., Pacheco, V.G., & Bello P.L.A. (2014). Starch isolation and partial characterization of commercial cooking and dessert banana cultivars growing in Mexico. *Starch/Stärke*, 66(3e4), 337e344.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária; ANVISA. Item 3.3 da Resolução nº 18 de 1999a. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos. Brasília (Brasil): ANVISA; 2009.

Alkarkhi, A. f.M., Ramli, S. A. B., Yong, Y. S., & Easa, A. M. (2011). Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. *Food Chemistry*, 129, 312-318.

Anyasi, T.A., Jideani, A.I.O., & Mchau, G.R.A.(2015). Effect of organic acid pretreatment on some physical, functional and antioxidant properties of flour obtained from three unripe banana cultivars. *Food Chemistry*. 172, 515-522.

ASEAN Manual of Food Analysis (2011). *Determination of starch by acid hydrolysis. Compiled por ASEANFOOD members*. Bangkok, Thailand: Mohidol University.

Aurore, G., Ginies, C., Ganou-parfait, B., Renard, C. M. G. C., & Fährasmane, L. (2011). Comparative study of free and glycoconjugated volatile compounds of three banana cultivares from French West Indies: Cavendish, *Frayssinette and Plantain*, 129, 28-34.

Aziz, N.A.A., Ho, Lee-Hoon., Azahari, B.; Bhat, R., Cheng, Lai-Hoong., & Ibrahim, M.N.M. (2011) Chemical and functional properties of the native banana (*Musa acuminata* x *balbisiana* Colla cv. Awak) pseudo-stem and pseudo-stem tender core flours. *Food Chemistry*, 128, 748-753.

AOAC - Association Of Official Analytical Agricultural Chemists. Official methods of analysis of the association of the agricultural chemistry (1992), Washington.

Bertolini, A. C., Bello-Pérez, L. A., Méndez-Montealvo, G., Almeida, C. A. S., & Lajolo, F. (2010). Rheological and functional properties of flours from banana pulp and peel. *Starch/Stärke*, 62, 277-284.

- Bezerra, C. V., Amante, E. R., Oliveira, D. C., Rodrigues, A. M. C., & Silva, L. H. M. (2013). Green banana (*Musa Cavendish*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch, 41, 241-249.
- Borges, A. M., Pereira, J., & Lucena, E. M. P. (2009). Green banana flour characterization. *Food Science and Technology*, 29, 333-339.
- Delahaye, P.E., Maldonado, R., Elevina, P., & Schroeder, M. (2008) Production and characterization of unripe plantain (*Musa paradisiaca* L.) flours. *Interiência*, v.33, n.4, p.290-296.
- Du, G., Li, M., Ma, F., Liang, D., (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in Actinidia fruits. *Food Chemistry* 113, 557–562.
- Englyst, H. N., Veenstra, J., & Hudson, G. J. (1996). Measurement of rapid available glucose (RAG) in plant foods: A potential in vitro predictor of the glycaemic response. *British Journal of Nutrition*, 75, 327–337.
- Facundo, H.V.V., Gurk,P.D., Mercadante, A.Z., Lajolo, F.M., & Cordenunsi, B.R. (2015). Storage at low temperature differentially affects the colour and carotenoid composition of two cultivares of banana. *Food Chemistry*. 170, 102-109.
- Faisant, N., Champ, M., Colona, P., & Buléon, A. (1993). Structural discrepancies in resistant starch obtained in vivo in humans and in vitro. *Carbohydrate Polymers*, 21, 205-209.
- Fasolin, L. H., Almeida, G. C., Castanho, P. S., & Netto-Oliveira, E. R. (2007). Cookies produced with banana meal: chemical, physical and sensorial evaluation. *Food Science Technology*, 27, 524-529.
- Freitas, E. A. F., & Tavares, D. Q. (2005). Characterization os starch granules from bananas *Musa* AAA-Nanicão and *Musa* AAB-Terra. *Food Science and Technology*, 25, 217-222.
- Garau, M.C., Simal, S., Rosselló, C., & Femmenia, A. (2007). Effect of air-drying temperature on chemical properties of dietary and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by- products. *Food Chemistry*, 104, 1014-1024.

- Goñi, I.; Garcia-Diz, L., Mañas, E., & Sauara-Calixto, F. (1996) Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chemistry*, 56, 445-449.
- Gonzalez-Soto, R. A., Mora-Escobedo, R., Hernández- Sánchez, H., Sánchez-Rivera, M., & Bello-Pérez, L. A. (2007). Extrusion of banana starch: Characterization of the extrudates. *Journal of the Sciences and Food and Agriculture*, 87, 348-356.
- Haslinda, W.H., Cheng, L.H., Chong, L.C., & Noor Aziah, A.A. (2009). Chemical composition and physicochemical properties of green banana (*Musa acuminata* x *balbisiana* Colla cv. Awak) flour. *International al Journal of Food Sciences na Nutrition*, 60, 232-239.
- Hagenimana, A., Ding, X., & Fang, T. (2006). Evaluation of rice modified by extrusion cooking. *Journal of cereal Science*, 43, 38-46.
- Hernández, O., Emaldi, U., & Tovar, J. (2008). In vitro digestibility of edible films from various starch sources. *Carbohydrate Polymers*, 71, 648-655.
- Ho, L.H., Aziz, N.A.A., & Azahari, B. (2013). Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata* X *balbisiana* cv. Awak) pseudo-stem flour. *Food Chemistry*. 139, 532-539.
- Junior Nascimento, B.B., Ozorio, L.P., Rezende, C.M., Soares, A.G., & Fonseca, J.O. (2008). Diferenças entre bananas de cultivares Prata e Nanicão ao longo do amadurecimento: características físico-químicas e compostos voláteis. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 649-658.
- Kawasaki, B.T., Hurt, E.M., Mistree, T., & Farrar, W.L., (2008). Targeting cancer stem cells with phytochemicals. *Molecular Intervention* 8, 174-184.
- Kim, D.O, Jeong, S.W., & Lee, CY.(2003).Antioxidante capacity of phenolic phytochemical from various of plum. *Food chemistry*, 81, 231-326.
- Kondo, S., Kittikorn, M., & Kanlayanarat, S., (2005). Preharvest antioxidant activities of tropical fruit and the effect of low temperature storage on antioxidants and jasmonates. *Postharvest Biology and Technology* 36, 309-318.

- Mota R. V., Franco, M. L., Ciacco, C., & Cordenunsi, B. R. (2000). Composition and Functional Properties of Banana Flour from Different Varieties. *Starch/Stärke*, 2-3, 63-68.
- Nimsung, P., Thongngam, M., & Naivikul, O. (2007). Composition, Morphological and Thermal Properties of Green Banana Flour and Starch. *Kasetsart*, 41, 324-330.
- Nugent, A. P. (2005). Health properties of resistant starch. British Nutrition Foundation, *Nutrition Bulletin*, 30, 27-54
- Ovando-Martinez, M., Sáyago-Ayerdi, S., Agama-Acevedo, E., Goñi, I., & Bello-Pérez, L. (2009). Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. *Food Chemistry*, 113, 121-126.
- Pothavorn, P., Kitdamrongsont, K., Swangpol, S., Wongniam, S., Atawongsa, K., Svasti, J., et al. (2010). Sap Phytochemical Compositions of Some Bananas in Thailand. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58(15), 8782-8787.
- Quettier-Deleu, C. (2000) Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of Ethnopharmacology*, 72, p. 35-42.
- Ramos, D. P., Leonel, M., & Leonel, S. (2009). Amido resistente em farinha de banana verde. *Alimento e Nutrição*, 20, 479-483.
- Rodríguez, A.S.L.; Islas, H.J.J.; Agama, A.E.T.J.; & Bello, P.L.A. (2008). Characterization of a fiber-rich power prepared by liquefaction of unripe banana flour. *Food chemistry*, 107, 1521.
- Rufino, M.S.M., Alves, R.E., Brito, E.S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., & Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidante capacities of 18 non-traditional fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121, 996-1022.
- Saguilán, A.A. et al. (2014). The effect of the structure of native banana starch from two varieties on its acid hydrolysis. *LWT-Food Science and Technology*. 58, 381-386.
- Saifullah, R., Abbas, F. M. A., Yeoh, S. Y., & Azhar, M. E. (2009). Utilization of green banana flour as a functional ingrediente in yellow noodle. *International Food Research Journal*, 16, 373-379.

- Santos, J.C., Silva, G. F., Santos, J. A. B., & Oliveira, J.A.M. (2010). Processing and evaluation of the stability of the green banana flour. *Exacta*, 8, 219-114.
- Sarawong, C., Schoenlechner, R., Sekiguchi, K., Berghofer, E., & Ng Perry, K. W. (2014). Effect extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. *Food Chemistry*, 142, 33-39.
- Someya, S., Yoshida, Y., & Okubo, K. (2002). Antioxidant compounds from bananas (*Musa Cavendish*). *Food Chemistry*. 79, 351-354.
- Somogyi, M. (1952). Notes on sugar determination. *Journal of Biological Chemistry*. 195, 267-272.
- Soto, R.A.G., Escobedo, R.M., Sánchez, H.H., Rivera, M.S., & Pérez, L.A.B. (2006) Extrusion of banana starch: characterization of the extrudates. *Journal of the food and agriculture*, 87, 348-356.
- Sulaiman, S.F., Nor, A.M.Y., Ibrahim, M.E., & Eng, M.S. (2011). Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (*Musa sp.*) *Journal of Food Composition and Analysis*. 24, 1-10.
- Suntharalingam, S., & Ravindran, G. (1993) Physical and biochemical properties of green banana flour. *Plant foods for human nutrition*, 43, 19-27.
- Tribess, T. B., Hernandez-Urbe, J. P., Méndez-Montevalvo, M. G. C., Menezes, E. W., Bello-Perez, L. A., & Tadini, C. C. (2009). Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 42, 1022-1025.
- Vernaza, G.V., Gularte, M. A., & Chang, Y. K. (2011). Addition of green banana flour to instant noodles: rheological and technological properties. *Ciências e Agrológica*, 35, 1157-1165.
- Vieira, A.P., Nicoletti, J.F., & Telis, V.R.N. (2012). Freeze drying of pineapple slices: evaluation of drying kinetics and product quality. *Brazilian Journal of Food Technology*, 15, 50-58.

Wall, M.M. (2006). Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa sp.*) and papaya (*Carioca papaya*) cultivars grown in Hawaii. *Journal Food Composition and Analysis*. 19, 434-445.

Wang, J., Tang, X.J., Chen, P.S., & Huang, H.H. (2014). Changes in resistant starch from two banana cultivars during postharvest storage. *Food Chemistry*. 156, 319-325.

Wang, Y., Zhang, M., & Mujumbar, A. S. (2012). Influence of green banana flour substitution for cassava on the nutrition, color, texture and sensory quality in two types of snacks. *LWT- Food Science and Technology*, 47, 175-182.

Zang, P., Whistler, R.L., BeMiller, J.N., Hamaker, B.R. (2005). Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility – a review. *Carbohydrate Polymers*. 59, 443-458.

Zaragoza, E.F., Navarrete, M.J.R., Zapata, E.S., & Álvarez, J.A.P. (2010) *Resistant starch as functional ingredient: A review. Food Research International*. 43, 931-942.



## **Conclusão Geral**

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho conclui-se que:

- Nenhuma das técnicas de desidratação aplicadas a banana verde para obter as farinhas convencional (estufa) e liofilizada foram capazes de provocar alterações significativas na composição centesimal, pH, acidez total e o índice de absorção em água. Apenas o índice de absorção de óleo e o perfil de compostos voláteis das farinhas foram afetados pelo método de desidratação;
- A técnica de desidratação afetou as propriedades funcionais das farinhas de banana verde estudadas, sendo que a farinha liofilizada apresentou aproximadamente 22% de amido resistente e uma expressiva capacidade antioxidante, bem como, teor de compostos fenólicos;
- As características morfológicas dos grânulos de amido das farinhas obtidas foram afetadas pela técnica de desidratação. Quando comparadas morfolologicamente tornou-se nítido a ação da temperatura sobre os grânulos de amido.
- As farinhas de banana verde podem ser uma alternativa de alimento com propriedades funcionais, visto que apresentaram teores consideráveis de amido resistente; além possuir capacidade antioxidante associada a expressivos conteúdos de compostos fenólicos totais.

## APÊNDICE



**CIÊNCIA RURAL**  
**Centro de Ciências Rurais**  
**Universidade Federal de Santa Maria**  
**97105 – 900 Santa Maria – RS - Brasil**  
E-mail: [cienciarural@mail.ufsm.br](mailto:cienciarural@mail.ufsm.br)  
Homepage: <http://www.ufsm.br/ccr/revista>  
Online: <http://www.scielo.br/cr/>  
Fone/fax: (55) 3220-8698  
Fax: (55) 3220-8695



Santa Maria, 21 de janeiro de 2015.

Declaramos para os devidos fins que o artigo CR-2014-0332.R1, intitulado "Farinha de banana verde como ingrediente funcional em produtos alimentícios", com autoria de Andréa dos Anjos Silva, José Lucena Barbosa Junior e Maria Ivone Martins Jacinto Barbosa será publicado na revista Ciência Rural com fascículo a ser definido.

Atenciosamente,

COMISSÃO EDITORIAL