

COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE FARINHA DE TRIGO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE FARINHA DE BANANA VERDE

*Fernando Santini Vedovat
Paulo de Tarso Carvalho*

1 INTRODUÇÃO

Os hábitos alimentares dos seres humanos sofrem mudanças constantes, podendo variar de acordo com vários fatores, como a região, o estilo de vida, a disponibilidade dos alimentos, entre outros (COSTA, 2014). Diariamente são consumidos diversos alimentos à base de trigo, na forma de pães, bolos, biscoitos e massas, que assim como diversos outros derivados desse cereal, constituem a base da pirâmide alimentar convencional (SCHEUER et al., 2011).

A farinha de trigo apresenta composição e propriedades reológicas que possibilitam a produção de diferentes derivados com características consideradas ideais para produção de pães, macarrão e biscoitos. Entretanto, farinhas podem ser obtidas de outras fontes vegetais e utilizadas na produção de farinhas mistas para aplicações variadas na alimentação. Uma dessas fontes é a banana (*Musa* spp.), uma fruta amplamente cultivada no Brasil, com área plantada em torno de 470 mil hectares (EMBRAPA, 2017).

Devido a suas características sensoriais, valor nutritivo, aceitação pelo consumidor e preço acessível, a banana faz parte da dieta dos brasileiros sem distinção de classe social. Sua polpa, antes de atingir o estado de maturação,

apresenta alta concentração de amido, baixo teor de açúcares, compostos aromáticos e flavonoides. A polpa nesse estágio não possui sabor pronunciado e contém destacada concentração de amido resistente, que atua como fibra alimentar (RODRÍGUEZ-AMBRIZ, 2008).

É comum encontrar estudos que visam substituir a farinha de trigo, total ou parcialmente, na elaboração de produtos com outras propriedades ou para alterações no valor nutricional, acompanhando as novas tendências de hábitos alimentares e exigências do consumidor (RAMOS; LEONEL; LEONEL, 2009). A literatura relata o uso de farinha de banana em virtude dos apreciáveis níveis de amido resistente (FASOLIN et al., 2007; SANTOS, 2010; BORGES, 2007). Além disso, a produção de farinha de banana verde contribui para minimizar as perdas pós-colheita da cadeia produtiva da fruta.

A farinha de trigo contém proteínas formadoras de glúten, que garantem produtos de panificação de altíssima qualidade, e que são ausentes nas farinhas oriundas de outras matérias-primas (HOSENEY, 1991). O emprego da farinha de trigo é baseado em suas propriedades reológicas e em seu teor e qualidade de proteína, definindo variadas aplicações. Ao substituírmos a farinha de trigo, alterações nos teores de proteína e nas propriedades reológicas são observados e, com isso, os diferentes produtos que podem ser elaborados com farinhas mistas, como pães, bolos, biscoitos, massas alimentícias, apresentam características distintas em comparação com aqueles obtidos exclusivamente de farinha de trigo. Isso pode limitar o nível de substituição da farinha de trigo, a fim de garantir produtos com características aceitáveis pelo consumidor. O objetivo desta pesquisa foi avaliar os parâmetros reológicos da farinha de trigo quando substituída parcialmente por farinha de banana verde em variadas proporções.

2 FARINHA DE TRIGO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE FARINHA DE BANANA VERDE

A população tem buscado na alimentação algumas maneiras de melhorar os quesitos qualidade de vida e bem-estar. Novos produtos têm sido desenvolvidos com a farinha de trigo sendo substituída total ou parcialmente por outras farinhas para enriquecimento nutricional, alto índice glicêmico, elevado teor de glúten e tendências de mercado. Existe uma infinidade de matérias-primas que podem originar farinhas. A farinha de banana verde vem ganhando destaque entre os consumidores, oferecendo carboidratos de baixo índice glicêmico, fibras e outros nutrientes.

2.1 TRIGO

A palavra trigo é oriunda do vocabulário latino *Triticum*, que significa quebrado, triturado. O termo trigo refere-se tanto à planta como às sementes comestíveis do gênero *Triticum* (LÉON, 2007). O grão de trigo é basicamente constituído por: pericarpo (7,8 a 8,6%), endosperma (87 a 89%) e gérmen (2,8 a 3,5%) (QUAGLIA, 1991). O pericarpo é rico em fibras e sais minerais (ATWELL, 2001) e constitui a camada mais externa e protetora do grão (POPPER; SCHAFER; FREUND, 2006). O endosperma consiste numa matriz proteica, no qual está inserido grande número de grânulos de amido (HADDAD et al., 2001), ou seja, o endosperma constitui a farinha de trigo branca propriamente dita (HOSENEY, 1991).

As cultivares de trigo podem ser classificadas em cinco classes, as quais são baseadas em parâmetros como alveografia e número de queda. As classes são definidas como: Trigo Brando, Trigo Pão, Trigo Melhorador, Trigo para Outros Usos e Trigo *Durum*. Além das classes, o trigo também é classificado por tipos, podendo ser tipo 1, 2 ou 3, dependendo dos percentuais de umidade, materiais estranhos, impurezas e qualidade dos grãos (BRASIL, 2001).

2.1.1 FARINHA DE TRIGO

A farinha de trigo é o produto obtido a partir da espécie *Triticum aestivum* ou de outras espécies do gênero *Triticum* conhecidas. É uma matéria-prima amplamente utilizada, com aplicações em diversos alimentos, como pães, biscoitos, bolos e massas (BRASIL, 2005).

O processo de moagem para obtenção da farinha de trigo se dá pela redução do endosperma à farinha, precedido da separação do farelo e do gérmen (ATWELL, 2001). A maior parte da composição da farinha de trigo é de amido (70 a 75%), água (12 a 14%), proteínas (8 a 16%), uma pequena parcela de polissacarídeos não amiláceos (2 a 3%), lipídeos (2%) e cinzas (1%). Esses valores são variáveis de acordo com o cultivar do trigo (MORITA et al., 2002).

2.2 BANANA

O Brasil é um dos maiores produtores de banana. Ela é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo cultivada na maioria dos países tropicais como fonte de alimentação e renda (BOTREL et al., 2002). Em todos os estados brasileiros há o cultivo de bananeiras. Alguns fatores-chaves como, temperatura e regime de chuvas podem interferir no cultivo dessa planta. Devido a isso, a

maior parte da produção de bananas está concentrada no Pará, Minas Gerais, São Paulo e Santa Catarina (EMBRAPA, 2017).

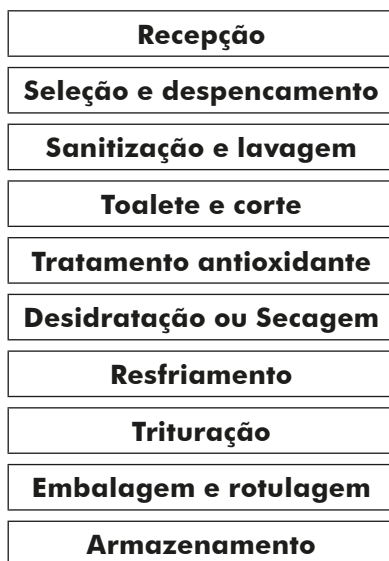
O fruto é consumido em seu estágio maduro. Com o amadurecimento do fruto, alguns compostos sofrem polimerização, o que faz com que ocorra o aumento da doçura, redução da acidez e diminuição da adstringência (VILAS BOAS et al., 2001). A banana ainda verde apresenta forte adstringência por causa da presença de compostos fenólicos solúveis, como o tanino (ADÃO; GLÓRIA, 2005). É considerada uma fonte de nutrientes saudáveis e de flavonoides, e sua aceitação pelo consumidor tem embasado uma gama extensa de estudos nutricionais e tecnológicos (TAIPINA et al., 2004). Os frutos verdes apresentam conteúdos de amido resistente considerável, que atua como fibra alimentar no organismo (PEREIRA, 2007).

2.2.1 FARINHA DE BANANA VERDE

Quando em forma de farinha, a banana verde pode ser aplicada em alimentos para enriquecimento nutricional, sem alterar o odor e nem o sabor. São diversas as aplicações como em massas, produtos de panificação, sorvetes e, de forma geral, em alimentos que possuem amido em sua composição. Sua contribuição nutricional inclui aumento de fibras, proteínas e diversos nutrientes (IZIDORO, 2007).

Na figura 1 é apresentado o fluxograma para obtenção da farinha de banana verde.

Figura 1 - Fluxograma de obtenção da farinha de banana verde



Fonte: Adaptado de Souza et al. (2009).

2.3 AMIDO RESISTENTE (AR)

O amido é basicamente formado por moléculas de amilose e amilopectina, podendo ser dividido em três tipos: rapidamente digerível, que é convertido em glicose em um tempo aproximado de 20 minutos pela ação da amilase pancreática e amiloglicosidase a 37°C; lentamente digerível, onde nas mesmas condições leva cerca de 120 minutos para a conversão em glicose; e amido resistente, que suporta as ações das enzimas digestivas, mas que fermenta sob a ação da microbiota bacteriana no intestino grosso (LOBO; SILVA, 2003). O amido resistente foi definido como aquele que não se dispersa em água fervente e não é hidrolisado pela ação da amilase pancreática e da pululanase (CHAMP; FAISANT, 1996). Como o amido resistente não é digerido pelo intestino delgado, ele passa por um processo de fermentação no intestino grosso, tendo como produto ácidos graxos de cadeia curta e gases. Devido a esses comportamentos, pode-se comparar o amido resistente com a fibra alimentar (FAISANT et al., 1993; CHAMP; FAISANT, 1996; GOÑI et al., 1996).

2.4 REOLOGIA

O primeiro estudioso a definir a reologia foi Eugene C. Bingham, que a definiu como sendo “tudo que escoar” (STEFFE, 1996). Segundo Rao (1999), todos os materiais possuem propriedades reológicas, portanto, essa ciência pode ser aplicada a diversas áreas. Em alimentos, esse atributo é essencial em processos industriais e no controle de qualidade, visando a uma relação com o entendimento do ingrediente trabalhado junto à característica sensorial final do produto. Segundo Steffe (1996), diversas áreas na indústria de alimentos podem ser destacadas nas quais os estudos reológicos são de extrema importância, como por exemplo: na determinação da funcionalidade de ingredientes no desenvolvimento de produtos, no controle de qualidade, vida de prateleira e avaliação de textura de produtos relacionados com análise sensorial.

Na reologia clássica, dois materiais ideais dão início às considerações, estes são: o sólido elástico e o líquido viscoso. O primeiro citado é dado como um material com forma definida, que retorna a sua forma e dimensão original quando sofre deformação por uma força externa dentro de certos limites. Já o líquido viscoso escoar irreversivelmente com aplicação de força externa e não tem forma definida (STANLEY et al., 1996).

2.4.1 REOLOGIA DE FARINHAS

Na determinação das propriedades reológicas da farinha, destacam-se as determinações alveográficas, que avaliam características viscoelásticas da união de uma massa formada por farinha e solução salina. Essas características são analisadas em um equipamento denominado de alveógrafo. A partir da formação da massa, são cortadas cinco amostras em formato redondo de 4,5 cm de diâmetro, que, após passar por período de descanso em temperatura controlada, sofrem expansão por meio de um sopro contínuo de ar forçado até o momento de sua ruptura. A pressão que é exercida no interior da bolha é registrada em forma de gráfico pelo Alveo Link, que é um monitor acoplado ao equipamento. Nessa análise, os parâmetros avaliados são tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade/extensibilidade (P/L), força de glúten (W) e índice de elasticidade (Ie) (GRANOTEC, 2003).

2.4.1.1 TENACIDADE (P)

Segundo Granotec (2003), no gráfico gerado por meio da análise, este parâmetro é uma média da altura máxima das ordenadas, medidos em milímetros e multiplicado por 1,1. Trata-se da resistência da massa em relação à sua deformação, levando em conta que, ao esticá-la, esta tende a voltar à sua forma inicial. O excesso de tenacidade nas massas pode impedir que elas cresçam de forma suficiente (GERMANI, 2008).

2.4.1.2 EXTENSIBILIDADE (L)

Granotec (2003) define extensibilidade como a média das abscissas, que é medida no momento em que as bolhas se rompem. Esse resultado é expresso em milímetros. Tal característica prediz a capacidade de extensão da massa sem que haja ruptura de sua parede. Está relacionada com o volume da massa no processo fermentativo e é um parâmetro variável de acordo com o produto em que a farinha é aplicada. No caso da panificação, o valor de L não deve ser muito elevado, porém, na produção de biscoitos é aceitável um valor mais elevado, pois se necessita de massas mais extensíveis (GERMANI, 2008).

2.4.1.3 TENACIDADE/EXTENSIBILIDADE (P/L)

Este parâmetro é baseado na divisão dos valores obtidos de tenacidade e extensibilidade, e, com o auxílio dessa relação, pode-se prever o equilíbrio

entre elas. As massas mais extensíveis apresentam valores menores, normalmente abaixo de 1,0. Já as massas mais tenazes apresentam valores maiores.

O produto final está fortemente relacionado com essa relação, já que o equilíbrio entre elas está ligado com o desempenho durante o processo fermentativo da massa (GERMANI, 2008).

2.4.1.4 FORÇA DO GLÚTEN (W)

Segundo Granotec (2003), a força do glúten é dada pela energia exigida para a deformação da massa, correspondente ao trabalho mecânico necessário para que a bolha sofra expansão até o rompimento de sua parede.

Quando a farinha sofre esse processo com a adição de água, a força da farinha define sua capacidade de realizar esse trabalho. Para a obtenção de um bom produto final, esse parâmetro se torna um dos mais importantes, levando em conta que ela está associada à capacidade de absorção de água pelas proteínas que formam a rede de glúten. Na panificação, essas características estão diretamente relacionadas com a formação de um bom produto final, pois se refere à capacidade de retenção de gás carbônico na massa, o que irá definir pães de volumes bons, granulometria aberta e textura sedosa do miolo (MÓDENES; SILVA; TRIGUEROS, 2009).

Baseado nos valores da força do glúten (W), costuma-se avaliar a força da farinha, definindo como sendo uma farinha forte ou fraca. Porém, cada tipo de farinha apresenta um valor de W distinto, que não permite predizer se uma farinha é boa ou ruim, mas sim definir qual é a melhor aplicação para ela (GERMANI, 2008).

2.4.1.5 ÍNDICE DE ELASTICIDADE (IE)

Quando o ar começa a ser injetado na massa, uma curva começa a ser desenvolvida pelo Alvéolink. Esse parâmetro é medido após ser injetada a quantidade de ar necessária para que a curva se desloque 4 cm (GRANOTEC, 2003).

Pelo índice de elasticidade, pode-se dizer para qual área a farinha pode ser empregada. As farinhas ideais para massas normalmente apresentam um valor de P maior que o valor de L. Já para panificação, o equilíbrio entre os valores de P e L definem um bom pão, e na produção de biscoitos é ideal ter um valor de L maior que o valor de P, ou seja, uma massa mais extensível (GUIMARÃES, 2012).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A formulação e o estudo físico-químico das misturas foram realizados nas dependências do laboratório de um moinho de trigo na cidade de Londrina. Todas as análises foram feitas em triplicata, e o estudo ocorreu de agosto a novembro de 2016.

A farinha de trigo foi fornecida por um moinho de trigo da região de Londrina e a farinha de banana verde adquirida no comércio local de Londrina – PR.

Os métodos para a caracterização da farinha de banana verde foram realizados segundo metodologias do Instituto Adolfo Lutz e a reologia da farinha com substituição parcial, pelos métodos da AACC, 2008.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE BANANA VERDE

A farinha de banana verde foi caracterizada para definir os teores de: umidade, proteína, lipídeos, cinzas e carboidratos.

3.1.1 UMIDADE

Segundo metodologia 413/IV do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985), foram pesados cerca de 2 g da amostra em uma cápsula previamente aquecida por uma hora em estufa a 130°C, resfriados em dessecador até a temperatura ambiente e pesados. O conjunto foi aquecido em estufa a 130°C durante 1 hora e resfriado em dessecador até a temperatura ambiente. Pesou-se o material e repetiu-se a operação de aquecimento e resfriamento até peso constante. A análise foi realizada em triplicata, e os resultados foram encontrados por meio da equação:

$$\frac{100 \times N}{P} = \text{Umidade por cento (m/m)}$$

Onde:

N = massa em gramas de umidade

P = massa em gramas da amostra

Equação 1 – Expressão matemática para cálculo da umidade

3.1.2 PROTEÍNAS

Para determinação de proteínas foi utilizado o método de microKjedahl, utilizando solução de ácido sulfúrico na titulação. Os valores de nitrogênio foram transformados em proteína pela multiplicação por fator 5,7 (AACC, 2008).

3.1.3 LIPÍDEOS

Conforme o método 032/IV, lipídeos ou extrato etéreo – extração direta em Soxhlet do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985) –, o cálculo para o percentual de lipídeos foi dado pela equação 2:

$$\frac{100 \times N}{P} = \text{lipídeos por cento (m/m)}$$

Onde:

N = massa em gramas de lipídeos

P = massa em gramas da amostra

Equação 2 - Expressão matemática para o cálculo de lipídeos

3.1.4 CINZAS

Para cada análise da triplicata, três gramas de amostra foram pesados em cápsulas, previamente secas em estufa a 100°C por duas horas e pesadas. As amostras foram carbonizadas e incineradas em mufla por duas horas, em seguida, resfriaram-se em dessecador até a temperatura ambiente e então foram pesadas. As porcentagens de cinzas foram obtidas pela equação 3:

$$\frac{100 \times N}{P} = \text{cinzas por cento (m/m)}$$

Onde:

N = massa em gramas de cinzas

P = massa em gramas de amostra

Equação 3 - Expressão matemática para o cálculo de cinzas

3.1.5 CARBOIDRATOS

O teor de carboidratos foi calculado por diferença, subtraindo os percentuais de proteína, umidade, lipídeos e cinzas.

3.2 OBTENÇÃO DAS FARINHAS MISTAS

A substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de banana verde foi realizada nas proporções de 0%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50%, relação massa/massa. Depois de pesadas as devidas quantidades de massa de cada uma das farinhas em balança analítica, foi feita a mistura utilizando um homogeneizador

rotativo Chopin Technologies (França). Após a constituição das misturas, elas foram armazenadas em sacos de papel *kraft* ao abrigo de calor, luz e umidade.

3.3 ESTUDO REOLÓGICO DA MISTURA

Esta fase consistiu em realizar ensaios alveográficos por meio da metodologia nº 54-30 A da AACCC (2008) em triplicata, utilizando um alveógrafo modelo MA 87 da fabricante Chopin Technologies (França), onde, para cada ensaio, uma amostra de 250 gramas de farinha mista foi misturada com uma solução salina (NaCl 2,5%) até formar uma massa homogênea. Em seguida, cinco bolinhos de 4,5 centímetros de diâmetro foram formados e descansaram no alveógrafo em um compartimento com temperatura controlada durante 28 minutos contados a partir do início do processo. Cada bolinho de massa foi testado individualmente. A pressão dentro da bolha foi registrada pelo aparelho e exibida em forma de parâmetros quantitativos e gráficos no AlvéoLink, que consiste em uma tela acoplada ao alveógrafo.

Esses ensaios apresentaram o comportamento da massa em relação as variáveis: tenacidade (P), extensibilidade (L), configuração e equilíbrio da curva (P/L), trabalho ou energia de deformação (W) e índice de elasticidade. A partir dos ensaios, pode-se prever o comportamento das massas em relação às proporções de substituição de farinha de trigo por farinha de banana verde.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância ANOVA e, quando identificada diferença significativa, foi utilizado o teste de Tukey a 1% de probabilidade para comparação entre as médias. Para a análise estatística utilizou-se o *software* Statística 5.0 (StatSoft).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição proximal (umidade, lipídeos, proteínas, carboidratos e cinzas) da farinha de banana verde utilizada para os testes está apresentada na Tabela 1. O teor de umidade encontrado nessa farinha foi de 4,57%. Borges (2007), que estudou sobre a caracterização de farinha de banana verde, encontrou o valor de 3,30%. Segundo a Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005 (BRASIL, 2005), a umidade para farinha de trigo não deve ser superior a 15%, para garantir a sua conservação durante o período de estocagem (PIZZINATO,

1999). Conforme Ortolan (2006), esse parâmetro, quando elevado, é o principal responsável pelo aumento da velocidade das reações químicas e enzimáticas, que podem provocar alterações nas características nutricionais e sensoriais, além de tecnológicas. Pelo fato de a farinha de banana verde apresentar baixo teor de umidade, ela não é capaz de interferir na conservação da farinha mista. De acordo com Hrusková e Machová (2002), que avaliaram armazenamento de dois tipos de farinhas por 3 meses, a umidade da farinha sofre influência das condições ambientais, entretanto, a influência das condições ambientais sobre parâmetros de qualidade da farinha não são bem explicados.

O teor de proteínas (tabela 1) encontrado foi de 4,67%, similar ao de Borges (2007), que identificou valores ao redor de 4,50%. Quanto ao teor de cinzas (tabela 1), os valores foram de 3,16%, enquanto Borges (2007) encontrou o valor de 2,59% e Moraes Neto et al. (1998) obtiveram um resultado de 4,40%. Segundo Vernaza et al. (2011), em seu estudo que avalia a farinha de banana verde como ingrediente funcional em produtos alimentícios, essa farinha é rica em minerais como potássio e cálcio, além de também possuir magnésio e enxofre.

No trabalho de Medeiros et al. (2010), que estudaram as características físico-químicas da mistura de farinhas de banana e castanha, os valores de lipídeos da amostra de farinha de banana verde encontrados foram de 0,88% e 83,31% de carboidratos, enquanto na caracterização realizada na farinha utilizada para este estudo, os valores foram de 0,78% e 86,86% respectivamente (tabela 1).

Tabela 1 – Porcentual de umidade, lipídeos, proteínas, carboidratos e cinzas em amostra de farinha de banana verde utilizada para obtenção de farinha mista com farinha de trigo

Umidade	Lipídeos	Proteínas	Carboidratos	Cinzas
4,57%0,03	0,78%0,02	4,67%0,16	86,86%0,07	3,16%0,12

Fonte: Autoria própria (2017).

4.1 ALVEOGRAFIA DAS FARINHAS MISTAS

Na Tabela 2 estão expressos os resultados de alveografia para a farinha de trigo e para as farinhas mistas. Conforme os resultados, os valores do trabalho de deformação (W) (Tabela 2) demonstraram que quanto maior foi a substituição por farinha de banana verde, este valor tendeu a diminuir, ou seja, houve perda da força de glúten. A força do glúten (W) é definida como a energia de deformação da massa, ou seja, corresponde ao trabalho mecânico que é necessário para que a bolha se expanda até sua ruptura, e esse valor é expresso em 10^{-4} J (GRANOTEC, 2003).

Quando o termo “força de farinha” é utilizado, tem-se como finalidade designar a menor ou maior capacidade da farinha de sofrer um trabalho mecânico quando é misturada à água (MÓDENES; SILVA; TRIGUEROS, 2009). A farinha ser considerada como “forte” ou “fraca” não significa que seja ruim ou boa, porém, caracteriza que cada uma deve ser utilizada para diferentes finalidades (CEZAR, 2012). Para massas fermentadas, como é o caso das de panificação, a força da farinha está ligada à duração do tempo de fermentação, dessa forma, quanto mais forte a farinha, ou seja, com valores de W mais altos, a massa irá necessitar de um tempo maior de fermentação para atingir o seu desenvolvimento, o que resulta em uma melhor qualidade do produto final, com grande volume, miolo com estrutura menos espessa e de maior maciez (CAUVAIN; YOUNG, 2009). As exigências em termos de força da farinha variam conforme o tipo de derivado a ser produzido. A farinha que é considerada ideal para a produção de pão não terá as mesmas características reológicas que são necessárias à produção de biscoitos (GERMANI, 2008).

Os valores de W encontrados nas análises alveográficas realizadas nas farinhas mistas variaram de 252 para a farinha de trigo pura (referência) à 92 para a substituição de 50% por farinha de banana verde, ou seja, quanto maior o percentual de farinha de banana verde utilizada na substituição, menor foi a força do glúten. Segundo Oro (2013), em um estudo onde foram realizados testes reológicos com substituições parciais de farinha de trigo integral à farinha de trigo (referência), pode-se observar que conforme foi aumentada a quantidade de farinha integral na mescla, menor foi o valor obtido para a força de glúten (W). Este fato deu-se pelo aumento do teor de fibras na massa, o que causou diminuição na resistência quando expandida durante a alveografia. Conforme os dados da Tabela 1, o principal constituinte da farinha de banana verde são carboidratos e isso promove a redução da força de glúten, pela redução dos teores das suas proteínas formadoras.

Os valores de tenacidade (P) (Tabela 2) tenderam a aumentar à medida que houve incremento das concentrações de farinha de banana verde nas misturas testadas. Pessanha (2016) em estudo reológico realizado com farinha de trigo com adição de fibra de bambu, observou o mesmo comportamento para esse parâmetro. O aumento na substituição também influenciou nos valores de extensibilidade (L), sendo que o aumento nas contrações da farinha de substituição levou à redução da extensibilidade, ou seja, a farinha tornou-se menos elástica. De acordo com Fernandes et al. (2008), a extensibilidade trata-se de um indicador do volume da massa e depende do conteúdo de proteínas presentes na

farinha. O aumento da farinha de banana leva a menor concentração dos teores de proteínas formadoras do glúten.

Guarienti (1996) explica que as farinhas que apresentam valores de P/L inferiores a 0,60 podem ser consideradas extensíveis, ou seja, de glúten extensível. Farinhas com valores que variam entre 0,61 a 1,20 têm características de glúten balanceado, e quando o valor de P/L é maior que 1,21, ela apresenta glúten tenaz. A relação entre a tenacidade e extensibilidade (P/L) (tabela 2) variou de 1,9 a 25,1, sendo 1,9 para a farinha de trigo pura e 25,1 para a substituição parcial de 50% de farinha de banana verde na relação massa/massa. Fernandes et al. (2008), em estudo sobre o comportamento da farinha de trigo com substituição parcial de farinha de casca de batata, justificam esse fato pelo decréscimo do teor das proteínas glutenina e gliadina, as quais são responsáveis pela formação da rede de glúten, uma vez que a farinha de substituição utilizada não possui essas proteínas em sua composição. Como demonstrado na tabela 1, a farinha de banana verde apresenta valores de proteína ao redor de 4%, ou seja, bem inferior ao da farinha de trigo, que é em torno de 16%. Além do mais, em sua fração proteica, a farinha de banana verde não apresenta proteínas formadoras do glúten. Farinhas com essas características, baixa elasticidade e alta tenacidade, segundo Pauly (2013), podem ser aplicadas para a industrialização de massas, porém, devem apresentar força de glúten considerável, o que não aconteceu conforme a concentração de farinha de banana verde foi aumentada.

Tabela 2 – Avaliação do percentual de substituição de farinha de trigo por farinha de banana verde e sua influência sobre tenacidade, elasticidade, força de farinha e relação P/L

% Substituição	P (mm)	L (mm)	P/L	W (x10 ⁻⁴ J)
0	113f	58,3 ^a	1,9a	252 ^a
5	111f	48,3b	2,3a	201b
10	132e	38,3c	3,4a	185c
20	140d	23d	6,1b	141d
30	153c	16,7e	9,2c	121e
40	165b	11,3f	14,6d	112f
50	186a	6,7g	25,1e	92g

Legenda: (P) tenacidade, (L) elasticidade, (P/L) relação entre tenacidade e elasticidade, (W) força da farinha 10⁻⁴J

Avaliando os resultados obtidos para a análise alveográfica e as possíveis aplicações para farinhas com diferentes níveis de substituição, Fernandes et al.

(2008) descrevem que o parâmetro de tenacidade (P), ou “ponto máximo de ruptura”, pode ser considerado correlacionado ao índice de estabilidade da massa obtida a partir da farinha, ou seja, quanto maior é a concentração de farinha de banana verde adicionada à farinha de trigo, maior o valor de P, o que indica uma maior resistência à expansão da massa, e a extensibilidade propriamente medida (L).

Fernandes et al. (2008) afirmam que, para panificação, o ideal é que se obtenha um bom equilíbrio entre estes dois valores, além do valor da força do glúten (W). Segundo Germani (2003), para bons resultados em panificação, os valores da força do glúten (W) devem estar entre 150 a 280 x 10⁻⁴Joules, e a relação entre a tenacidade e extensibilidade (P/L) entre 0,5-1,7. Já Guarienti (1996) afirma que, para aplicação em pães, o ideal são farinhas com um bom balanceamento, ou seja, valores de P/L variando entre 0,50 - 1,20. Nessa pesquisa, farinhas com até 10% de substituição atenderiam aos exigidos para força de glúten, mas não ao exigido para a relação P/L. Massas com esse perfil apresentariam maior resistência ao crescimento de seu volume, gerando massas mais densas.

Para a aplicação em bolos e biscoitos são ideais farinhas extensíveis, de baixa força geral de glúten e baixo teor proteico, com relação P/L < 0,49, e, para aplicação em massas, buscam-se farinhas mais tenazes, ou seja, P/L > 1,21(GUARIENTI, 1996; GUTKOSKI, et al., 2011).Os resultados encontrados para as farinhas mistas indicam que à medida que ocorreu aumento da concentração de farinha de banana verde houve exatamente menor força de glúten, o que indicaria essa possibilidade; entretanto, também aqui, os valores da relação P/L não são adequados por apresentarem redução da extensibilidade. No caso de macarrões e outros tipos de massas alimentícias que exigem maior tenacidade, o limite poderia estar relacionado ao menor conteúdo proteico. Neste trabalho não foi realizada análise dos teores proteicos das diferentes farinhas mistas, mas é possível prever redução dos seus teores em virtude dos baixos níveis de proteína (Tabela 1) encontrados na farinha de banana verde.

Embora os resultados de alveografia aqui encontrados pareçam indicar bastante limitação quando ao emprego de tais farinhas mistas, é importante ressaltar alguns aspectos. Em primeiro lugar, a avaliação da qualidade de uma farinha para um determinado uso é algo muito complexo, sendo que vários fatores interferem e diferentes métodos foram criados para tal fim. Entretanto, não há uma unanimidade em afirmar que determinado parâmetro seja isoladamente conclusivo. O uso de farinhas mistas em sistemas provavelmente não conseguirá obter produtos com as mesmas propriedades e características daqueles que são tradicionalmente aceitos e feitos com farinha de trigo. Entretanto,

outros ingredientes podem ser incorporados e alterações nos processos podem ser feitas, objetivando melhorar a qualidade de tais produtos. Exemplo disso é o uso de ovos e estearoil lactil-lactato de sódio na fabricação de macarrões com farinhas de trigos comuns e até mesmo sem glúten (TOMICKI et al., 2015), em detrimento de trigo *durum*.

Além disso, é possível a fabricação de produtos de panificação sem uso de farinha de trigo, especialmente para consumidores celíacos, e tais produtos alcançam aceitabilidade sensorial. Da mesma forma alguns produtos vêm sendo desenvolvidos com a adição de farinha de banana verde, apresentando bons níveis de aceitabilidade como *cookies* (FASOLIN et al., 2007), barra de cereais (SANTOS, 2010), pré-misturas para bolos (BORGES, 2007). Portanto, o emprego de farinhas mistas de trigo e banana verde abrem possibilidades de novos estudos e desenvolvimento visando à qualidade e à aceitabilidade de seus produtos derivados.

5 CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos neste trabalho, pode-se observar que a substituição da farinha de trigo por farinha de banana verde impacta as propriedades reológicas das farinhas mistas, aumentando os valores de tenacidade (P) e relação P/L e diminuindo a extensibilidade (L) e a força do glúten (W). A intensidade de tais alterações é tão maior quanto maior o grau de substituição.

Baseado nos resultados de alveografia, o uso das farinhas mistas mostrou-se limitante para emprego em pães, biscoitos e bolos, devido aos valores de força de glúten e/ou a relação P/L, mesmo nos menores níveis de substituição.

REFERÊNCIAS

AACC (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMIST). *Approved Methods of the AACC* (10th ed.). St. Paul, MN: The Association. 2008.

ADÃO, R. C.; GLÓRIA, M. B. A. Bioactive Amines and Carbohydrate Changes During Reopening of Prata Banana (*Musa acuminata* × *M. balbisiana*). *Food-Chemistry*, v. 90, n. 4, p. 705-711, 2005.

ATWELL, W. A. Wheat Flour. *American Association of Cereal Chemists*. St. Paul: AACC, 2001. (Eagen Press Handbook Series)

BORGES, A. M. *Caracterização e estabilidade de pré-misturas para bolo à base de farinha de banana verde*. 2007. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

BOTREL, N. et al. Inibição do amadurecimento da banana-prata-anão com a aplicação do 1 metilciclopropeno. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 53-56, abr. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 7 de 15 de agosto de 2001. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade do Trigo. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 15 ago. 2001.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8 de 3 de junho de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 27 jun. 2005.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº7 de 15 de agosto de 2001. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade do Trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 15 ago. 2001.

CAUVAIN, S. T.; YOUNG, L. S. *Tecnologia de panificação*. 2. ed. Barueri: Manole, 2009. 418 p.

CEZAR, A. P. C. Controle de Qualidade na Farinha de Trigo. 2012. 26f. *Trabalho de Estágio Supervisionado do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Campo Mourão, 2012.

CHAMP, M.; FAISANT, N. Resistant starch: analytical and physiological aspects. *B. SBCTA*, v. 30, n. 1, p. 37-43, 1996.

COSTA, L. L. *Estudo reológico, físico-químico e sensorial do uso de farinha de semente de abóbora (Cucurbita sp.) na elaboração de pão de forma*. 2014.

62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2014.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). *Produção brasileira de banana 2016*. Dados de 2017. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/banana/b1_banana.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2018.

FAISANT, N. et al. Structural Discrepancies in Resistant Starch Obtained in Vivo in Humans and in Vitro. *Carbohydr. Polym.*, v. 21, p. 205-209, 1993.

FASOLIN, L. H. et al. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, n. 27; v. 3, p. 524-529, jul.-set. 2007.

FERNANDES, A. F. et al. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum Lineu*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, p. 56-65, 2008.

GERMANI, R. Qualidade de farinha de trigo e panificação. In: SEMANA ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 9., 2003, Rio de Janeiro. *Apostila...* Rio de Janeiro: UFRuralRJ, 2003. 74 p.

GERMANI, R. *Características dos grãos e farinhas de trigo e avaliação de suas qualidades*. Embrapa – Laboratório de análise de trigo. Rio de Janeiro, ago. 2008.

GOÑI, I. et al. Analysis of Resistant Starch: a Method for Foods and Food Products. *FoodChem.*, v. 56, n. 4, p. 445-449, 1996.

GRANOTEC. *Metodologias Analíticas*. Ago. 2003.

GUARIENTI, E. M. *Qualidade Industrial de Trigo*. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa – CNTP, 1996.

GUIMARÃES, Marta. *Técnicas Laboratoriais em Trigo*. Campo Mourão, 2012.

GUTKOSKI, L. C. et al. Influência do tipo de farinha de trigo na elaboração de bolo tipo inglês. *Braz. J. Food. Technol.*, Preprint Series, n. 458, 2011.

HADDAD, Y. et al. Rheological Behaviour of Wheat Endosperm - Proposal for classification based on the rheological characteristics of endosperm test samples. *Journal of Cereal Science.*, v. 34, n. 1, p. 105-113, 2001.

HOSENEY, R. C. *Principios de ciencia y tecnologia de los cereales*. Zaragoza: Acribia, 1991.

HRUŠKOVÁ, M.; MACHOVÁ, D. Changes of wheat flour properties during short term storage. *Czech Journal Food Science*, v. 20, n. 4, p. 125-130, 2002

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. v. 1 Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. v. 1. p. 42-43.

IZIDORO, D. R. *Influência da polpa de banana (Musa cavendishii) verde no comportamento reológico, sensorial e físico-químico de emulsão*. 2007. 167 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

LÉON, A. E. *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación em Iberoamérica*. Córdoba: Hugo Báez, 2007.

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. *Rev. Nutr.*, v. 16, n. 2, 2003.

MEDEIROS, Marlene Jardim et al. Composição química de misturas de farinhas de banana verde com castanha-do-brasil. *Rev. Inst. Adolfo Lutz.*, v. 3 n. 69, p. 396-402, 2010.

MÓDENES, Aparecido Nivaldo; SILVA, Acir Martins da; TRIGUEROS, Daniela Estelita Goes. *Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado*. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-206120090003000008&script=sci_arttext>. Acesso em: 5 mar. 2012.

MORAES NETO, J. M. et al. Componentes químicos da farinha de banana (*Musa spp.*) obtida por meio de secagem natural. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 2, n. 3, p. 316-318, 1998.

MORITA, N. et al. Dough and Baking Properties of High-amylose and Waxy Wheat Flours. *Cereal Chemistry*, v. 79, p. 491-495, jul. 2002.

ORO, T. Adaptação de métodos para avaliação da qualidade tecnológica de farinha de trigo integral. 2013. 195 f. Tese (Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

ORTOLAN, F. *Genótipos de trigo do Paraná – safra 2004: caracterização e fatores relacionados à alteração da cor da farinha*. 2006. 140 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

PAULY, T. *Características agrônômicas de cultivares de trigo e qualidade tecnológica da farinha em função do espaçamento entre linhas*. 2013. 63 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2013.

PEREIRA, K. D. Amido resistente, a última geração no controle de energia e digestão saudável. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 27, n. 1. p. 88-92, ago. 2007.

PESANHA, M.D.F. Propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada de fibra alimentar e características sensoriais do produto após assamento. 2016.

119f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

PIZZINATO, A. *Qualidade da farinha de trigo*. Campinas: Ital, 1999.

POPPER, L.; SCHAFER, W.; FREUND, W. *Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement*. Kansas City: Agrimedia, 2006.

QUAGLIA, G. *Ciencia y tecnologia de la panificación*. Zaragoza: Acribia, 1991.

RAMOS, D.; LEONEL, M.; LEONEL, S. Amido resistente em farinhas de banana verde. *Alim. Nutr.*, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 479-483, jul.-set. 2009.

RAO, M. Anandha. *Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications*. Gaithersburg: Aspen, 1999.

RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S. L. Characterization of Fibre-Rich Powder Prepared by Liquefaction of Unripe Banana Flour. *Food Chemistry*, v. 107, p. 1515-1521, 2008.

SANTOS, J. F. *Avaliação das propriedades nutricionais de barras de cereais elaboradas com farinha de banana verde*. 2010. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2010.

SCHEUER, P. et al. Trigo: Características e utilização na panificação. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 211-222, 2011.

SOUZA, J.M.L et al. *Farinha mista de banana verde e de castanha-do-brasil*. Embrapa: Brasília, 2009. 54 p.

STANLEY, D. W.; GOFF, H. D.; SMITH, A. K. Texture-structure Relationships in Foamed Dairy Emulsions. *Food Research International*, v. 29, n. 1, p. 1-33, 1996.

STEFFE, J. F. *Rheological Methods in Food Process Engineering*. 2. ed. East Lansing: Freeman Press., 1996.

TAIPINA, M. S. et al. Aceitabilidade sensorial de suco de manga adicionado de polpa de banana (*Musa sp.*) verde. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, v. 63, n. 1, p. 49-55, 2004.

TOMICKI, L. et al. Elaboração e avaliação da qualidade de macarrão isento de glúten. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 45, n. 7, jul. 2015.

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.

VILAS BOAS, E. V. B. et al. Características da fruta. In: MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, I. S. (Ed.). *Banana: pós-colheita*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 15-19.

