

Propriedades viscoamilográficas e higroscópicas das farinhas dos caroços de abacate (*Persea Gratissima Gaertner F.*), jaca (*Artocarpus Heterophyllus L.*) e seriguela (*Spondias Purpúrea L.*)

Viscoamylographic and hygroscopic properties of avocado (*Persea Gratissima Gaertner F.*), jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus L.*) and seriguela (*Spondias Purpúrea L.*)

DOI:10.34117/bjdv8n7-005

Recebimento dos originais: 23/05/2022

Aceitação para publicação: 30/06/2022

Maria Rosa Figueiredo Nascimento

Doutora em Ciências pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
Endereço: Rodovia BR 465, Km 07, S/N, Zona Rural, Seropédica - RJ, Brasil
E-mail: mariarosa@ufrj.br

Valéria França de Souza

Doutora em Ciências pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
Endereço: Rodovia BR 465, Km 07, S/N, Zona Rural, Seropédica - RJ, Brasil
E-mail: vssouzafrana@gmail.com

Nandara Gabriela Mendonça Oliveira

Graduanda em Engenharia Alimentar pela Universidade de Lisboa
Instituição: Universidade de Lisboa (ULISBOA)
Endereço: Tapada da Ajuda, 1349-017, Lisboa, Portugal
E-mail: nandaragabrielam@gmail.com

Kátia Cansanção Correa de Oliveira

Doutora em Ciências Nutricionais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro
Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Endereço: Av. Pedro Calmon, 550, Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, Brasil
E-mail: kcansancao@gmail.com

José Luis Ramírez Ascheri

Doutor em Tecnologia de Alimentos
Instituição: Embrapa Agroindústria de Alimentos
Endereço: Av. das Américas, 29501, Guaratiba - RJ, Brasil
E-mail: jose.ascheri@embrapa.br

RESUMO

Visando sua utilização na elaboração de produtos alimentícios, foram obtidas diferentes farinhas de abacate, (*Persea Gratissima Gaertner F.*), jaca (*Artocarpus Heterophyllus L.*), e seriguela (*Spondias Purpúrea L.*). Estas farinhas foram avaliadas quanto à distribuição granulométrica e propriedades reológicas, como viscosidade de pasta e propriedades funcionais através das análises de índice de absorção em água (IAA) e índice de

solubilidade em água (ISA). Os resultados mostraram que as farinhas podem ser aplicadas como ingredientes na produção de diversos produtos alimentícios. Nesse sentido as farinhas estudadas possuem potencial de utilização como ingrediente de produtos panificáveis dentre outras alternativas.

Palavras-chave: resíduos, granulometria, viscosidade, índice de solubilidade e absorção em água.

ABSTRACT

Aiming at its use in the elaboration of food products, different flours of avocado (*Persea Gratissima Gaertner F*), jackfruit (*Artocarpus heterophyllus L.*), and seriguela (*Spondias Purpúrea L*) were obtained. These flours were evaluated in terms of granulometric distribution and rheological properties, such as paste viscosity and functional properties through analysis of water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI). The results showed that flours can be applied as ingredients in the production of various food products. In this sense, the studied flours have the potential to be used as an ingredient in bakery products, among other alternatives.

Keywords: residues, granulometry, viscosity, solubility index and water absorption.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta inúmeros coprodutos agrícolas e industriais. Diversas frações de plantas, como galhos, caules e sementes, estão disponíveis no país, porém com grandes dificuldades de comercialização, por falta de processos adequados para a sua utilização, ou problemas de custos na transformação em matéria prima utilizável. Grande parte desses materiais com altos teores de umidade, que provocam a sua rápida deterioração em curto tempo. Nesse sentido, a estabilização desses materiais requer de prévios estudos de factibilidade técnico-econômica, para inversões que tenham suficiente retorno. Muitos destes possuem alto potencial para uso na alimentação e para o desenvolvimento de diversos tipos de alimentos, sendo perfeitamente aptas para inclusão na dieta diária, principalmente considerando seu valor nutricional e conteúdo de compostos bioativos (ENGELS et al., 2012, GIROTTO, ALIBARDI, COSSU, 2015).

Dependendo da cultivar, as sementes de abacate podem representar aproximadamente 16% do peso do fruto fresco e são constituídas principalmente por água (~50%), amido (até 29%), fibra (3%), proteína (2,5%), açúcar (2,5%) e cinzas (1,4%), entre outros componentes (BUILDERS et al., 2010; CHEL et al., 2016, GÓMEZ et al., 2014). É possível obter farinhas de sementes de abacate; no entanto, existe pouca informação sobre as potenciais aplicações na indústria agroalimentar (GÓMEZ et al.,2014, MAHAWAN et al., 2015). A semente é composta majoritariamente por

estruturas fenólicas como flavonóides, ácidos fenólicos, antocianinas, catequinas e as proantocianidinas (BAZZO, 2015). Putri e Sumardiono (2020) verificaram que, na farinha de semente de abacate corresponde à carboidrato (78,56%), gordura (3,68%), proteína (7,46%), teor de água (7,48%) e teor de cinzas (2,82%).

De acordo com vários estudos químicos e histológicos, o perianto e a semente da jaca apresentam alto teor de amido, e a fibra alimentar e o teor de polpa variam com a maturidade (RANASINGHE, MADUWANTHI, MARAPANA, 2019; JAGDALE et al., 2021). A composição química da jaca varia de acordo com a variedade, enquanto em comparação com diferentes frutas tropicais, as polpas e sementes frescas de jaca contêm mais cálcio, proteína, ferro e tiamina (GUINÉ e FLORENÇA, 2019; RANASINGHE, MADUWANTHI, MARAPANA, 2019; PALAMTHODI, SHIMPI, TUNGARE, 2021). De acordo com Ranasinghe; Maduwanthi; Marapana (2019) relataram que seu potencial estabilizante e espessante além da sua elevada capacidade de absorção de água e de óleo, bem como alta temperatura de gelatinização, cristalinidade e boa estabilidade térmica, tornam o amido do semente de jaca um produto potencialmente adequado para utilização industrial. As sementes de jaca têm sido utilizadas com sucesso na produção de determinados produtos de valor agregado, alguns dos quais representados (produtos de panificação), (extrusados) e outros produtos) (WAGHMORE et al., 2019).

Estudos realizados por ALBURQUERQUE et al., (2016) verificaram que a farinha de resíduo de seriguela apresenta teor considerável de carboidratos (71,77%), e alto valor calórico total (313,21 Kcal). O pH baixo (3,17) e a acidez (0,31%) indicam um produto levemente acidificado. Observou-se que a farinha de resíduo de seriguela apresenta teor significativo de ácido ascórbico (57,99 mg/100g) e fibras (12,82%), o que confirma seu potencial nutricional. Baixo teor de umidade (8,48%) e atividade de água (0,62), verificaram que, para cinzas, proteínas e lipídios foram de 1,84%, 3,94% e 1,15% respectivamente. Portanto, a utilização da farinha de resíduo de seriguela pode ser uma forma eficaz e de baixo custo para a elaboração de produtos alimentícios como biscoitos doces ou salgadinhos, barras de cereais e pães, o que vai ao encontro de estudos anteriores que também utilizaram resíduos de frutas (FERREIRA et al. , 2015; MENON, MAJUMDAR, RAVI, 2015; PINELI et al, 2015), pois há uma alta geração de resíduos de frutas sem valor comercial, mas com aspectos nutricionais significativos, potenciais benefícios à saúde, sendo também importante do ponto de vista de sustentabilidade ambiental.

Guillon e Champ (2000) ressaltam as características higroscópicas são descritas por diferentes parâmetros: índice de absorção de água e retenção de óleo, solubilidade e volume de intumescimento. Estas são úteis para alimentos enriquecidos com este componente, é importante na estrutura e na consistência de produtos alimentícios.

Niba e colaboradores (2002) relataram que a definição de índice de absorção de água como sendo o peso da amostra hidratada por peso da amostra seca. Para Gutkosky (1997), o índice de solubilidade em água é um parâmetro que reflete a degradação sofrida pelos constituintes da fibra, ou seja, o somatório dos efeitos de gelatinização, dextrinização e, conseqüentemente, solubilização (GUTKOSKY, 1997). De acordo com Guillon e Champ (2000) relataram que a solubilidade tem efeito na função da fibra e, principalmente, na estabilidade da viscosidade.

Este trabalho teve como objetivo o aproveitamento dos resíduos (caroços) de abacate, jaca e seriguela para a produção de farinhas, sob este contexto avaliar a granulometria e as propriedades de pasta e higroscópicas.

2 METODOLOGIA

2.1 MATÉRIA PRIMA

Todos os frutos: abacate (*Persea gratissima*), jaca (*Artocarpus integrifolia*) cv.jaca mole e seriguela (*Spondias purpúrea L.*) foram adquiridos no período de safra na CEASA –Central de Abastecimento Sociedade Anônima- Unidade Grande Rio no Município do Rio de Janeiro- RJ.

2.2 PRODUÇÃO DAS FARINHAS DOS CAROÇOS DE ABACATE, JACA E SERIGUELA

Para a produção das farinhas foram realizadas no Laboratório de Alimentação e Nutrição do Departamento de Economia Doméstica e Hotelaria (DEDH), Instituto de Ciências Sociais Aplicadas (ICSA) – Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizado no município de Seropédica – RJ. Os frutos foram selecionados um a um, considerando os aspectos visuais, firmeza e ausência de danos físicos e doenças em seguida foram pesados e lavados, compreendendo as etapas de pré-lavagem, lavagem e desinfecção. Os frutos foram colocados em água clorada a 200 ppm por 20 minutos e enxaguados em água declorada. Posteriormente foram descascados e despulpados, obtendo-se os caroços. Os caroços de abacate, de jaca e de seriguela, logo após a obtenção, foram lavados em água corrente para a retirada dos resíduos de polpa,

processados em um multiprocessador, marca SKYMSEN PA7. Para a redução dos teores de umidade foram secos em um desidratador com circulação de ar a 60°C, marca PARDAL, por 10 horas, para os caroços de jaca e 8 horas para os demais caroços. Parcialmente secos foram transformados em farinha com auxílio de moinho de facas e martelos compeneira de 1mm, moinho de disco com abertura de 2mm, marca Laboratory Mill 3600 e por último pelo moinho de Perten 1680 rpm com 0,8 mm, que resultou em uma farinha de fina granulometria, posteriormente caracterizadas por análise granulométrica. As farinhas obtidas foram armazenadas em vidros sob congelamento a -10°C.

2.3 GRANULOMETRIA

As análises foram realizadas no Laboratório de Escoamento de Fluidos do Departamento de Engenharia Química do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

A determinação do tamanho das partículas das farinhas dos caroços de abacate, jaca e seriguela foram efetuadas com auxílio de um conjunto de peneiras do aparelho RETSCH, modelo KS 1000. Foram utilizadas amostras de 100 g e o tempo de agitação por 10 minutos, na posição 80 do reostato do aparelho, procedimento descrito pelo método número 965.22 (AOAC, 2005).

2.4 PROPRIEDADES REOLÓGICAS

2.4.1 Propriedade de Pasta

As análises foram realizadas na Embrapa Agroindústria de Alimentos- CTAA, Laboratório de Análise de Cereais.

As propriedades de pasta foram determinadas com auxílio de visco analisador rápido (RVA), da Newport Scientific, seguindo-se basicamente, o método relatado por (BATEY; URTIN; MOORE, 1997). Três gramas de farinhas foram suspensas e, 25 mL de água destilada (volume corrigido para a base de 11% de umidade na amostra). A mistura foi agitada a 960 rpm por 10 segundos e depois a 160 rpm por 5 segundos, logo após prosseguiu-se a análise por 21 minutos. O perfil da temperatura padrão consistiu nas seguintes etapas: a temperatura inicial foi de 25°C, manteve-se por 4 minutos, depois foi aumentado gradualmente em 14°C/min por 5 minutos até a temperatura de 95°C, permanecendo constante durante 3 minutos. O resfriamento foi feito também

gradualmente com a diminuição da temperatura em 14°C/min até atingir a temperatura final de 25°C. Foram mensurados:

- a) Viscosidade a frio (VFr): valor da viscosidade no início do ciclo de aquecimento;
- b) Viscosidade de pico (VP): valor da viscosidade no ponto máximo da curva, obtido durante o ciclo de aquecimento, correspondendo à viscosidade máxima da pasta quente;
- c) Viscosidade de manutenção (VM): menor valor da viscosidade, obtido durante os 5 minutos à temperatura constante de 95°C, correspondendo à viscosidade mínima da pasta quente;
- d) Viscosidade final (VF): valor da viscosidade após ter atingido a temperatura de 25°C no ciclo de resfriamento;
- e) Viscosidade de quebra (VQ): é a subtração do valor da VP pelo valor da VM, ou seja, $VQ=VP-VM$;
- f) Retrogradação (R): é a subtração do valor da VF pelo valor da VM, ou seja $R=VF-VM$.

2.5 PROPRIEDADES HIGROSCÓPICAS

As análises foram realizadas na Embrapa Agroindústria de Alimentos- CTAA, Laboratório de Análise de Cereais.

2.5.1 Índice de absorção e solubilidade

As análises foram realizadas na Embrapa Agroindústria de Alimentos, Laboratório de Análise Reológicas e processamento de Grãos e Cereais.

Os índices de absorção em água e solubilidade das farinhas foram determinados segundo metodologia descrita por ANDERSON et al. (1969). Em tubo de ensaio, com tampa, foram pesados 1,00 gramas (g) de amostra, onde foi adicionado 10mL de água e, foi agitado por 30 minutos, banho maria a 25°C, a suspensão foi transferida para um tubo de centrífuga Excelso II modelo 206 MP e foi centrifugada a 9000 rpm durante 15 minutos, na equação (2) para os valores de ISA (Índice de Solubilidade em Água) o líquido sobrenadante foi recolhido cuidadosamente em placa de petri e evaporado em estufa a 105°C por 4 horas. O peso do resíduo da centrifugação foi pesado e determinou-se o índice de absorção de água (IAA), a partir do resíduo da evaporação do sobrenadante segundo a equação 1.

O cálculo para este índice foi realizado de acordo com a seguinte equação (1) adaptada por Hashimoto e Grossmann (2003), observada abaixo:

$$IAA = \left[\frac{\text{Peso do resíduo da centrifugação (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}} \right] = \text{g gel/g matéria seca} \quad (1)$$

A equação (2) para o cálculo do índice de solubilidade em água (ISA) observada abaixo:

$$ISA = \left[\frac{\text{Peso do resíduo da evaporação (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}} \right] \times 100 = \% \quad (2)$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA

Os resultados da classificação granulométrica das farinhas utilizadas estão na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação granulométrica das farinhas dos caroços de abacate, jaca e seriguela

Mesh Tyler	Abertura μm	Abacate	Jaca	Seriguela
28	600	-	-	5,16
35	425	-	-	9,07
42	350	2,35	5,54	-
48	300	13,96	9,23	10,84
65	212	30,11	19,03	-
80	177	23,83	24,95	25,75
100	149	15,56	-	-
150	106	10,69	19,8	24,79
250	62	-	15,8	20,71
base		4,03	5,1	3,84

A análise dos resultados permite observar que a farinha de abacate obteve maior retenção na peneira de 65 mesh, com abertura de 212 μm correspondendo (30,11%), a farinha de jaca e de seriguela pôde-se observar na Tabela 1 que a maior retenção ficou na peneira de 80 mesh, com abertura de 177 μm (24,95%) e (25,75%), respectivamente, Tabela 1.

Nota-se ainda de um modo geral que as farinhas ficaram retidas entre as peneiras de 65 e 80 mesh. De acordo com a portaria de nº 354, de 18 de julho de 1996 recomenda-se um percentual de farinha de trigo na utilização na elaboração de bolos que passe pela

peneira 60 mesh e abertura de 250 μm (BRASIL, 1996). Portanto, as farinhas apresentaram maior granulometria quando comparadas com a farinha de trigo.

De acordo com ALMEIDA et al. (2020) avaliaram a análise granulométrica diferencial da farinha da casca de jaboticaba (*Myrciaria cauliflora Berg*) e verificaram maior quantitativo de partículas da farinha foi retida na peneira de 32 mesh, com valor de 21,17%. Assim, pelo presente estudo verifica-se que as farinhas de abacate, seriguela e jaca alcançaram maior retenção de partículas comparados por ALMEIDA et al. (2020). Por outro lado, LIMA (2015) relatou para a utilização da farinha de caroço de açaí na adição de iogurtes, bombons, bolos e tortas, deve-se dar prioridade para as farinhas retidas na peneira de 300 μm , considerada a farinha com partículas mais finas, para o preparo de extratos pode-se utilizar toda a farinha obtida.

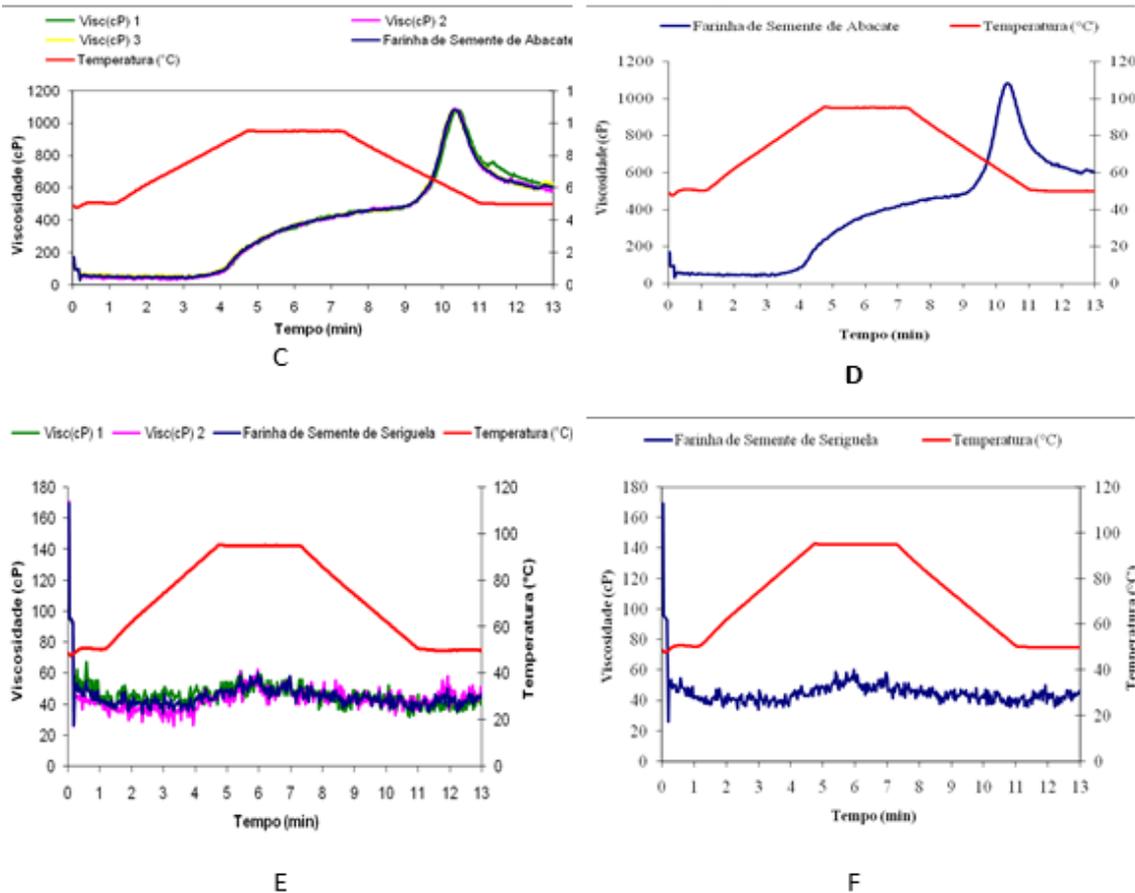
3.2 PROPRIEDADES REOLÓGICAS

3.2.1 Propriedade de pasta

A viscosidade é uma das propriedades mais importantes dos materiais amiláceos. A curva de viscosidade representa o seu comportamento durante o aquecimento e permite avaliar as características da pasta formada, devido às modificações estruturais das moléculas de amido e a tendência a retrogradação durante o resfriamento (SEBIO, 1996).

Diante da importância dos produtos e da necessidade de conhecimento de suas propriedades de pasta para um melhor controle de processo e também para uma possível valorização destes como ingredientes, pode-se observar na Figura 2 o comportamento das propriedades viscoamilográficas das diferentes farinhas em estudo.

Figura 2. Gráficos das Propriedades de pasta das farinhas dos caroços de abacate, jaca e seriguela: (A, B) Jaca; (C, D) Abacate; (E, F) Seriguela.



A viscosidade de pasta depende do grau de gelatinização do amido e da taxa de fragmentação e solubilização molecular. A gelatinização refere-se à formação de uma pasta viscoelástica túrbida ou, em concentrações suficientemente altas, de um gel elástico opaco (ASCHERI, 2004).

A viscosidade, gelatinização e retrogradação fornecem informações importantes para a indústria de amidos e a elaboração de produtos alimentares (ASCHERI, 2004).

Os resultados das propriedades de pastas das farinhas apresentaram comportamentos diferentes conforme a Tabela 2.

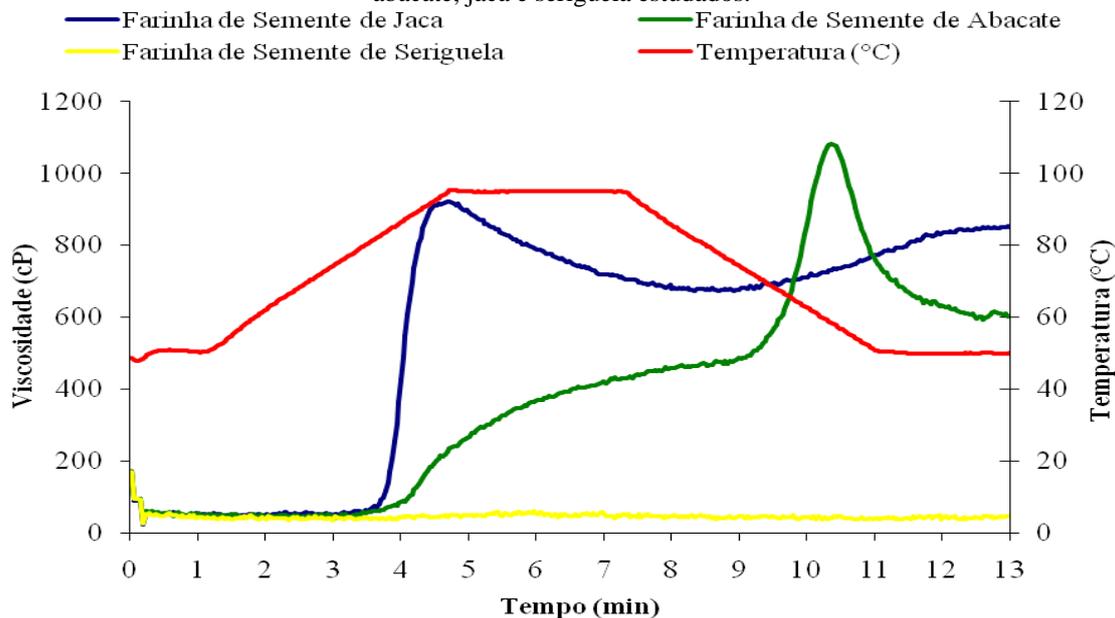
Tabela 2. Médias das propriedades de pasta das farinhas dos caroços de abacate, jaca e seriguela

Produto	Temp °C	Pico (1)	Temp °C	Pico (2)	MV	QV	Vfinal	TR
Farinha abacate	50	400	-	-	400	100	600	200
Farinha jaca	95	900	80	700	700	200	800	100
Farinha seriguela	65	50	-	-	50	00	50	00

MV= Manutenção da viscosidade; QV= Quebra de viscosidade; VF=Viscosidade Final; TR=Tendência a Retrogradação

O viscoamilograma das farinhas estudadas está apresentado na Figura 3.

Figura 3. Gráfico comparativo do comportamento da propriedade de pasta das farinhas dos caroços de abacate, jaca e seriguela estudados.



Pode-se observar que as três farinhas em temperatura a frio de 25°C produziram uma viscosidade mínima aproximadamente 50 cP (centipoise), isto é, não apresentaram aumento da viscosidade, ou seja, no início do aquecimento, que indica a capacidade das farinhas absorverem água em temperatura ambiente e formar gel ou líquido viscoso.

Com referência à farinha de seriguela observa-se que à medida que a temperatura se eleva a 95°C, verifica-se que esta permanece sem aumentar a viscosidade de pasta, desde a VI25°C inicial até a VF50°C (Tabela 2), durante o aumento e o resfriamento da temperatura. Este comportamento é típico de materiais com alto teor de fibras. A farinha de seriguela não é indicada para o uso de algumas preparações como molhos, pudins e bebidas, mas podendo ser utilizada em misturas com outros ingredientes em preparações de produtos de panificação com bolos, pães, dentre outros e agregando funcionalidade.

Quanto à farinha de jaca, observa-se que a viscosidade máxima (VM) foi de aproximadamente 900cP, à temperatura de 95°C. À temperatura constante (95°C) a farinha teve uma viscosidade de 750cP. Isto implica que não houve uma queda acentuada da viscosidade, mostrando uma certa resistência quanto a estrutura granular do material amiláceo presente. Terminado o período de temperatura constante, o ciclo de resfriamento não apresentou aparente crescimento da viscosidade de retrogradação, ficando ela em cerca de 700cP, isto mostra que o material possui baixa tendência à retrogradação.

Conseqüentemente que esta matéria prima estaria indicada para a fabricação de produtos que requerem refrigeração.

Quanto à farinha de abacate, foi observado neste estudo que contém 60% de carboidratos sabe-se por referência de outros trabalhos (SILVA, et al., 2013) que a farinha do caroço de abacate contém cerca de 80% de amido. Na Figura 3, o gráfico mostra que esse amido é bastante resistente no meio aquoso a altas temperaturas, pois verifica-se que após 9 minutos do processo de elaboração da viscosidade no RVA apresenta crescimento da viscosidade alcançando cerca de 1100 cP.

De acordo com KAHN (1987) no RVA, as curvas de viscosidade do amido do caroço de abacate não têm pronunciado colar de pico; e segundo LACERDA et al. (2013) que também estudaram as propriedades térmicas, estrutural e reológico do amido a partir do caroço de abacate (*Persea americana Miller*), e observaram que no RVA as curvas de viscosidade de amido não têm pronunciado colar de pico, cujo os resultados foram semelhantes ao encontrado neste estudo.

As farinhas de jaca, abacate e seriguela apresentaram comportamentos diferentes de viscosidade, principalmente relacionado sem o cozimento dos frutos. Portanto a alta temperatura de pasta, para as farinhas sem cozimento, pode ser associada a uma redução da região cristalina do grânulo, gerando aumento de viscosidade e de tendência a retrogradação (ADEBOWALE, AFOLABI, OLU-OWOLABI, 2005).

3.3 PROPRIEDADES HIGROSCÓPICAS

3.3.1 Índice de absorção e solubilidade em água das farinhas

As principais propriedades de hidratação são o Índice de Absorção de Água (IAA), o Índice de Solubilidade em Água (ISA) e o volume de intumescimento.

O Índice de Absorção em Água (IAA) é uma medida que indica a eficácia do grânulo de amido em absorver água de uma determinada amostra submetida a um tratamento térmico. Portanto, uma alta capacidade de absorção de água em farinhas é desejável para preparo de sopas, mingaus e pudins instantâneos (ANDERSON et al., 1969; TORRES et al., 2005).

O Índice de Solubilidade em Água (ISA) é um parâmetro que reflete a degradação sofrida pelos constituintes da fibra, ou seja, o somatório dos efeitos de gelatinização, dextrinização e conseqüentemente, solubilização (GUTKOSKY, 1997). A solubilidade tem efeito na funcionalidade da fibra e, principalmente, na estabilidade da viscosidade (GUILLON; CHAMP, 2000).

Tabela 3. Resultados de Índice de Absorção e Solubilidade em água das Farinhas dos caroços de abacate, jaca e seriguela

Índices	Abacate	Jaca	Seriguela
ISA (%)	13,30	10,82	12,15
Desvio Padrão	0,62	0,15	1,41
Coef. de Variação	4,64	4,70	11,58
IAA (%)	2,44	2,79	3,12
Desvio Padrão	0,07	0,08	0,16
Coef. de Variação	2,69	2,98	5,15

*Análises realizadas em triplicata

O valor encontrado do índice de absorção de água da farinha do caroço de jaca (2,79), próximo ao estudo por ABREU et al., (2021), quando comparado para a farinha de semente de cajá vermelha (2,70).

As farinhas de caroço de abacate apresentaram para o índice de absorção de água valor inferior (2,44) e a farinha de seriguela valor superior (3,12) quando comparados aos citados por ABREU et al., (2021) com valor de (2,70) para a farinha de semente de cajá vermelha.

Assim, pelo presente estudo verifica-se que as farinhas de abacate (13,30), seriguela (12,15) e jaca (10,82) apresentaram valores maiores de solubilidade de água comparado a farinha de semente de cajá vermelha (6,03) aos citados por ABREU et al., (2021).

Observa-se na Tabela 3 um valor de ISA cerca de 10%, isto é, um valor considerado alto em uma farinha que não foi processada, resultado que pode indicar açúcares livres, ou carboidratos de cadeia muito curta presentes nessa farinha. Se isto fosse correlacionado com o comportamento da viscosidade da pasta pode-se dizer que o valor de cerca de 3% de IAA estaria mais por consequência dos carboidratos livres que estariam fazendo pontes de hidrogênio. Segundo SILVA et al.(2013), o ISA para o amido de abacate é de 0,012%, portanto, o valor encontrado neste trabalho, esta mais relacionada a componentes como carboidratos exceto amido. Por essa razão o valor de IAA estaria mais relacionado por amidos danificados durante o preparo da farinha. Nunes (2017) analisou o estudo das propriedades da farinha de banana da Madeira (*Dwarf Cavendish*) e a sua incorporação em trufas de chocolate e verificou maiores porcentagens de absorção de água em condições de (30°C, 50°C e 90°C) o índice de absorção de água (20%, 22% e 30%). Assim, pelo presente estudo verifica-se que as farinhas de abacate, jaca e seriguela apresentaram valores menores de absorção de água comparados aos citados por NUNES (2017). Conforme Menezes Filho, Souza e Souza Castro (2019) encontraram nas farinhas do flavedo de laranja (8,68 %) e flavedo de melancia (11,29 %) capacidade de absorção

de água. Estes valores são superiores aos observados neste estudo. Morais et al. (2021) também encontraram valores superiores ao deste estudo para capacidade de absorção de água onde avaliaram a farinha de pitaya amarelo (6,91) e farinha de pitaya vermelho (9,72) de absorção de água. Beltran et al., 2021 encontraram índice de absorção de água de 3,75 para farinha dos frutos da *Aiphanes aculeata*, e superior ao encontrado no presente estudo. Porte et al. (2011) relataram que a capacidade de absorver água das farinhas é propriedade relevante desejável para aplicação em produtos de panificação e carnes. Desta forma, as farinhas de abacate, jaca e seriguela representam uma boa alternativa na produção de produtos de panificação.

As farinhas de abacate, seriguela e jaca apresentaram na condição de farinha crua um alto teor de ISA, cerca de 10%, isto pode ser atribuído a carboidratos de cadeia curta principalmente açúcares. Parte dessa solubilidade poderia ser que durante o processo de moagem da farinha (moinho de martelo) tenha se rompido alguns grânulos de amido contribuindo ao valor encontrado.

No trabalho de NASCIMENTO et al.(2009) que analisou o índice de solubilidade em água de farinha crua (grits de milho) encontrando baixos valores de ISA 2,87% (em base úmida), e na mesma farinha sendo extrusada, ou seja, passando pelo processo térmico encontrando um valor mais alto de 16,67%, também ASCHERI (2004), achou 1,05 de ISA para farinha de grits de milho crua e para extrusada encontrou valores mais altos 17,4%. Assim, pelo presente estudo verifica-se que as farinhas de abacate, seriguela e jaca apresentaram resultados superiores de solubilidade de água aos citados por NUNES (2017).

A solubilidade em água (AS) entre as farinhas de abacate, jaca e seriguela apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) entre elas, 13,30; 10,82 e 12,15% respectivamente. Menezes Filho, Souza e Souza Castro (2019) encontraram valor superior ao deste estudo para capacidade de absorção de água onde avaliaram a farinha do flavedo de laranja com taxa de absorção de água de 13,14% comparado as farinhas de seriguela e jaca. Morais et al. (2021) encontraram para a farinha de pitaya amarelo (14,43) e farinha de pitaya vermelho (24,89) de solubilidade de água. Estes valores são superiores aos observados neste estudo.

Em relação à solubilidade em água (ISA) obteve-se um índice de 13,30 para farinha de abacate, 10,82 para farinha de jaca e 12,15 para farinha de seriguela. Segundo Leonel, Freitas e Mischon (2009), farinhas com elevados valores de ISA podem ser empregadas em alimentos que requerem baixas temperaturas para serem preparados

(instantâneos) ou como ingredientes para formulação de sopas, sobremesas e molhos, que necessitam de ingredientes com maior solubilidade em água. De acordo com Ferreira et al. (2015) farinhas com alto índice de solubilidade auxiliam na homogeneização de ingredientes, pois o índice de solubilidade de água está relacionado à quantidade de moléculas solúveis presentes em amostra seca. Para farinha do fruto da *Aiphanes aculeata*, conforme Beltran et al. (2021) encontraram índice de solubilidade de água de 28,57, e superior ao encontrado para as farinhas neste estudo.

O amido é um ingrediente importante para o setor industrial e constitui, por outro lado, um dos principais componentes da dieta humana. O amido existe como uma estrutura granular e é composto por amilose e amilopectina dispostos em regiões amorfas e cristalinas. Grânulos de amido também contêm quantidades mínimas de componentes menores, como proteínas, lipídios, pentosanas e minerais. As interações destes componentes com menor teor de amilose e amilopectina podem influenciar as propriedades e o comportamento funcional do amido (CHAN, BHAT, KARIM, 2009).

É muito comum a análise de Índice de solubilidade em água em produtos extrusados, tendo como objetivo verificar a dispersão das moléculas de amilose e amilopectina, como consequência da gelatinização do processamento de extrusão, na qual vários fatores interferem na solubilidade em água, como a fragmentação do amido, o conteúdo protéico e as condições de tratamentos. Segundo BORDERÍAS e MONTEIRO (1988), relataram em sua pesquisa que a solubilidade da proteína depende da proporção dos grupos hidrofóbicos localizados no centro da molécula, e dos hidrofílicos localizados na superfície. HAYAKAWA e NAKAI (1985), também falam que não só a hidrofobicidade que determina a solubilidade da proteína, mas também os grupos-SH que estão relacionados com a insolubilização de proteínas de leguminosas.

No processo de extrusão o ISA indica a severidade do tratamento térmico e conseqüente a desramificação da estrutura amilácea, ou seja, à medida que o aquecimento e o cisalhamento continuam, os grânulos começam a se romper e a entrar em colapso resultando em aumento no teor de sólidos solúveis.

Os valores de ISA e IAA podem ser utilizados para estimar a adequabilidade do uso de produtos amiláceos extrusados em suspensões ou soluções. As aplicações em meios com quantidade limitada de água são baseadas nessas duas propriedades funcionais e envolvem frequentemente a capacidade de ligação das pontes de hidrogênio (EMBRAPA, 2008).

O amido em água fria é insolúvel, porém pode absorver determinada quantidade de água reversivelmente a partir da região amorfa e durante o aquecimento em meio aquoso, os grânulos de amido sofrem mudanças em sua estrutura, envolvendo a ruptura das pontes de hidrogênio que são estabilizadoras da estrutura cristalina interna do grânulo, quando uma temperatura característica para cada tipo de amido é atingida. Prosseguindo o aquecimento com uma quantidade suficiente de água, rompe-se a região cristalina e a água entra, fazendo o grânulo romper-se e perder a birrefringência, ou seja, não se visualiza mais a Cruz de Malta sob luz polarizada. Com a gelatinização, o amido torna-se mais facilmente acessível à ação das enzimas digestivas (ASCHERI, 2004).

A absorção de água do amido assim como a solubilidade é decorrente da estrutura cristalina do amido, resultando da interação inter ou intramolecular por pontes de hidrogênio. Esta absorção é diferenciada dependendo da temperatura da água, em água quente a rede micelar do amido é enfraquecida devido ao rompimento das pontes de hidrogênio, aumentando grandemente a absorção de água, ocorrendo com isto, inchamento do grânulo e solubilização do amido (SWINKELS, 2002), sendo que cada amido possui características específicas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação das propriedades higroscópicas das farinhas de abacate, jaca e seriguela revelaram que elas possuem ótimas qualidades para serem incorporadas aos produtos alimentícios, podendo ser promissora para a substituição parcial ou total de farinhas provenientes de frutas. Sendo assim, pode-se concluir que as propriedades reológicas das farinhas de jaca, abacate e seriguela apresentaram diferentes comportamentos de viscosidade não utilizando a cocção dos frutos.

De tal modo, as farinhas estudadas apresentaram excelente alternativa para enriquecimento de produtos panificáveis, agregando não só valor econômico como valor nutricional.

REFERÊNCIAS

- ABREU, D.J.M.; MORAES, I.A.; ASQUIERI, E. R.; DAMIANI, C. Red mombin (*Spondias purpúrea L.*) seed flour as a functional component in chocolate brownies. **Journal of Food Science and Technology**, v.58, n.2, p.612-620, 2021.
- ADEBOWALE, K. O.; AFOLABI, T. A.; OLU- OWOLABI, B. I. Hydrothermal treatments of finger millet (*Eleusine Corona*) starch. **Food Hydrocolloids**. Wresch, v.19, n.6, p.974-983, 2005.
- ALBUQUERQUE, J. G.; DUARTE, A. M.; CONCEIÇÃO, M. L.; AQUINO, J.S. Integral utilization of seriguela fruit (*Spondias purpúrea L.*) in the production of cookies. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n.3, p.1-7, 2016.
- ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N.C.; PEREIRA, T. S.; BARROS, E. R.; CABRAL, M. B.; LUIZ, M.R.; SOUZA, N.C.; SILVA, V. M. A.; SANTOS, S. B. F.; AMORIM, F. V. Differential particle size analysis of jabuticaba bark flour (*Myrciaria cauliflora Berg*), **Research Society and Development**, v.9, n.1, p.1-13, 2020.
- ANDERSON, R. A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIFFIN JUNIOR, E. L. Gelatinization of corn grits by-Roll-and- extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, v.14, n.1, p. 4-12, 1969.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the association of chemists**. 13^a ed. Washington (DC). 2005.
- ASCHERI, J. L. R. Alternativas Industriais do Uso de Café e Resíduos/ Subprodutos no desenvolvimento de novos produtos. Rio de Janeiro: **Consórcio Brasileiro de Arroz e Café: propriedades viscoamilográficas de misturas extrusadas de baixo valor comercial para uso na alimentação**. Projeto n° 01/2004.
- BATEY, I. L.; URTIN, B. M.; MOORE, S.A. Optimization of rapid-viscoanalyser test conditions for predicting Asian noodle quality. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.74, n.4, p.497-501, 1997.
- BAZZO, A. **Aplicação e caracterização do caroço de abacate (*Persea americana mill*) como absorvente na remoção do corante violeta cristal**. 2015. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.
- BELTRAN, L. B.; SOUZA, A. C.; MELONI, C.E.P.; MAGIERO, P. E.; BERGAMASCO, R.; VIEIRA, A. M. S. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n.4, p.36868-36884, 2021.
- BHATTACHARYA, S. N. Rheology: fundamentals and measurements: Royal Melbourne. **Institute of Technology Australia**. 1997.
- BORDERÍAS, A. J.; MONTERO, P. Fundamentos de la funcionalidad de las proteínas em alimentos. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v.28, n.2, p.159-169, 1988.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Portaria n.354, de 18 de julho de 1996. Regulamento Técnico sobre a identidade e as características mínimas de qualidade a que deverá obedecer a farinha de trigo, 1996.

BUILDERS, P. F.; NNURUM, A.; MBAH, C.C.; ATTAMA, A.A.; MANEK, R. The Physicochemical and binder properties of starch from *Persea Americana* Miller (Lauraceae). *Starch-Stärke*, v.62, p.309-320, 2010.

CHAN, H.T.; BHAT, R.; KARIM, A. A. Effects of sodium dodecyl sulphate and sonication treatment on physicochemical properties of starch. **Food Biopolymer Science, Food Technology Division, School of Industrial Technology**. University Sains Malaysia, 11800, Minden, Penang, Malaysia, 2009.

CHEL, G. L.; BARBOSA, M. E.; MARTINEZ, A. A.; GONZALEZ, E.; BETANCUR, D. Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. **International Journal Biological Macromolecules**, v.86, p.302-308, 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. Curso do Processo de Extrusão de Alimentos: **aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano**. Agroindústria de Alimentos, 2008.

ENGELS, C.; GRÄTER, D.; ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V.M.; GÄNZLE, M. G.; SCHIEBER, A. Characterization of phenolic compounds in Jocote (*Spondia purpurea* L.) peels by ultra-high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. **Food Research International**, v.46, n.2, p.557-562, 2012.

FERREIRA, M. S. L.; SANTOS, M. C. P.; MORO, T. M. A.; BASTO, G. J.; ANDRADE, R. M. S.; GONÇALVES, E. C. B. A. Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, n.2, p.822-830, 2015.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades do Amido. In: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, Propriedades Gerais do Amido**. Campinas: Fundação Cargill. v.1, 2001.

GUILLOIN, F.; CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**, v.33, p.233-245, 2000.

GIROTTO, F.; ALIBARDI, L.; COSSU, R. Food waste generation and industrial uses: A review. **Waste Management**, v.45, p.32-41, 2015.

GÓMEZ, F.; SÁNCHEZ, S.; IRADI, M.; AZMAN, N.; ALMAJANO, M. Avocado Seeds. Extraction optimization and possible use as antioxidant in food. **Antioxidants**. v.3, n.2, p.439-454, 2014.

GUINÉ, R. P., FLORENÇA, Sd. G. *Artocarpus heteropyllus* (Jackfruit): Composition, Nutritional Value and Products, in Wild Fruits: Composition, Nutritional Value and Products. **Springer**, 2019; p.313-332.

GUTKOSKY, L. C. **Caracterização tecnológica de frações de moagem de aveia e efeito de umidade e temperatura de extrusão na sua estabilidade.** 1997. 241p. Tese de Doutorado (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 1997.

HAYAKAWA, S.; NAKAI, S. Relationship of hydrophobicity and net charge to the solubility of milk and soy proteins. **Journal Food Science**, v.50, p.486, 1985.

JAGDALE, Y. D.; MAHALE, S. V.; ZOHRA, B.; NAYIK, G. A.; DAR, A. H.; KHAN, K.; ABDI, G.; KARABAGIAS, I.K. Nutritional profile and potential health benefits of super foods: a review. **Sustainability**, v.13, p.1-30, 2021.

KAHN, V. Caracterização de amido isolado a partir de sementes de abacate. **Journal Food in Science**. v.52, p.1646-1648, 1987.

LACERDA, L. G.; COLMAN, T. A. D.; BAUAB, T.; FILHO, M. A. S. C.; DEMIATE, I. M.; VASCONCELOS, E. C.; SCHNITZLER, E. Propriedades térmicas, estruturais e reológicas de amido a partir de sementes de abacate (*Persea americana, Miller*) modificada com soluções padrão de hipoclorito de sódio. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, 2013.

LEONEL, M.; FREITAS, T. S.; MISCHAN, M. M. Physical characteristics of extruded cassava starch. **Scientia Agricola**, v.66, n.4, p.486-493, 2009.

LIMA, E. C. S. **Processamento de caroços de açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) para extração de inulina.** 2015. 102p. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2015.

MAHAWAN, M. A.; TENORIO, M. F. N.; GOMEZ, J. A.; BRONCE, R. A. Characterization of flour from avocado seed kernel. **Asia Pacific Journal Multidisciplinary Research**, v.3, n.4, p.34-40, 2015.

MENEZES FILHO, A. C. P.; SOUZA, J. C. P.; SOUZA CASTRO, C. F. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e tecnológicos da farinha produzida a partir dos resíduos da agroindústria de laranja e melancia. **Revista Agrarian**, v.12, n.45, p.399-410, 2019.

MENON, L.; MAJUMDAR, S.D.; RAVI, U. Development and analysis of composite flour Bread. **Journal Food Science and Technology**, v.52, n.7, p.4156-4165, 2015.

MORAIS, D. C. M.; ALVES, V. M.; ASQUIERI, E. R.; SOUZA, A. R. M.; DAMIANI, C. Caracterização física, química e nutricional e antinutricional das cascas in natura de pitaia amarela (*Selenicereus megalanthus*) e vermelha (*Hylocereus costaricensis*) e suas farinhas. **Revista Ciência Agrônômica**, v.52, n.3, p.1-10, 2021.

NASCIMENTO, E. M. G. C.; CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; ASCHERI, J. L. R. Efeitos do teor de torta de gergelim semi desengordurada e da velocidade do parafuso sobre as propriedades físicas e microestruturais de extrudados expandidos de milho. In: **8º Simpósio Latino Americano de Ciências dos Alimentos**, 2009.

NIBA, L. L.; BOKANGA, M.M.; JACKSON, F. L.; SCHLIMME, D. S.; LI, B. W. Physicochemical properties and starch granular characteristics of flour from various. *Manihot esculenta* (Cassava) genotypes. **Food Science**, v.67, n.5, p.1701-1705, 2002.

NUNES, S. M. G. C. **Estudo das propriedades da farinha de banana da Madeira “Dwarf Cavendish” e a sua incorporação em trufas de chocolate.** Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa – Curso de Engenharia Alimentar, 69p, 2017.

PALAMTHODI, S.; SHIMPI, S.; TUNGARE, K. A study on nutritional, composition and functional properties of wheat, ragi and jackfruit seed composite flour. **Food Science and Applied Biotechnology**, v.4, n.1, p.63-75, 2021.

PINELI, L. L. O.; CARVALHO, M. V.; AGUIAR, L. A.; OLIVEIRA, G.T.; CELESTINO, M. C.; BOTELHO, R. B.A.; CHIARELLO, M. D. Use of baru (Brazilian almond) waste from physical extraction of oil to produce flour and cookies. **Food Science and Technology**, v.59, n.2, p.1197-1212, 2015.

PORTE, A.; SILVA, E. F.; ALMEIDA, V. D. S.; SILVA, T. X.; PORTE, L. H. M. Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*Carica papaya*) e de abóbora (*Cucurbita sp*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.1, p.91-96, 2011.

PUTRI, E. C. J.; SUMARDIONO, S. Fiber content of analog rice production from composite flour: cassava, avocado seeds, and tofu waste. **Journal of Physics**, 2020, p.1-6.

RANASINGHE, R.A.S.N.; MADUWANTHI, S.D.T.; MARAPANA, R.A.U.J. Nutritional and health benefits of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus Lam*): A review. **International Journal of Food Science**, 2019. p.1-13.

SEBIO, L. **Efeito de alguns parâmetros operacionais de extrusão nas propriedades físico-químicas da farinha de inhame (*Dioscorea rotundata*).** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p.106, 1996.

SWINKELS, J. J. M. **Industrial starch chemistry: properties, modification and application of starches.** Veendam: AVEBE, 2002.

SILVA, I. R. A.; ALBUQUERQUE, F. S. M.; AQUINO, J. S.; NETO, V. Q. Efeito da modificação química por reação de cross-linking nas propriedades do amido semente de abacate (*Persea americana Mill*). **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.31, n.2, p.295-308, 2013.

TORRES, L. L. G.; EL-DASH, A.A.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R.; GERMANI, R.; MIGUEZ, M. Efeito da umidade e da temperatura no processamento de farinha de banana verde (*Musa acuminata*, Grupo AAA) por extrusão termoplástica. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Curitiba, v.23, n.2, p.273-290, 2005.

WAGHMARE, R.; MEMON, N.; GAT, Y.; GANDHI, S.; KUMAR, V.; PANGHAL, A. Jackfruit seed: An accompaniment to functional foods. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.22, p.1-9, 2019