

Caracterização física da semente de tamarindo (*Tamarindus indica* Linn.) e avaliação das características físico-químicas da farinha

Talita Fernandes Ferreira¹, Michele Cristina Vieira², Harriman Aley Morais²

¹Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil (talita-dtna-fernandes@hotmail.com)

²Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Brasil

Resumo: Este trabalho objetivou a caracterização morfológica da semente de tamarindo (*Tamarindus indica* Linn.) e a avaliação físico-química de sua farinha. As sementes apresentaram formato achatado e alongado. A farinha exibiu baixa atividade de água (< 0,60), indicando boa estabilidade microbiológica. Observou-se excelente capacidade de formação de gel, com a força aumentando proporcionalmente à concentração. Os resultados demonstram o potencial tecnológico da semente como ingrediente estruturante e funcional para a indústria de alimentos.

Palavras-chave: Farinha de semente; Resíduo agroindustrial; *Tamarindus indica*

INTRODUÇÃO

O processamento de frutas exóticas e seu consumo vem aumentando em todo o mundo devido à enorme melhoria nas tecnologias envolvidas nos processos de conservação, transporte e no forte marketing que vem sendo desenvolvido sobre o consumo de alimentos com propriedades nutricionais melhoradas. Além disso, o consumidor está mais ciente dos benefícios à saúde que estão conectados com a ingestão destes alimentos. Atualmente, muitos grupos científicos internacionais investigam as características físico-químicas e nutricionais de diferentes tipos de frutas exóticas, bem como os subprodutos da indústria de processamento de frutas (Mala, 2024; Tril *et al.*, 2014).

Tamarindus indica, comumente conhecido como tamarindo, é uma árvore leguminosa nativa da África tropical (Mala, 2024). Suas sementes, uma das partes que comumente não são utilizadas após o processamento da polpa, possuem textura muito dura, são brilhantes com coloração marrom-avermelhadas (Figura 2) ou arroxeadas (Silva 2022). Elas estão contidas em vagens de coloração marrom, com textura quebradiça quando maduras e cada vagem pode conter de 1 a 8 sementes envoltas por uma polpa de sabor doce-ácido (Akajiaku *et al.*, 2014).

Vários estudos mostram que as sementes possuem alta atividade antioxidante (Hemalatha e Parameshwari, 2023), são uma rica fonte de compostos fenólicos (López-Hernández *et al.*, 2018) e contêm quantidades consideráveis de fibras (Mahajani, 2020). Além disso, são uma fonte de diversos nutrientes, como proteínas e minerais (Ferreira *et al.*, 2019) representando então

um subproduto que pode agregar valor comercial para os produtores e também para o produto possibilitando a utilização quase total do fruto ajudando a evitar o descarte inadequado, que pode causar contaminação ambiental devido à riqueza de nutrientes que favorece o desenvolvimento de microrganismos, potencialmente causando desequilíbrios no ambiente (Galvão *et al.*, 2020).

O processo de secagem pode favorecer o desenvolvimento de novos sabores para a semente (mais adocicado, malteado, caramelizado) através da reação de Maillard e da caramelização, podendo também alterar sua coloração, o que, em alguns casos, pode ser benéfico para a aplicação em alguns alimentos (Bolek, 2022). Apesar dos benefícios, este processo precisa ser controlado para que os novos sabores não sejam desagradáveis e não causem rejeição por parte do consumidor, como forte adstringência, acidez desagradável, além de aroma forte de queimado (Bashir *et al.*, 2016).

De acordo com a RDC nº 711, de 1º de julho de 2022, farinha é o produto obtido a partir das partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas, por moagem ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos (Brasil, 2022). A farinha pode ser consumida diretamente ou utilizada como ingrediente na produção de outros alimentos, como bolos, pães, macarrão, produtos cárneos, entre outros.

Diante dos elevados índices de descarte dos subprodutos nas indústrias de processamento de frutas, com grande prejuízo para o meio ambiente, o



objetivo do trabalho foi realizar o aproveitamento desses subprodutos como uma alternativa técnica, econômica e ecologicamente viável para o crescimento sustentável. Para isso, foi desenvolvida uma farinha a partir da semente de tamarindo e foram avaliadas suas características físico-químicas e a força do gel para determinar sua aplicação seja no desenvolvimento de um gel ou como ingrediente direto em produtos cárneos com teor reduzido de gordura saturada.

REFERENCIAL TEÓRICO

O tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) é uma árvore frutífera nativa da África tropical, considerada exótica e altamente adaptável. Pertencente à família das *Fabaceae*, o tamarindeiro apresenta ótimas condições de adaptação ao solo e às condições climáticas brasileiras. A parte mais apreciada da árvore é o seu fruto, que geralmente é consumido in natura ou processado em polpa (Gomes *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2022).

Essas árvores são frequentemente encontradas ao longo de estradas e em campos. Devido ao seu crescimento lento, raízes profundas e porte geralmente grande, não são cultivadas em hortas caseiras. Sua característica de adaptabilidade é evidenciada pela sua capacidade de se desenvolver mesmo em solos inférteis, com pouca água e com mínima necessidade de mão de obra para manutenção (Hemalatha e Parameshwari, 2021; Sales *et al.*, 2024).

O fruto do tamarindeiro é uma vagem de formato alongado, protegida por uma casca pardo-escura, lenhosa e quebradiça. Contém de 1 a 5 sementes achatadas e lisas, envolvidas por uma polpa seca de cor marrom (Figura 1) e sabor ácido-adocicado (Silva *et al.*, 2020).

Embora não seja nativo da região Nordeste, o tamarindeiro é considerado uma planta frutífera típica dessa área devido à sua capacidade de adaptação, tornando-se culturalmente relevante para a região semiárida do Brasil (Souza *et al.*, 2010). Essa adaptação confere ao tamarindo importância social para a agricultura familiar, tornando necessário o desenvolvimento de produtos que utilizem essa fruta como matéria-prima para aumentar seu interesse comercial (Maia *et al.*, 2021).

O rendimento da polpa de tamarindo não é tão atrativo para os produtores quando comparado a outras frutas usadas na indústria alimentícia, onde o percentual de polpa geralmente gira em torno de 70% para viabilizar economicamente o processo. No entanto, é importante considerar que, por ser uma fruta naturalmente desidratada, a polpa necessita de adição de água

durante o processo de despolpamento. Isso incrementa o volume e equilibra o balanço de massa final (Silva *et al.*, 2020). As características físico-químicas são atrativas. Apresenta valores baixos de pH (2,5; Maia *et al.*, 2021, $2,65 \pm 0,19$ por Costa e Carmo, 2023 e $2,60 \pm 0,04$ a $2,98 \pm 0,05$ por Bayoi e Bianra, 2023). Esses valores indicam que a polpa possui alta durabilidade e maior facilidade de conservação, uma vez que a acidez dificulta o desenvolvimento de microrganismos (Costa e Carmo, 2023).

Quanto aos sólidos solúveis, os valores variam muito de acordo com a localização do cultivo, sendo os valores comumente acima de 10° Brix (Anunciação (2017; $11,0 \pm 0,05$). Outra característica importante é a quantidade de ácidos orgânicos presentes que também proporcionam facilidade de conservação. A acidez titulável das farinhas *in natura* e torradas pode variar de $1,9 \pm 0,17$ a $1,3 \pm 0,17$ (Garcia e Silva *et al.*, 2020), devido à presença de vários ácidos como tartárico, cítrico e málico, conferindo valores de pH em torno de 4,5, associados à segurança dos alimentos industrializados (Leite *et al.*, 2019). Com esses valores de pH e o baixo teor de água na polpa, os frutos podem ser armazenados por longos períodos, seja em refrigeração ou à temperatura ambiente, sem perda acelerada.

Como já visto, a farinha da semente apresenta valor diferente de pH em comparação com a polpa devido ao seu processamento. O pH é um pouco mais elevado, com valores em torno de $4,62 \pm 0,01$ (Pessoal *et al.*, 2020), e apresenta variações conforme o método de obtenção, a região de cultivo e fatores climáticos. Garcia e Silva *et al.* (2020) relataram um valor de pH de $6,1 \pm 0,04$ para a farinha *in natura* e $5,8 \pm 0,09$ para a farinha submetida ao processo de torrefação (base úmida).

A atividade de água (a_w) e a umidade, são fatores de estabilidade que estão diretamente relacionados com a conservação e o desenvolvimento de microrganismos nos alimentos. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece que o teor de água total nas farinhas deve ser no máximo 15% (Brasil, 2022). A atividade de água livre é outro fator importante para a conservação, onde os alimentos que possuem valores abaixo de 0,60 indicam um baixo teor de água e, portanto, maior estabilidade comercial.

Garcia e Silva *et al.* (2020) relataram valores de atividade de água variando entre $0,47 \pm 0,01$ a $0,48 \pm 0,01$, e umidade de $9,6 \pm 0,43$ (BU) e $10,6 \pm 0,53$ (BS) para a farinha *in natura*, e $6,2 \pm 0,21$ (BU) e $6,6 \pm 0,24$ (BS) para a farinha após torrefação. Da Paz *et al.* (2022) relataram valor de umidade de $8,62 \pm 0,02$, inferindo que, se o processamento térmico for



realizado corretamente, as farinhas atendem aos limites estabelecidos, promovendo maior durabilidade devido à baixa quantidade de água disponível.

As sementes e cascas do tamarindo são subprodutos da indústria de alimentos derivados da produção da polpa, que é a forma mais comercializada do fruto. Apesar do grande potencial nutricional relatado, as sementes não são amplamente utilizadas para fins alimentares ou fabricação de rações devido à presença de fatores anti-nutricionais como taninos e ácidos fítics (Biswas e Sit, 2020).

As sementes de tamarindo são cobertas por um pergaminho semelhante a uma casca, variando em cor de vermelho a marrom-roxo, e são firmes e duras. O peso varia de 320 a 700 g de semente por kg de fruto, e as sementes medem aproximadamente 3 cm por 1,3 cm, sendo achatadas e brilhantes. O tegumento ou testa representa de 20% a 30% do peso, enquanto o endosperma ou grão representa de 70% a 75%, e a porcentagem de sementes em relação ao fruto totaliza cerca de 40% da massa (Bagul *et al.*, 2015; Biswas e Sit, 2020).

O tegumento possui uma alta quantidade de goma, composta principalmente por um polissacarídeo denominado galactoxiloglucano. De acordo com Mohite, Mishra e Sharma (2020), este polissacarídeo corresponde de 55% a 65% do total, juntamente com lipídeos (6% - 10%), proteínas (18% - 20%), fibras e açúcares. O galactoxiloglucano é constituído por glicose, xilose e galactose na proporção molar 3,1:1,7:1, respectivamente (Zhang *et al.*, 2020).

Santhosh e Sarkar (2022), caracterizaram o xiloglucano quanto a sua composição centesimal que apresentou teores de umidade ($9,26 \pm 0,08\%$), proteína bruta ($3,13 \pm 0,10\%$), gordura ($2,85 \pm 0,52\%$) e cinzas ($1,3 \pm 0,80\%$) em base seca. Este xiloglucano (TSP) é um polissacarídeo com propriedades tecnológicas de interesse para a indústria de alimentos, incluindo alta capacidade de retenção de água e formação de um gel viscoso com ampla tolerância ao pH, boa estabilidade térmica e ao cisalhamento. Devido à sua excelente estabilidade, estudos veem explorando sua utilização combinada com proteínas, água e tecnologias de gelificação (óleo gel, gel proteico, emulsão *Pickering*, entre outros) para avaliar suas características e possíveis aplicações em produtos cárneos, visando a substituição parcial de gordura para melhorar as propriedades nutricionais e a saudabilidade (Xie *et al.*, 2020).

Além dos polissacarídeos, Idris, Rosli e Aris (2022) relataram que as sementes podem conter de 7% a 10% de óleo. Apesar da fração lipídica ser considerada baixa, ela contém ácidos graxos de interesse, como os

ácidos linoleico, oleico, palmítico e esteárico. Martins *et al.* (2022) caracterizaram a fração lipídica obtida por diferentes métodos de extração e destacaram a presença predominante de ácido linoleico (48,8%), um ácido poli-insaturado, e ácido oleico, um ácido graxo monoinsaturado essencial (ômega 9), fundamental no metabolismo e na síntese de hormônios.

A casca de tamarindo é composta por 60% a 72% de carboidratos, 9% a 12,5% de ácido tartárico livre e 1,4% a 3,3% de proteína, corroborando estudos que sugerem a utilização quase total das partes do tamarindo, com aplicações em várias indústrias e potencial para o desenvolvimento de produtos sustentáveis e verdes (Mansingh *et al.*, 2021).

O conteúdo de antioxidantes também é um atrativo para a utilização das cascas e sementes. Tavanappanavar *et al.* (2024) quantificaram fenólicos com um valor de $277,4 \mu\text{g/ml}$. As folhas também contêm antioxidantes, com Boyoi, Foundikou e Etoa (2021) encontrando valores de $71,4 \pm 0,02 (\mu\text{g Trolox Eq/g})$ para extração com etanol e $105,1 \pm 0,02 (\mu\text{g Trolox Eq/g})$ com acetona. Esses valores altos demonstram o potencial dos subprodutos do tamarindo. Crispín-Isidro *et al.* (2019) relataram atividade antioxidante na goma extraída das sementes, com um valor de $1,22 \pm 0,01 \text{ mg GAE/g}$, evidenciando o potencial das diferentes partes do tamarindo para novos ingredientes com propriedades biológicas.

Em 2021, o Brasil processou mais de 41 milhões de toneladas de frutas (IBRAF, 2021), sendo a região Nordeste responsável por 21,58% dessa produção. Esse dado destaca a importância de estudos que comprovem o potencial dos subprodutos dessas frutas, que podem ser utilizados como ingredientes alimentícios. A tecnologia pode atuar como aliada nesse processo, contribuindo para o desenvolvimento das regiões produtoras. Além disso, a utilização desses subprodutos pode reduzir significativamente os impactos ambientais e agregar valor às matérias-primas descartadas (Galvão *et al.*, 2020).

MATERIAL E MÉTODOS

O subproduto proveniente do despulpamento do tamarindo (*Tamarindus indica* L.) foi adquirido através da Cooperativa dos Agricultores e Agroextrativistas Grande Sertão®, localizada na cidade de Montes Claros - MG. O material foi transportado em sacos plásticos, em temperatura ambiente, até a cidade de Diamantina - MG. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Biofísica do Departamento de Ciências Biológicas e nos laboratórios de Engenharia de Alimentos do Instituto de Ciência e Tecnologia da UFVJM. Todos os reagentes utilizados eram de grau analítico.

Obtenção das sementes e caracterização física

Conforme proposto por Garcia e Silva et al. (2020), foram separadas para utilização as sementes que não apresentavam avarias, podridão ou insetos. A polpa juntamente com a semente foi imersa em água potável para facilitar a remoção dos resquícios. Após a obtenção da semente, estas foram lavadas em água potável, sanitizadas em solução de hipoclorito a 200 ppm por 15 minutos. A Figura 3 mostra as sementes após o processo de seleção e sanitização.

Figura 1: Imagem contendo a semente e polpa de tamarindo antes e depois da seleção



Fonte: Autoria própria, 2024.

As características físicas foram determinadas imediatamente após a etapa de seleção e sanitização. Esses parâmetros foram representados pelos valores obtidos a partir da medição de 20 sementes de cada lote (23 e 24). Foram realizadas medições dos diâmetros, espessuras e peso das sementes. O peso, o diâmetro longitudinal, a largura e a espessura das sementes foram determinados utilizando uma balança eletrônica e um paquímetro digital (*Stainless Hardened, Zaas Precision*). O formato das sementes foi definido relacionando-se o diâmetro longitudinal e a espessura mostrado pela Equação 1:

$$Forma = \frac{\text{Diâmetro longitudinal}}{\text{Espessura}} \quad (01).$$

Fonte: Ortiz-Hernandez et al., 2020).

De acordo com os resultados, as sementes foram categorizadas conforme sua forma: circulares ($Forma \leq 1,24$), elípticas ($1,24 < Forma < 1,45$) ou alongadas ($Forma \geq 1,45$) (Ortiz-Hernandez et al., 2020).

Obtenção da farinha

Para a obtenção da farinha utilizou-se metodologia descrita por Garcia e Silva et al (2020) onde, após a sanitização, as sementes foram secas em estufa de circulação de ar (CR/100, *Sterilife*), durante 20 minutos a 150° C, seguindo-se para a etapa de trituração em moinho de facas tipo cróton (R-TE-625, *Tecnal*). A farinha obtida foi armazenada em sacos

plásticos de polietileno de baixa densidade (PEBD) com capacidade de armazenamento de 500g e congelados em freezer vertical a -18° C até sua utilização.

Análises físico-químicas

Foram realizadas as análises de pH, acidez titulável, sólidos solúveis, umidade e atividade de água, todas seguindo metodologia descrita pelo Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008).

Capacidade de formação de gel

A capacidade de formação de gel da farinha foi determinada conforme descrito por Santana et al. (2017) e Coffmann e Garcia (1977). Dispersões das amostras, com concentrações de 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14%, 16%, 18% e 20%, foram preparadas em 20 ml de água e submetidas ao aquecimento a 90 °C por 30 minutos. Em seguida, as dispersões foram transferidas para forma de gelo de silicone de formato cilíndrico e resfriadas à temperatura ambiente e refrigeradas a 4 °C por 2 horas. Após este período foi medida a força do gel seguindo metodologia descrita por Hu et al. (2013) com modificações feitas por Sherestha et al. (2023). A força foi medida na própria forma de silicone (diâmetro do gel de 5 cm e altura de 20 cm) sem removê-los. Todas as amostras foram equilibradas à temperatura ambiente por 30 min antes da análise. A força do gel foi medida usando um analisador de textura (*TA-XT2, Stable Microsystems, co ltd*) com um acessório de sonda cilíndrica P/5R com duas compressões uniaxiais. As amostras de gel foram penetradas a uma velocidade constante de 1 mm/s a uma tensão de compressão de 50% usando uma força de gatilho de 5,0 g. A força máxima usada para a penetração foi definida como a força do gel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados para a caracterização física, estão dispostos na Tabela 1. Geralmente as bagas do fruto do tamarindo contém de 3 a 8 sementes, e como mostrado na tabela abaixo, as sementes são leves com peso variando de $0,60 \pm 0,10$ a $0,94 \pm 0,15$ para e apresentam superfície áspera e em alguns casos mais alongada, achatada e lisa.



Fonte: Autoria própria, 2024.

Tabela 1: Tabela contendo os valores da caracterização física (diâmetro, espessura e peso) das sementes de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) dos Lotes 23 e 24, respectivamente

Parâmetro	F23
Diâmetro (cm)	$13,74 \pm 1,22$
Espessura (cm)	$6,18 \pm 1,22$
Forma	$2,25 \pm 0,21$
Peso (g)	$0,60 \pm 0,10$
Peso total (g)	11,98

Fonte: Autoria própria, 2024.

A forma variou de $2,25 \pm 0,21$ a $2,64 \pm 0,26$ ambas ficando com valor maior que 1,45 sendo consideradas sementes achatadas e alongadas, ou seja, possuem mais comprimento que largura. Ferreira (2018) encontrou valores para o diâmetro de $14,59 \pm 0,68$ e espessura de $10,57 \pm 0,52$ mostrando que as sementes analisadas eram maiores e mais alongadas consequentemente com maior peso.

A variação pode estar relacionada com diversos fatores, dentre eles a temperatura, umidade e precipitação durante o crescimento e a maturação do tamarindo; climas diferentes e variações sazonais pois vão afetar a disponibilidade de água e nutrientes, o que pode resultar em sementes de tamanhos e formas variadas. E o estágio de maturação. Se os frutos são colhidos antes da maturação completa, as sementes podem ser menores e menos desenvolvidas.

Os resultados obtidos para as análises físico-químicas realizadas na farinha, estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: Tabela contendo os resultados das análises físico-químicas realizadas na farinha obtida da semente

Parâmetro	F23	F24	p-valor**
Aw	$0,55 \pm 0,01$	$0,57 \pm 0,01$	0,02
SS	$1,27 \pm 0,06$	$1,1 \pm 0,06$	0,01
pH	$5,85 \pm 0,01$	$5,84 \pm 0,01$	0,10
Acidez	$4,90 \pm 0,01$	$5,13 \pm 0,05$	0,00
SS/AT	$0,3 \pm 0,01$	$0,2 \pm 0,02$	0,01

Fonte: Autoria própria, 2024.

Nota: Aw: atividade de água; SS: sólidos solúveis em °brix; Acidez: g ác.tartárico 100 g^{-1} ; SS/ST: relação entre os sólidos solúveis e a acidez total. Teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade dos dados ($p > 0,05$). **Teste *t-Student*, com nível de 5% de probabilidade

Para a melhor conservação de alimentos secos em geral, especialmente no caso de farinhas, são desejáveis baixos índices de atividade de água. As farinhas analisadas apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$), o que pode ser atribuído à eficiência do processo de secagem empregado. A farinha F23 apresentou o menor valor de atividade de água ($0,55 \pm 0,00$), indicando uma maior remoção da água livre presente na amostra.

Como o teor de água, particularmente a água livre, está diretamente relacionado à estabilidade química e microbiológica do produto, valores reduzidos de atividade de água contribuem para a diminuição da cinética das reações químicas responsáveis por alterações sensoriais, tecnológicas e nutricionais, prolongando assim a vida útil do alimento (Matos et al., 2018). Os valores observados neste estudo indicam boa estabilidade comercial das farinhas, uma vez que apresentaram média inferior a 0,60, limite mínimo considerado suficiente para inibir o desenvolvimento de microrganismos, conforme descrito por Chisté et al. (2006).

A farinha obtida pode ser classificada como alimento de baixa acidez ($\text{pH} > 4,5$), conforme os critérios estabelecidos por Krolow (2006) em que a farinha apresentou pH de $5,85 \pm 0,01$. Ainda, em relação ao pH, Pessoa et al. (2022) relataram valor inferior ($4,62 \pm 0,01$) assim como Oluseyi e Temitayo (2015) ($5,2 \pm 0,01$) para a farinha da semente crua. Essa variação no pH pode estar relacionada ao estágio de maturação do fruto, bem como à forma de armazenamento das sementes, que geralmente permanecem congeladas e envoltas em quantidades residuais de polpa, parte do fruto com maior acidez devido à presença

predominante de ácido tartárico e de ácido cítrico em sua reconhecidos por suas propriedades antioxidantes (Pessoa *et al.*, 2022; Garcia e Silva *et al.*, 2020).

Além da estabilidade microbiológica e sensorial, as variáveis pH e acidez total também são determinantes para a qualidade do produto. Em termos de acidez total, a farinha analisada apresentou valores superiores aos relatados por Ferreira et al. (2019) ($4,26 \pm 0,12$) enquanto no presente estudo, a farinha apresentou acidez total de $4,90 \pm 0,01$.

Quando comparadas a outras farinhas amplamente comercializadas, observa-se que a farinha de tamarindo possui acidez superior. Silva et al. (2015) reportaram acidez máxima de $2,33 \pm 0,47$ para farinha de trigo; Ribeiro et al. (2020), $4,66 \pm 0,09$ para farinha de quinoa; e Silva et al. (2017), $2,85 \pm 0,01$ para farinha de mandioca. A maior acidez da farinha de tamarindo pode estar associada ao elevado teor de ácidos orgânicos presentes no fruto in natura. É importante destacar que, após o processo de desidratação, é natural o aumento da acidez titulável devido à perda de aproximadamente 90% de água, o que concentra os demais componentes químicos, incluindo os ácidos orgânicos presentes na farinha (Zanatta *et al.*, 2010; Silva, 2022).

Os sólidos solúveis (SS) apresentaram valores baixos em torno de $1,27 \pm 0,06$. Ferreira et al. (2019) obtiveram um valor de $1,0 \pm 0,1$, que é semelhante ao presente estudo. A variabilidade entre as duas farinhas pode estar relacionada ao local de cultivo dos frutos, ao estágio de maturação e à adição de água durante o processamento, onde em alguns casos a semente é imersa em água, o que pode ter contribuído para o valor mais baixo de SS.

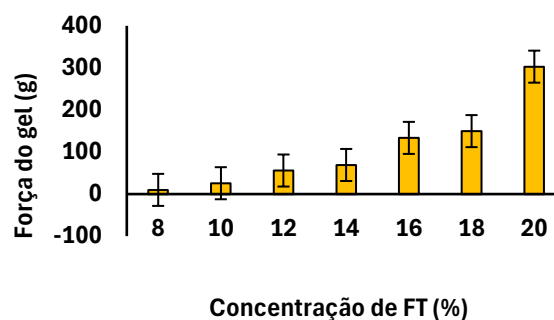
A relação SS/AT está relacionada com o equilíbrio entre açúcares e ácidos orgânicos presentes. Assim, quanto maior a acidez, menor será a relação SS/AT que neste caso foi de $0,3 \pm 0,01$. O valor mais alto de acidez pode estar associado à colheita do fruto antes do estágio completo de maturação (Ferreira, 2018).

A força do gel, tradicionalmente referida como *Bloom*, corresponde à força necessária para penetrar a superfície de um gel (AOAC, 1998). No presente estudo, essa propriedade foi avaliada em géis preparados a partir da concentração de 8% de farinha (Figura 8). Observou-se que a força do gel aumentou proporcionalmente à concentração da farinha empregada. Os géis formulados com a farinha apresentaram bons valores de força, resultando em estruturas firmes.

Esse comportamento pode ser atribuído à presença de proteínas da F24. Durante o preparo dos géis, que

incluiu o aquecimento a 80°C , houve desnaturação proteica, expondo grupos reativos e tornando-os mais disponíveis para interação. Esse processo favorece o reforço das ligações intermoleculares dentro da rede do gel de emulsão, o que contribui para a elevação da força do gel (Li *et al.*, 2022; Mozafarpou e Koocheki, 2023).

Este estudo evidencia a importância da análise das propriedades funcionais, uma vez que elas permitem recomendar a aplicação de ingredientes em formulações alimentares com o objetivo de melhorar características tecnológicas e agregar valor. Neste caso, destaca-se o aproveitamento de um subproduto da indústria alimentícia, contribuindo para a sustentabilidade e inovação no desenvolvimento de novos produtos.



Fonte: a Autora, 2024.

CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a semente de tamarindo, um subproduto agroindustrial subutilizado, possui características físicas e físico-químicas promissoras para o aproveitamento tecnológico. As sementes apresentaram formato predominantemente achatado e alongado. A farinha obtida apresentou baixos índices de atividade de água ($< 0,60$), o que garante boa estabilidade comercial e resistência ao desenvolvimento microbiano. Além disso, revelou uma excelente capacidade de formação de gel, com a força do gel aumentando proporcionalmente à sua concentração. Esses resultados evidenciam que a farinha da semente de tamarindo pode ser utilizada como um ingrediente funcional e tecnológico na indústria de alimentos, especialmente como agente estruturante em produtos que buscam sustentabilidade e agregação de valor aos resíduos.

AGRADECIMENTOS

Escreva os agradecimentos aquiO presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores agradecem também à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) pelo suporte



laboratorial e infraestrutura. Agradecemos à Cooperativa dos Agricultores e Agroextrativistas Grande Sertão® pelo fornecimento da matéria-prima utilizada nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AKAJIAKU, L. O.; NWOSU, J. N.; ONUGBU, N. C.; NJOKU, N. E.; EGBENEKE, C. O. Composição próxima, mineral e antinutriente da semente de tamarindo (*Tamarindus Indica*) processada (embebida e torrada). **Curr Res Nutr Food Sci.** v. 2, n. 3, 2014. Doi: <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.2.3.05>.
- AOAC Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, 15th edn. Washington, DC, USA, 1990.
- AOAC Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, 2008.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (method 926.12) Arlington: A.O.A.C., 1996, chapter 33. p. 5.
- BAGUL, M. *et al.* Tamarind seeds: chemistry, technology, applications and health benefits: a review. **Indian Food Ind Mag.** v. 34, n. 3, p. 28-35, 2015.
- BAYOÏ, James Ronald; BIANRA, Jude. Traditional processing, quality, and safety assessment of homemade “djabbe” (*Tamarindus indica*) juice marketed in several areas in Far North Cameroon. **Food and Humanity**, v. 1, p. 1315–1330, 2023.
- BASHIR, AY; ABDULLAHI, SA; SULEIMAN, B. Efeito da torrefação na composição próxima, mineral e antinutriente de nozes de semente de *Tamarindus indica*. **FUW Trends in Science and Technology Journal**, v. 1, n. 2, p. 493-496, 2016.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.
- BISWAS, B; SIT, N. Effect of ultrasonication on functional properties of tamarind seed protein isolates. **J Food Sci Technol.** v. 57, n. 6, p. 2070–2078, 2020.
- BOLEK, S. Valorização de sementes de *Tamarindus indica* torradas em micro-ondas na produção de biscoitos funcionais e efeitos nas propriedades reológicas e texturais da massa de biscoitos. **J Food Sci Technol** v. 59, p. 2080–2086, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05224-z>.
- BAYOÏ, James Ronald; FOUNDIKOU, Bruno Yaya; ETOA, François-Xavier. In vitro bioactive properties of the tamarind (*Tamarindus indica*) leaf extracts and its application for preservation at room temperature of an indigenous roselle (*Hibiscus sabdariffa*)-based drink. **Journal of agriculture and food research**, v. 6, n. 100241, p. 100241, 2021.
- BRASIL, A. N. de V. S. Resolução RDC nº 711, de 01 de julho de 2022. Regulamento técnico com requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães.". Diário Oficial da União, de 01 de julho de 2022. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6482578/RDC_711_2022_COMP.pdf/f080a1e2-f6a8-462a-9e58-9c59671523ce. Acesso em: 24 de maio de 2024.
- CASTILHO, F.; FONTANARI, G. G.; BATISTUTI, J. P. Avaliação de algumas propriedades funcionais das farinhas de tremçoço doce (*Lupinus albus*) e feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) e sua utilização na produção de fiambre. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v. 30, n. 1, p. 68- 75, 2010.
- CIE. *Commission Internationale de l'Éclairage. Colorimetry*, CIE Publication No. 15:2004, 2000.
- COFFMAN, W.C.; GARCIAJ, V. V. Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. **International Journal of Food Science & Technology**, 1977, 12(5):473-484. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb00132.x>
- COSTA, A. P. F da.; PINTO, E. G.; SOARES, D. S. B. Obtenção de farinha do mesocarpo de pequi. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 38, p. 349-354, 2017.
- COSTA, I. D; CARMO, S. K. S. Ajuste de pH na produção de fermentado alcoólico de tamarindo (*Tamarindus indica* L.). **Revista Verde**, v. 18, n. 4, p. 132-136, 2023.
- CHISTÉ, R. C. et al. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 4, p. 861–864, 2006.



CRISPÍN-ISIDRO, G. *et al.* Influence of purification on physicochemical and emulsifying properties of tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed gum. **Food hydrocolloids**, v. 93, p. 402–412, 2019.

FAO. **Effects of Food Processing on Dietary Carbohydrates**. Disponível em: <https://www.fao.org/4/W8079E/w8079e0j.htm>. Acesso em: 03/04/2025.

FERREIRA K. C. F. **Caracterização integral de frutos tamarindo (*Tamarindus indica* L.) do cerrado de Goiás, Brasil e aplicação em produtos drageados** [Dissertação] Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 87p; 2018. Disponível em <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/9124> Acesso em: junho de 2024.

FERREIRA, K. C. *et al.* Physical-chemical characterization and technological and thermal properties of tamarind (*Tamarindus Indica* L.) from the cerrado of Goiás, Brazil. **Carpathian Journal of Food Science and Technology**, p. 94–106, 2019.

FERREIRA JUNIOR, W. N.; RESENDE, O.; PINHEIRO, G. K. I.; SILVA, L. C DE M.; SOUZA, D. G.; SOUSA, K. A de. Modeling and thermodynamic properties of the drying of tamarind (*Tamarindus indica* L.) seeds. **Rev bras eng agric ambient**. v. 25, n. 1, p. 37–43, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n1>.

GALVÃO, J. M.; SILVA, T. M.; SILVA, W. P.; PIMENTEL, P. R. S.; BARBOSA, A. M.; NASCIMENTO, A. T. V. C.; LIMA, A. G. V. O.; BEZERRA, L. R.; OLIVEIRA, R. L. Intake, digestibility, ingestive behavior, and nitrogen balance of goats fed with diets containing residue from tamarind fruit. **Trop Anim Health Prod**, v. 52, p. 257–264, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02013-x>.

GARCIA E SILVA, I. E.; SILVA, J. B.; ALBURQUERQUE, J. M.; MESSIAS, C. M. B de O. Physico-chemical characterization of Tamarind residues (*Tamarindus indica* L.): nutritional and anti-nutritional potential. **Mundo da saude (1995)**, v. 44, p. 595–606, 2020.

GOMES, C. D. L. *et al.* Production of *Tamarindus indica* L. seedlings submitted to substrates and pre-germination methods. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, n. e54029, 2019. <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4954029>.

HEMALATHA, C.; PARAMESHWARIS. Investigation on the Mineral Configurations,

Antioxidant Power, and Durability in Processed Tamarind (*Tamarindus indica* L.) Seed Powder. **Biotech Res Asia**. v. 20, n. 4, 2023. Disponível em: <https://bit.ly/41Exitb>. Acesso em: 24 de junho de 2024.

HU, Hao *et al.* Acid-induced gelation behavior of soybean protein isolate with high intensity ultrasonic pre-treatments. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 20, n. 1, p. 187–195, 2013.

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. p. 21–22.

KACZMARSKA, Kornelia T. *et al.* Effect of germination and fermentation on carbohydrate composition of Australian sweet Lupin and soybean seeds and flours. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 46, p. 10064–10073, 2017.

KROLOW, A. C. R. Hortaliças em Conserva. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 40p; 2006.

LI, H. *et al.* Application of whey protein emulsion gel microparticles as fat replacers in low-fat yogurt: Applicability of vegetable oil as the oil phase. **Journal of dairy science**, v. 105, n. 12, p. 9404–9416, 2022a.

LI, M. *et al.* Effects of low-frequency and high-intensity ultrasonic treatment combined with curdlan gels on the thermal gelling properties and structural properties of soy protein isolate. **Food hydrocolloids**, v. 127, n. 107506, p. 107506, 2022b.

LÓPEZ-HERNÁNDEZ, L. H.; CALDERÓN-OLIVER, M.; SORIANO-SANTOS, J.; SEVERIANO-PÉREZ, P.; ESCALONA-BUENDÍA, H. B.; PONCE-ALQUICIRA, E. Desenvolvimento e estabilidade antioxidante de filmes comestíveis suplementados com extrato de semente de tamarindo. **Revista Mexicana De Engenharia Química**. v. 17, n. 3, p. 975–987, 2018.

MAIA, J. L.; WURLITZER, N. J.; LIMA, J. R.; BORGES, M. DE F.; MAIA, M. DE O.; DAMIÃO, B. S.; OLIVEIRA, L. S. Qualidade e estabilidade de armazenamento do suco de tamarindo. **Braz J Food Technol**. v. 24, n. e2020027, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.02720>

MAHAJANI, K. (2020) Propriedades físico-químicas, funcionais e composição próxima da semente de tamarindo. **J. Agri Search**. v. 7, n. 1, p. 51–53, 2020.



MAKINDE, F. M.; AYODELE, T. I. Impact of processing on physical, chemical and pasting properties of tamarind (*T. indica*) seed flour. **Journal of Applied Sciences & Environmental Management**, v. 26, n. 6, p. 1039–1047, 2022.

MALA, T.; PIAYURA, S.; ITTHIVADHANAPONG, P. Characterization of dried pineapple (*Ananas comosus* L.) peel powder and its application as a novel functional food ingredient in cracker product. **Future foods: a dedicated journal for sustainability in food science**, v. 9, n. 100322, p. 100322, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100322>

MANSINGH, B. B. *et al.* Sustainable development in utilization of *Tamarindus indica* L. and its by-products in industries: A review. **Current Research in Green and Sustainable Chemistry**. v. 4, 2021.

MATOS, J. D. P.; SILVA, S. do N.; da SILVA, L. P. F. R.; COSTA, Z. R. T.; GOMES, J. P. Aproveitamento integral de cascas de frutas para produção de farinha. **Anais: Congresso Técnico Científico de Engenharia e da Agronomia**, Maceió, Alagoas, 21 a 24 de agosto de 2018. Disponível em: https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/agronomia/22_aidecdfppdf.pdf. Acesso em: 24 jun. 2024.

MARTINS, A. J. *et al.* Characterization of enriched meat-based pâté manufactured with oleogels as fat substitutes. **Gels (Basel, Switzerland)**, v. 6, n. 2, p. 17, 2020.

MOHITE, A. M; MISHRA, A; SHARMA, N. Effect of Different Grinding Processes on Powder Characteristics of Tamarind Seeds. **Agric Res**, v. 9, p. 262–269, 2020.

OLUSEYI, E. O.; TEMITAYO, O. M. Chemical and functional properties of fermented, roasted and germinated tamarind (*Tamarindus indica*) seed flours. **Nutrition & food science**, v. 45, n. 1, p. 97–111, 2015.

PESSOA, K. K.; SILVA, T.; MADALOZZO, E. S.; BACH, F. Development of chocotone with partial replacement of wheat flour for flour produced with tamarind seeds (*Tamarindus Indica* L.). **Brazilian Journal of Development**. V. 8, n. 2, p. 9554-9572, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJ/article/view/43771/pdf>. Acesso em: 1 ago. 2024.

PÉREZ-VILA, S. *et al.* Impact of the extraction method on the composition and solubility of leaf protein concentrates from perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). **Food Hydrocolloid**. v.147, Part A, 2024.

RIBEIRO, Laís Rocha; FILHO, Antonio Manoel Maradini. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FUNCIONAL DA FARINHA INTEGRAL DE QUINOA BRS PIABIRU / PHYSICAL AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF QUINOA BRS PIABIRU WHOLE FLOUR. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 93282–93291, 2020.

SANTHOSH, R.; SARKAR, P. Jackfruit seed starch/tamarind kernel xyloglucan/zinc oxide nanoparticles-based composite films: Preparation, characterization, and application on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruits. **Food hydrocolloids**, v. 133, n. 107917, p. 107917, 2022.

SANTOS, A. D. *et al.* Características tecnológicas de farinha de milho roxo (*Zea mays* L.) **Anais eletrônicos...57º Congresso Brasileiro de Química**, Gramado, 2017.var. subnigroviolaceo. Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2017/trabalhos/10/12651-20327.html>. Acesso em: 29 jul. 2024.

SANTOS, T. R.; FEITOSA, P. R.; RODRIGUES, H. G.; SANTANA, L. C. (2018). Avaliação de diferentes solventes na extração de compostos bioativos em resíduos de tamarindo (*Tamarindus indica*). **Anais...International symposium on technological innovation**, 19 a 21/09/ 2018. v. 8, n.1, p.124- 131, 2018. D.O.I.: 10.7198/S2318-3403201800010015.

SHRESTHA, Smriti *et al.* Rheological and textural properties of heat-induced gels from pulse protein isolates: Lentil, mungbean and yellow pea. **Food hydrocolloids**, v. 143, n. 108904, p. 108904, 2023.

SILVA, M. S. Tamarind products (*Tamarindus indica* L.) in Pernambuco's backlands: an experience of technological extension. **Revista Semiárido De Visu**, Petrolina, v. 8, n. 1, p. 105-116, 2020.

SILVA, E. I. G. *et al.* Caracterização físico-química dos resíduos do Tamarindo (*Tamarindus indica* L.): potencial nutricional e antinutricional. **Mundo da Saúde**, v. 44, p. 595-606, 2020 (a).

SILVA, E. I. G. *et al.* Utilizing tamarind residues in the São Francisco valley: food and nutritional



potential. **Ciência Rural**, v. 52, n. 12, 2022.
<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210708> (b).

SILVA, M. S. Tamarind products (*Tamarindus indica* L.) in Pernambuco's backlands: an experience of technological extension. **Revista Semiárido De Visu**, v. 8, n. 1, p. 105-116, 2020.

SILVA, L. M. **Avaliação de propriedades tecnológicas da farinha e fécula de rizomas de araruta comum (*Maranta arundinacea* L.) e araruta ovo-de-pata (*Myrosma cannifolia* L.f.)**. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso. Recife, 2022.

SILVA, E. I. G. *et al.* Utilizing tamarind residues in the São Francisco valley: food and nutritional potential. **Ciência Rural**, v. 52, n. 12, 2022.
<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210708> (b).

SOUSA, C. S.; PINHEIRO, V. C. S. de O.; SOARES, V. V.; PORTELA, V. V. F. Technological potential of pineapple waste flours. **Revista Desafios**. v. 3, n.1, 2023. Disponível em:
http://dx.doi.org/10.20873/DEZ_23_05. Acesso em: 20 de junho de 2024.

SOUZA, D. S. *et al.* perfil quantitativo de ácidos graxos do óleo obtido da semente de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) provenientes de diferentes estados do brasil. in: anais do simpósio latino-americano de ciência dos alimentos, 2017, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2017. Disponível em:
<<https://proceedings.science/slaca/slaca-2017/papers/perfil-quantitativo-de-acidos-graxos-do-oleo-obtido-da-semente-de-tamarindo-tama?lang=pt-br>> Acesso em: 02 agosto de 2024.

TRIL, U. *et al.* Chemical, physicochemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of rich-fibre powder extract obtained from tamarind (*Tamarindus indica* L.). **Industrial crops and products**, v. 55, p. 155–162, 2014.

XIE, F. Effects of tamarind seed polysaccharide on gelatinization, rheological, and structural properties of corn starch with different amylose/amylopectin ratios. **Food Hydrocolloids**, v. 105, 2020.

YASUMATSU, K.; SAWADA, K.; MORITAKA, S.; MISAKI, M.; TODA, J.; WADA, T.; ISHII, K. Whipping and emulsifying properties of soybean products. **Journal of Agriculture and Biology Chemistry**, Nagoya, v. 36, n. 5, p. 719-727, 1972.

ZANATTA C. L. *et al.* Avaliação físico-química e microbiológica de farinhas obtidas a partir de

vegetais não conformes à comercialização. **Alim. Nutri.**, Araraquara, v.21, n.3, p. 459-468, 2010.

ZHANG, H. *et al.* An amendment to the fine structure of galactoxyloglucan from Tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed. **Int. J. Biol. Macromol.**, v. 149, n. 1, p. 1189-1197, 2020.

ZHANG, X. *et al.* Preparation, characterization of curdlan-based emulsion micro-gel particles and its application in low-fat pork sausages. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie [Food science and technology]**, v. 185, n. 115160, p. 115160, 2023.