

COMPARAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS ENTRE MALTODEXTRINAS DE DIFERENTES FONTES VEGETAIS

Núbia de Aguiar D'agostin¹

Carolina Resmini Melo Marques²

Resumo: O presente artigo aborda uma análise comparativa entre maltodextrinas de diferentes fontes de amido, sendo elas, arroz, batata, milho e mandioca. O amido é um polissacarídeo formado por moléculas de amilose e amilopectina que atualmente não atende as mudanças da indústria alimentícia, portanto são submetidos a hidrólises químicas, físicas ou enzimáticas. Um dos produtos provenientes dessas modificações enzimáticas são as maltodextrinas, carboidrato complexo formado por uma combinação de açúcares redutores e que possuem valores de dextrose equivalente entre 3 e 20. Para a comparação desses derivados do amido, foram realizadas análises da composição de açúcares, propriedades físico-químicas, de índice de absorção e solubilidade em água (IAA e ISA). Apenas as amostras de arroz e mandioca atingiram os valores de dextrose equivalente necessários para serem considerados maltodextrinas, as restantes foram caracterizadas como amidos. As análises de pH, acidez e o tempo de escoamento foram similares nas amostras de arroz, mandioca e batata. A amostra de milho se mostrou diferente das demais, formando gel quando diluída em água, concluindo que o processo utilizado para a fabricação foi uma hidrólise diferente da estudada. Mesmo com resultados divergentes, pode-se atribuir utilizações para cada produto estudado, considerando suas características específicas.

Palavras-chave: Amido. Hidrólise Enzimática. Maltodextrina. Dextrose Equivalente.

1 INTRODUÇÃO

O amido é a principal substância de reserva nas plantas superiores e o principal fornecedor de energia consumida pelo homem. Os depósitos permanentes do amido nas plantas ocorrem nos órgãos de reserva, chamados amiloplastos, como é o caso dos grãos de cereais, como o arroz e o milho; de tubérculos e de raízes, como a batata e a mandioca (LEONEL; CEREDA, 2002).

Amidos de diferentes fontes botânicas possuem características tecnológicas distintas que indicam a melhor aplicação para diferentes funcionalidades,

¹ Graduanda em Engenharia Química. Ano 2021-2. E-mail: dagostin.nubia@gmail.com

² Professora do Centro Universitário UniSATC E-mail: carolina.melo@satc.edu.br

estas características são determinadas pela estrutura química e molecular e pela quantidade de outros componentes, como os lipídios, proteínas e açúcares (COUTINHO, 2007).

Nas indústrias, os amidos têm sido utilizados como ingredientes para melhorar as propriedades funcionais e aumentar o valor calórico do alimento. Porém, os amidos nativos nem sempre possuem propriedades físico-químicas que suportem diferentes técnicas e condições de processamento, por isso têm sua estrutura modificada por métodos químicos, físicos e enzimáticos, convertendo-se em derivados com propriedades distintas capazes de proporcionar novas funções aos produtos (CERQUEIRA, 2012; COUTINHO, 2007).

No processo enzimático, também chamado de hidrólise enzimática, amidos nativos são gelatinizados a fim de promover uma ruptura física do grão e a abertura da estrutura cristalina para posterior ação da enzima, quanto menor o tamanho do grânulo, maior a suscetibilidade enzimática dos amidos (LACERDA, 2018). Os produtos resultantes da hidrólise parcial do amido e de seus componentes: amilose e amilopectina, são conhecidos como maltodextrinas.

A maltodextrina consiste em uma mistura de sacarídeos com uma ampla distribuição do peso molecular entre polissacarídeos e oligossacarídeos. Seus valores de dextrose equivalente (DE) são entre 3 e 20, e podem ser obtidas de amidos de diferentes fontes botânicas. A dextrose equivalente (DE) é a medida do grau de hidrólise da molécula de amido e é definida pelo conteúdo de açúcares redutores (AR) expressos em percentual de glicose, em base seca (SILVA; DEMCZUK JUNIOR; VISENTAINER, 2014).

Por possuir uma solubilidade mais alta do que o amido nativo, ter forte capacidade de retenção, baixa higroscopia e ser capaz de inibir a cristalização, as maltodextrinas são muito utilizadas na indústria de alimentos como condicionadoras de umidade para pães, carnes e massas, espessantes e estabilizantes, realçador de sabor, entre outras funções (TENSISKA; MARTA; FARHANI, 2016).

Devido a esta vasta gama de aplicações, é relevante o conhecimento de diferentes propriedades das maltodextrinas, sendo assim, este estudo compara as características físico-químicas das maltodextrinas entre os principais alimentos fontes de amido: arroz, milho, mandioca e batata, e estabelece sua aplicabilidade como matérias-primas para diferentes indústrias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FONTES VEGETAIS

Os vegetais apresentam uma grande importância para a manutenção da saúde do homem. Esses alimentos contêm diversos elementos essenciais, como vitaminas, sais minerais e fibras, além de apresentarem pouco valor energético. Nos países tropicais, como o Brasil, existem grandes quantidades de espécies amiláceas, ricas em amido, cujas características podem atender a determinados usos alimentares.

2.1.1 Arroz

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial (WALTER; MARCHEZANI; AVILA, 2008).

O grão de arroz é constituído de amido, polissacarídeo constituído por moléculas de glicose, cujas propriedades são determinadas pela relativa disposição dessas moléculas na cadeia. Quando linear, compõem a amilose; quando ramificada, a amilopectina (FERREIRA et al., 2005).

2.1.2 Batata

Por apresentar características nutricionais importantes para a alimentação humana e versatilidade no modo de preparo, a batata (*Solanum tuberosum*) tornou-se uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil.

O tubérculo é um alimento basicamente energético, rico em proteínas e importante fonte de sais minerais. Composta de cerca de 80% de água, 16% de carboidratos e amido que, em suas diferentes formas, são absorvidos pelo organismo como glicose, após hidrólise enzimática. Além de fibras, açúcares e proteínas em menores quantidades (SUINAGA; PEREIRA, 2016).

2.1.3 Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta*) é considerada a mais brasileira das culturas, por ser originária do Brasil e cultivada em todo território nacional. Seu elemento principal é a raiz tuberosa onde se concentram a maior quantidade de fécula, por isso serve como base para alimentação humana, consumida como farinha, amido ou cozido (*in natura*) (EMBRAPA, 2011). A raiz é considerada a terceira fonte de caloria (depois do arroz e do milho), e uma das principais fontes de carboidratos em diversos países no mundo (GROXKO, 2020).

2.1.4 Milho

O milho (*Zea mays*) é um dos alimentos mais nutritivos que existem. Além das fibras, principal nutriente encontrado na casca, o grão de milho é formado por carboidratos, proteínas, vitaminas do complexo B, ferro, fósforo, potássio e cálcio, grandes quantidades de açúcares, gorduras, celulose e calorias. Pode ser consumido puro ou como ingredientes de outros produtos, sendo uma importante fonte energética para o homem (ABIMILHO, 2021).

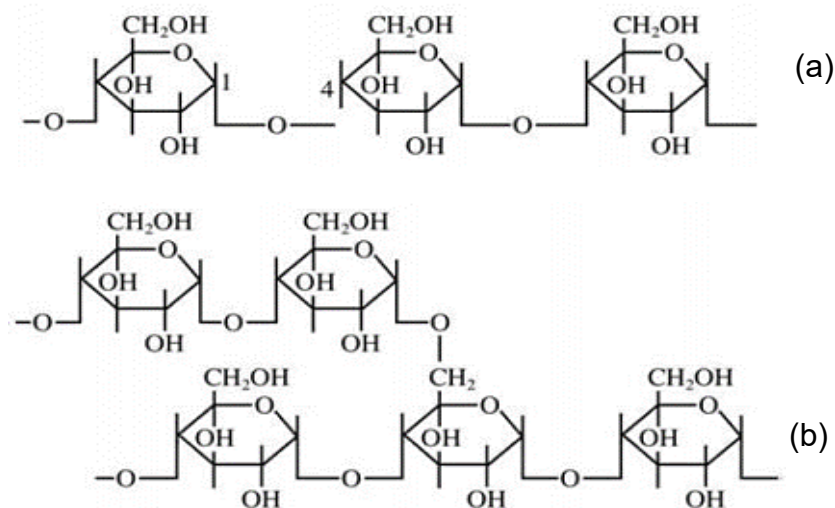
2.2 AMIDO

Dentre os polissacarídeos o amido é o único produzido em pequenos agregados individuais, denominados grânulos, que são insolúveis em água em temperaturas inferiores a 50 °C. As fontes mais importantes de amido são os grãos de cereais, representando cerca de 40 a 90% de seu peso seco, em leguminosas, entre 30 e 70%, e em tubérculos, de 65 a 85%. (CERQUEIRA, 2012; COUTINHO, 2007).

O amido é um carboidrato constituído principalmente por dois tipos de polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina, com estruturas e funcionalidades diferentes, conforme Fig. 1. Elas são arrançadas no interior dos grânulos por pontes de hidrogênio, formando áreas cristalinas ordenadas. Entre essas áreas cristalinas existem regiões amorfas, nas quais as moléculas não têm uma orientação particular. A principal responsável pela cristalinidade dos grânulos de amido é a amilopectina,

que, ao contrário da amilose, possui estrutura altamente ramificada (ZAVAREZE et al., 2009).

Figura 1: Estruturas químicas da Amilose (a) e Amilopectina (b).



Fonte: Danie (2018)

A amilose é um polissacarídeo formado por unidades de D-glicose unidas entre si por ligações glicosídicas ligadas em α -1,4, apresentando pequeno número de ramificações. Responsável pela zona amorfa dos grânulos, é a região menos densa, mais suscetível aos ataques enzimáticos e a que absorve mais água em temperaturas abaixo da temperatura de gelatinização. (COUTINHO, 2007; VIEIRA, 2004).

A amilopectina é, estrutural e funcionalmente, a mais importante das duas frações, pois sozinha é suficiente para formar o grânulo. A grande maioria dos amidos contém 20-30% de amilose e 30-70% de amilopectina e essa razão varia de acordo com a fonte vegetal. Responsável pelas áreas cristalinas do amido, a amilopectina mantém a estrutura do grânulo, controla o seu comportamento na presença de água e os tornam mais resistentes aos ataques químicos e enzimáticos (CERQUEIRA, 2012; VIEIRA, 2004).

2.2.1 Hidrólise do amido

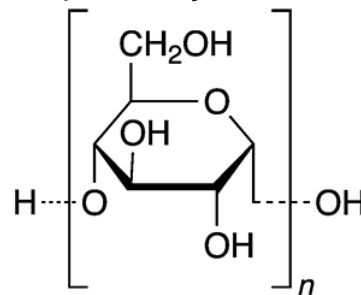
Segundo Lacerda (2018), o amido na forma nativa tem o seu uso restrito devido à insolubilidade em água fria, instabilidade frente a ciclos de congelamento e

descongelamento e tendência a retrogradação. Porém, estas podem ser melhoradas através de métodos biológicos, físicos, químicos e enzimáticos.

A hidrólise enzimática consiste em uma reação química, catalisada por uma enzima, que utiliza água para quebrar uma molécula em outras moléculas menores a partir da ação de íons provenientes da ionização da água. Quando as moléculas de amido são aquecidas em excesso de água, a estrutura cristalina é rompida, e as moléculas de água formam pontes de hidrogênio entre a amilose e amilopectina, expondo seus grupos hidroxilas. Esse processo também é denominado gelatinização, em que ocorre aumento no inchamento e na solubilidade do grânulo e perda da organização estrutural com fusão dos cristais (DENARDIN; SILVA, 2008).

O ataque das enzimas se dá primeiro sobre cada espiral helicoidal da amilose ou da amilopectina, originando dextrinas, cadeia complexa de carboidratos. As α -amilases, correspondem às endoamilases, que atuam ao longo das cadeias de amilose e amilopectina hidrolisando as ligações α -1,4 e liberando malto-oligossacarídeos, também chamado maltodextrinas e, conforme Fig. 2, possui cadeia linear (CERQUEIRA, 2012).

Figura 2: Representação da Maltodextrina.



$$2 < n < 20$$

Fonte: ACS (2021)

2.3 MALTODEXTRINAS

A hidrólise parcial do amido e de seus componentes, amilose e amilopectina, resulta na produção de D-glicose, maltose e uma série de oligossacarídeos e polissacarídeos. O menor desses polímeros, chamado de maltodextrinas, possui valores de dextrose equivalente (DE) entre 3 e 20, definido pelo conteúdo de açúcares redutores (AR) em base seca. (SILVA, 1998). A composição e propriedade do malto-oligossacarídeo produzido depende da natureza do amido a ser

hidrolisado e do processo utilizado. Em geral, as maltodextrinas são solúveis em água, possuem baixa densidade, não apresentam sabor adocicado e não possuem sabor de amido (MALTODEXTRINAS, 2014).

2.3.1 Dextrose equivalente

A dextrose equivalente (DE) é uma medida que caracteriza a extensão da hidrólise do amido e indica uma média do peso molecular. A dextrose usada como padrão é o amido, com valores de $DE = 0$, e a glicose com valores de $DE = 100$ (MOORE; CANTO; AMANTE, 2005). Enquanto a higroscopicidade e a solubilidade aumentam com o aumento da DE, a viscosidade, coesividade e a prevenção de formação de cristais aumenta com a diminuição da DE.

Os valores de DE em maltodextrinas é menor que 20, enquanto produtos da conversão do amido com valores de DE entre 20 e 75 são chamados de xarope de glicose e os produtos de maior DE são denominados simplesmente como hidrolisados de amido. Derivados da conversão do amido com apenas alguns traços de dextrose são conhecidos como dextrinas (COOK, 2013).

Maltodextrinas com os mesmos valores de dextrose equivalente (DE) podem apresentar propriedades funcionais diferentes, que refletem em sua composição molecular, no perfil de açúcares, linearidade e ramificação, devido as condições do processo de hidrólise (MOORE; CANTO; AMANTE, 2005).

2.3.2 Perfil de açúcares

Existem açúcares que possuem grupos carbonílico e cetônico livres, que são capazes de oxidar na presença de agentes oxidantes, em soluções alcalinas. Estes são os açúcares redutores (AR), que são monossacarídeos, como a glicose e a frutose, e alguns dissacarídeos, como a maltose, formada por glicose, e a lactose, formada por galactose e glicose (DORNEMANN, 2016).

Os açúcares não-redutores (ANR) precisam sofrer hidrólise da ligação glicosídica para oxidar, um exemplo de açúcar não redutor é a sacarose, que é formada pela ligação entre uma molécula de glicose e uma molécula de frutose. A

hidrólise desses açúcares é geralmente feita com ácido forte ou com o uso de enzimas (DORNEMANN, 2016).

Atualmente existem uma ampla gama de métodos e técnicas de análise para a determinação da concentração de açúcares redutores, não redutores e açúcares totais. Essas técnicas analíticas determinam o teor de açúcar baseadas nas propriedades físicas, químicas ou ópticas de cada açúcar (SIQUEIRA, 2019).

2.3.3 Solubilidade

Solubilidade em água é uma importante propriedade das maltodextrinas no que se refere às suas aplicações, varia com a variação da DE e com o método de hidrólise empregado na produção. É afetada pelo peso molecular dos sacarídeos, sendo que sacarídeos com alto peso molecular diminuem a solubilidade da solução. As maltodextrinas com DE entre 5 e 15 possuem uma solubilidade muito similar, entretanto há uma tendência de produtos com maior DE apresentarem-se mais solúveis (MALTODEXTRINAS, 2014).

2.3.4 Aplicações

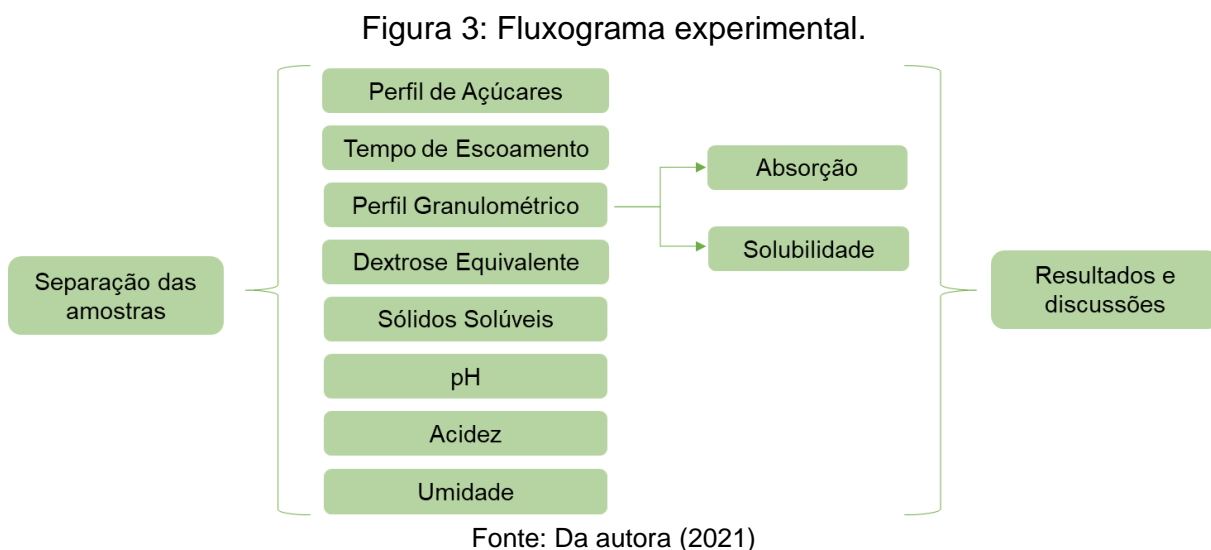
As maltodextrinas possuem vasta gama de aplicações, na indústria de alimentos são comumente utilizadas como condicionador de umidade, espessante alimentício, inibidor de cristalização, estabilizante, carreador de adoçantes sintéticos, realçador de sabor, aditivos de agentes corantes, agente umidificante para pães, carnes e massas; agente de volume e espessante em pudins, sopas e sobremesas geladas. Além de fornecer carboidratos em formulações de produtos em pó, as maltodextrinas também são utilizadas devido ao seu baixo sabor adocicado e alta solubilidade (MALTODEXTRINAS, 2014).

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Nesta etapa serão descritos os procedimentos experimentais adotados para a caracterização das maltodextrinas. A amostra de maltodextrina de arroz foi disponibilizada pela Empresa Fumacense Alimentos, localizada no município de Morro

da Fumaça – SC, que também cedeu espaço laboratorial para a realização das análises de caracterização físico-química. As demais amostras de maltodextrinas foram adquiridas de empresas parceiras de outros Estados.

A Fig. 3 apresenta o fluxograma das etapas experimentais que foram realizadas para caracterização das amostras.



3.1 PERFIL DE AÇÚCARES

O perfil de açúcares foi determinado por um laboratório terceiro que utiliza cromatografia líquida de alta eficiência, segundo a metodologia de Burgner & Feinberg (1992).

3.2 PERFIL GRANULOMÉTRICO

O ensaio granulométrico foi utilizado para que todas as amostras tivessem tamanhos de grânulos semelhantes, visto que os índices de solubilidade e absorção em água e viscosidade estão diretamente relacionados com o tamanho da partícula. O procedimento utiliza o método adaptado do AACC 66-20.

Aproximadamente 25 g de cada amostra foi depositada em um sistema de peneiras sobrepostas com as malhas ABNT de 40, 80, 100, 140, 170, 200 e 230 mesh e submetidas à agitação, com o auxílio do pincel, até obtenção de uma massa constante do material retido em cada peneira. Os produtos retidos em cada malha,

bem como a passante da última peneira, foram pesados e calculados seus percentuais.

3.3 ÍNDICE DE SOLUBILIDADE E ABSORÇÃO DE ÁGUA

O Índice de Absorção de Água (IAA) e o Índice de Solubilidade em Água (ISA) foram obtidos a partir da metodologia de Okezie e Bello (1998) com adaptações.

Preparou-se uma suspensão com 10 mL de água e 0,2 g de maltodextrina, em base seca, em tubos de centrífuga previamente pesados. Agitou-se os tubos por 5 minutos e em seguida centrifugou-se à 1800 rpm durante 30 minutos em centrífuga de laboratório da marca Centribio, modelo 80-2B e velocidade máxima de 4000 rpm.

Após decorrido esse tempo, colocou-se o líquido sobrenadante na placa de Petri, previamente seca e pesada. A placa foi transferida para a estufa à 105 °C para secagem. Posteriormente a placa foi resfriada com auxílio do dessecador. A partir da relação entre o peso do resíduo seco após a evaporação e o peso da amostra inicial, determinou-se a solubilidade em água, através da Eq. (1).

$$ISA = \frac{\text{resíduo da vaporização (g)}}{\text{massa da amostra (g)}} \times 100 \quad (1)$$

Pesou-se a amostra úmida restante no tubo. A relação entre o peso da amostra antes e depois do ensaio foi utilizada para calcular a quantidade de água absorvida pela amostra, a partir da Eq. (2).

$$IAA = \frac{\text{massa amostra úmida (g)}}{\text{massa amostra seca (g)}} \times 100 \quad (2)$$

3.4 TEMPO DE ESCOAMENTO

Os tempos de escoamento das maltodextrinas foram avaliados com o auxílio de um Viscosímetro do tipo Copo Ford de nº 4 (com orifício 4 mm), utilizando o método adaptado da norma ASTM D 1200. A partir desse equipamento, observou-se o tempo que a amostra, diluída em água, levou para escoar através do orifício

existente no fundo do equipamento. O tempo decorrido desde a liberação do orifício até a interrupção do filete é o valor da viscosidade que foi medida em segundos.

3.5 ANÁLISES FÍSICOS-QUÍMICAS

As metodologias utilizadas para execução dos ensaios de dextrose equivalente (DE), sólidos solúveis, pH, umidade e índice de acidez, foram adaptadas do IAL – Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.5.1 Dextrose equivalente (DE)

Inicialmente preparou-se a solução de hidróxido de sódio (NaOH) 20%. Em seguida foram preparadas as soluções de Fehling, utilizadas para diferenciar os grupos funcionais cetonas e aldeídos. Para o preparo da solução Fehling A, pesou-se 34,640 g de sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Transferiu-se para balão volumétrico de 1 L e completou-se o volume com água deionizada. No preparo da solução de Fehling B, pesou-se 173,0 g de tartarato de sódio e potássio ($\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) e dissolveu-se em 250 mL de água destilada. Adicionou-se 250 mL de NaOH 20% previamente preparada. Foi transferido para balão volumétrico de 1 L e completado o volume com água deionizada.

Para a análise de açúcares redutores em glicose, pesou-se 5 g da amostra e transferiu-se para o balão volumétrico de 100 mL completando o volume com água. Agitou-se e transferiu-se o filtrado para a bureta de 25 mL. Em um erlenmeyer, adicionou-se 10 mL da solução de Fehling A, 10 mL da solução de Fehling B e 40 mL de água destilada. Aqueceu-se o erlenmeyer até início da ebulição, mantendo a tampa fechada. Após o início da ebulição, retirou-se a tampa e a titulação continuou, sem agitar a amostra. Próximo do momento da viragem, adicionou-se 2 gotas de azul de metileno e prosseguiu-se a titulação até a viragem. O ponto de viragem é definido pela coloração laranja avermelhado. A quantidade de açúcares redutores foi determinada a partir da Eq. (3), utilizando-se o volume gasto na titulação.

$$\frac{100 \times A \times a}{P \times V} = \text{Açúcares Redutores em Glicose} \quad (3)$$

Onde:

A = volume da solução de P da amostra (mL);

a = massa de glicose correspondente a 10 mL das soluções de Fehling (g);

P = massa da amostra (g);

V = volume da solução da amostra gasto na titulação (mL).

Nas amostras em que o ponto de viragem não foi atingido, realizou-se o teste do iodo para a verificação dos resultados.

3.5.2 Teste do iodo

Em uma placa de Petri diluiu-se 1 g da amostra em 10 mL de água. Adicionou-se 3 gotas de tintura de iodo 2% e avaliou-se a coloração encontrada. Se o conjunto apresentasse uma coloração roxa, ainda há amido a ser convertido, se permanecesse alaranjado, a conversão está completa.

3.5.3 Sólidos solúveis

Pesou-se 10 g da amostra em um béquer e acrescentou-se 100 mL de água. Agitou-se o conteúdo até que as partículas ficassem uniformemente suspensas. Com auxílio de um refratômetro digital pocket portátil da marca Atago, previamente calibrado, determinou-se os sólidos solúveis medidos em graus Brix.

3.5.4 pH

Pesou-se 10 g da amostra em um béquer com 100 mL de água. Agitou-se o conteúdo até que as partículas ficassem uniformemente suspensas. Determinou-se o pH, com o pHmetro portátil da marca Testo, modelo 206, previamente calibrado.

3.5.5 Acidez

Pesou-se 2,5 g da amostra e misturou-se em uma proveta com 50 mL de álcool etílico (C_2H_5OH) e reservou-se por 24 horas. Após transcorrido o tempo,

coletou-se uma alíquota de 20 mL do líquido sobrenadante e adicionou-se no erlenmeyer de 125 mL com 6 gotas de indicador de fenolftaleína e realizou-se a titulação com NaOH na bureta à 0,01 N até adquirir uma coloração rosa. Foi realizada também uma titulação em branco usando somente 20 mL de álcool etílico (C₂H₅OH). Após o ensaio, utilizou-se a Eq. (4) para determinar o valor da acidez em mL/g.

$$\text{Acidez} = \frac{(V - V') \times f \times 100}{P \times c} \quad (4)$$

Onde:

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

V' = volume da solução de NaOH gasto na titulação em branco (mL);

f = fator de correção do NaOH (---);

P = quantidade da amostra usada na titulação (g);

c = correção de normalização (100 para NaOH 0,01 N).

3.5.6 Umidade

Para a determinação do teor de umidade, utilizou-se um analisador de umidade da marca Ohaus, modelo MB 25, com perfil de aquecimento padrão com range de 50 a 160 °C. Ajustou-se a temperatura para 120 °C e o tempo para a opção automática, pesou-se aproximadamente 10 g de amostra e iniciou-se o ensaio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES

Os dados experimentais para a composição e propriedades das amostras, após o processo de hidrólise enzimática dos amidos de arroz, batata, milho e mandioca, de acordo com o planejamento experimental proposto, encontram-se na Tab. 1.

Tabela 1: Composição das amostras de maltodextrinas.

Amostras	Sólidos Solúveis (°Bx)	Dextrose Equivalente	Perfil de Açúcares (g/100g)				
			Frutose	Glicose	Lactose	Maltose	Sacarose
Arroz	7,1%	19,56	ND*	13,04	ND*	10,35	ND*
Batata	8,2%	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*
Milho	1,9%	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*
Mandioca	8,7%	8,71	ND*	0,91	ND*	6,33	ND*

*ND - Valores não detectados pelos equipamentos.

Fonte: Da Autora (2021)

A partir da Tab. 1 observa-se que apenas duas amostras, de arroz e de mandioca, apresentaram valores nas análises de DE e perfil de açúcares. Segundo Tavares et al. (2010), a detecção de dextrose equivalente baseia-se no fato de que os sais cúpricos, em solução tartárica alcalina (solução de Fehling), podem ser reduzidos a quente por aldoses ou cetoses, grupos livres encontrados em monossacarídeos e alguns dissacarídeos provenientes da hidrólise, transformando-se em sais de cobre vermelhos, que se precipitam. As amostras de batata e milho, por não terem seus grupos carboxilas expostos, não foram capazes de reagir até a formação do precipitado de cobre, sendo caracterizadas como amido de batata e amido de milho.

Figura 4: Representação das análises de dextrose equivalente.



Fonte: Da autora (2021)

Na Fig. 4 pode-se comparar a coloração das soluções após a análise de dextrose equivalente, onde no erlenmeyer da esquerda apresenta cor azul, característica do início do ensaio, ou seja, devido à ausência dos grupos carboxila livres não houve reação, essa coloração foi observada após a análise das amostras de milho e batata. No erlenmeyer da direita apresenta a coloração vermelho tijolo, indicando que ocorreu a reação e que há presença dos açúcares redutores na amostra, essa coloração foi observada nas amostras de arroz e mandioca.

Para saber se a conversão do amido foi completa ou parcial, fez-se o teste do iodo. O iodo reage com moléculas de alto peso molecular e sofre reação de complexação, formando compostos coloridos que variam de preto a azul escuro. A cor observada foi azul escuro, identificando que não houve conversão. Se o amido foi modificado, não ocorre a reação e a cor permanece alaranjada, característica do iodo. É possível observar na Fig. 5, comparando as mesmas amostras, indicando que as amostras de milho e batata, onde a cor predominante foi azul, são amidos e as amostras de arroz e mandioca, que permaneceram a cor alaranjada, são maltodextrinas.

Figura 5: Teste do iodo.



Fonte: Da autora (2021)

Já a quantificação do perfil de açúcares, de acordo com Dornemann (2016), é feita baseando-se nas curvas de calibração de soluções padrão, construída a partir de picos cromatográficos. Os valores encontrados de açúcares totais foram 23,39 e 7,24 para as amostras de arroz e mandioca, respectivamente. Os açúcares encontrados são classificados como redutores, por esse motivo pode-se relacionar o valor encontrado com o da DE. Para a amostra de arroz encontrou-se 19,56 e para a

mandioca 8,71, apresentando-se dentro dos valores estipulados para serem considerados maltodextrinas.

A concentração de sólidos solúveis, determinada pelo refratômetro, é um método indireto, físico, não seletivo e não faz nenhuma distinção entre os tipos de açúcares presentes e suas concentrações. Percebe-se que há uma diferença do valor resultante na amostra de milho, comparado com os outros valores encontrados, com valores de sólidos bem abaixo das demais. Isso se dá devido ao fato de o milho sofrer uma pré-gelatinização e não formar açúcares na sua composição.

4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

As características físico-químicas das maltodextrinas estudadas estão expostas na Tab. 2.

Tabela 2: Caracterização físico-química das maltodextrinas estudadas.

Amostras	Análises					
	pH	Acidez (mL/g)	Umidade (%)	Tempo de escoamento (s)	IAA (%)	ISA (%)
Arroz	7,04	0,02	5,2	14	217,30	66,01
Batata	6,26	0,02	7,5	16	130,44	69,69
Milho	6,05	0,02	10,0	Não escoou	1198,96	2,88
Mandioca	6,00	0,09	3,8	14	33,41	89,82

Fonte: Da Autora (2021)

Na Tab. 2 observa-se que as maltodextrinas apresentaram valores semelhantes de acidez titulável, esse parâmetro é inversamente proporcional a tendência de comportamento do pH, ou seja, a pequena redução dos valores de pH foi suficiente para que ocorresse aumento da acidez em condição ambiente.

Outro valor que se assemelha é do pH, onde a maioria deles pode ser caracterizado como levemente ácido. Santos (2016) quando analisou amostras de amido de mandioca *in natura*, encontrou o valor de 6,23, confirmando a afirmação de Coutinho (2007) onde explicou que esses valores decorrem da composição e pH natural de cada matéria-prima, considerando que no processo de extração e hidrólise dos amidos não utiliza produtos químicos.

Os valores de umidade, índice de solubilidade e absorção variaram com a fonte vegetal estudada. As umidades resultaram em valores diferentes dos estudados por Coutinho (2007), que pesquisou sobre maltodextrinas de mandioca e milho e encontrou valores de 4,76% e 3,87%, respectivamente. Segundo Barabach, Silva e Viante (2017), o controle de umidade é uma das determinações mais importantes utilizadas nas análises de alimentos, pois está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, podendo afetar a estocagem, embalagem e processamento do produto.

Zavareze et al. (2009), afirma que diferentes tipos de maltodextrinas exibem diferentes densidades granulares que influenciam diretamente a capacidade de absorção de água, o tempo de mistura e as características sensoriais, como aparência, sabor e textura. Dessa forma, as amostras foram submetidas às análises granulométricas a fim de separar os grânulos com o mesmo tamanho de partícula e posteriormente realizar as análises de solubilidade e absorção. Na Tab.3, encontram-se os valores atingidos referentes ao perfil granulométrico realizado por peneiramento, para cada amostra estudada.

Tabela 3: Perfil granulométrico das amostras.

Amostras	Granulometria (mesh)							
	#40	#80	#100	#140	#170	#200	#230	Passante
Arroz	0,00%	0,50%	0,23%	2,62%	3,79%	8,53%	5,96%	78,37%
Batata	0,00%	6,99%	7,22%	17,23%	7,82%	9,87%	3,82%	47,04%
Milho	0,00%	2,78%	2,52%	10,30%	7,95%	11,49%	4,29%	60,67%
Mandioca	0,00%	0,55%	0,50%	2,93%	3,35%	7,52%	5,50%	79,64%

Fonte: Da Autora (2021)

Como pode-se perceber na Tab. 3, a peneira que obteve maior rendimento entre todas as amostras foi a #200, por esse motivo, os ensaios de IAA e ISA foram realizados utilizando o retido dessa mesma malha.

No índice de solubilidade e absorção em água os resultados foram divergentes entre si. Entre eles, pode-se destacar a amostra de milho, onde verifica-se um menor valor para solubilidade e um valor extremamente alto para absorção,

isso ocorreu devido ao processamento térmico a que foi submetida, provocando uma pré-gelatinização e à perda da cristalinidade, em que os grânulos ficam livres para a expansão, absorvendo muito mais água. Devido a esse mesmo motivo, a amostra de milho transformou-se em gel e não escoou, enquanto as outras tiveram tempos semelhantes, concluindo que elas têm viscosidades similares quando diluídas em água.

A solubilidade das demais amostras variaram entre 66,01 e 89,82%, valores menores do que encontrados por Coutinho e Cabello (2007) com a variação de 94,42 a 95,86% em maltodextrinas de mandioca. Essa diferença se dá, pois, a solubilidade não é apenas dos açúcares formados, mas também das diferentes interações com outros nutrientes como as proteínas e suas modificações estruturais pós gelatinização, já que os processos de produção das amostras são desconhecidos.

Já o IAA, que indica a integridade dos grânulos de amido e a capacidade de absorverem água quando gelatinizados, variou entre 33,41 e 217,30%, eliminando o resultado encontrado na amostra de milho. A umidade pode interferir nos valores de absorção, ou seja, quanto menor a umidade o produto também apresentará um menor índice de absorção em água. Moura et al. (2011), explica que isso pode ser devido a uma alta taxa de cisalhamento, conseqüente de baixa umidade e alta temperatura, o que pode ter provocado alteração maior nos grânulos de amido, o que acarreta aumento de solubilidade e diminuição da absorção de água.

4.3 APLICAÇÕES EM INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS

As maltodextrinas possuem ampla gama de aplicação nas indústrias de alimentos, podem ser encontradas em sua forma pura ou constituinte em uma série de produtos alimentícios. Sendo considerado um produto energético, de moderada absorção pelo organismo e de fácil digestibilidade, quando associada a outros componentes, é amplamente utilizada por praticantes de exercícios físicos e atletas de diversas modalidades.

Para seu uso como ingredientes é importante conhecer o valor da DE e das suas propriedades, pois a partir delas, pode-se fabricar o produto desejado. No caso da amostra de mandioca analisada (DE = 8,71), devido baixa higroscopicidade, açúcares redutores, e doçura, Silva (1998) afirma ser um excelente carreador e agente

de volume. Possui grânulos de baixa densidade com boa resistência física e propriedades de fluidez. Exibe excelente dispersibilidade e características de dissolução. Podendo ser facilmente utilizada para substituir gorduras em molhos para salada; controlar a cristalização em sobremesas congeladas, prevenindo a formação de grandes cristais de gelo no processo de congelamento; fornecer mais viscosidade em sorvetes formulados; substituir o amido, melhorando a solubilidade e a cor dos produtos (COUTINHO, 2007).

A maltodextrina de arroz apresentou uma DE mais elevada, perto de 19,0. Por ser solúvel até 70% de sólidos secos, ter baixa densidade e boas propriedades de fluidez, protegem aromas contra a oxidação, por essa razão, são as mais indicadas na utilização para o encapsulamento de aromas utilizados como ingredientes. Em produtos secos, podem ser encontradas em condimentos, molhos instantâneos, sopas, sobremesas, pudins, bebidas *light* e em bolos e pães. Além de fornecer carboidratos em formulações de bebidas e produtos em pó, também são utilizadas devido ao seu baixo sabor adocicado e alta solubilidade (COUTINHO, 2007).

Sem formação de açúcares, as amostras de amido de batata e amido de milho também podem ser utilizadas como ingredientes. O amido de milho pré-gelatinizado tem seu principal uso na área alimentícia como espessante pelo fato de não sofrer retrogradação, formar gel, não alterar a textura do alimento, proporcionar melhor viscosidade e sua capacidade de absorver água. São comumente utilizados em alimentos que são armazenados em baixa temperatura, como requeijão, iogurtes, molhos e pão de queijo congelado (GONÇALVES FILHO, 2016).

Percebe-se que o amido de batata também é modificado, devido sua facilidade de dissolver em água, quando comparado ao amido *in natura*. Esse tipo de amido é usado no preparo de muitos alimentos instantâneos, uma vez que é mais miscível em água ou leite. As aplicações típicas do amido são os alimentos de conveniência, como sobremesas instantâneas, produtos de panificação e confeitaria, em sopas, cremes (AMIDO, 2013).

5 CONCLUSÕES

Através deste estudo pode-se concluir que as modificações, sejam elas enzimáticas, químicas ou físicas, têm contribuído para melhorar as características

funcionais dos amidos aumentando a sua faixa de aplicação. Desse modo, fornecendo maiores índices de solubilidade e absorção em água, já que amidos nativos são insolúveis.

O processo de hidrólise enzimática também elevou a capacidade da quebra do amido a fim de transformar moléculas complexas em polímeros menores, nesse caso, açúcares. Em duas das amostras analisadas pode-se detectar esses açúcares redutores em glicose, no restante não foi possível pois o processo de hidrólise utilizado foi diferente do método estudado.

Os valores encontrados de umidade foram menores para amostras de maltodextrinas, arroz e mandioca, que apresentaram 5,2 e 3,8, respectivamente. E mais elevados para os amidos modificados, batata e milho, de 7,5 e 10, respectivamente. Esses valores, mesmo divergentes entre si, estão dentro dos padrões exigidos pelo Regulamento da ANVISA (RDC n° 263, de setembro de 2005), onde cita em seus requisitos específicos a umidade máxima de 15% para produtos de amidos (BRASIL, 2005).

Para complementar e aprofundar ainda mais o estudo, pode-se propor um trabalho onde serão estudadas as produções de maltodextrinas das mesmas fontes vegetais (arroz, batata, milho e mandioca), visando uma conversão completa do amido e realizar análises da composição centesimal e conteúdo mineral nos diferentes produtos fabricados.

REFERÊNCIAS

AACC, American Association of Cereal Chemists. **Methods of the American Association of Cereal Chemists (Method 66-20)**, 11^a ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1995.

ABIMILHO. **O Cereal que enriquece a alimentação humana**. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/milho/cereal>. Acesso em: 11 abr. 2021.

ACS, American Chemical Society. **Molecule of the Week Archive Maltodextrin**. Disponível em: <https://www.acs.org/content/acs/en/molecule-of-the-week/archive/m/maltodextrin.html>. Acesso em: 04 abr. 2021.

AMIDO: Fontes, tipos e propriedades. **Aditivos & Ingredientes**, São Paulo, v. 98, n. 1, p. 34-43, maio 2013. Bimestral. Disponível em: http://insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/568.pdf. Acesso em: 10 out. 2021.

ASTM, D1200-10 (2018), **Método de teste padrão para viscosidade por Ford Viscosity Cup**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018, www.astm.org.

BARABACH, Amanda; SILVA, Elis Cristine Kobiakoski da; VIANTE, Laís Cristina. **Influência da granulometria nas propriedades funcionais e físico-químicas de farinhas de frutas e hortaliças**. 2017. 39 f. TCC (Doutorado) - Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Ufpr, Ponta Grossa, 2017.

BRASIL. Portaria nº 593, de 25 de agosto de 2000. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial União, Brasília, DF, 29 ago. 2005. Seção 1.

BURGNER & FEINBERG. *J. of AOAC Internat.* 75(3), 443-464, 1992.

CERQUEIRA, Vanessa Cassoni. **Produção de frutose a partir de hidrolisado enzimático de amido de mandioca**. 86 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Butucatu, 2012.

COOK, Karla Evelyn. **Efeito de hidrolisados de amido de diferentes equivalentes de dextrose na acidogenicidade do biofilme e desmineralização dental**. 73 f. Tese (Doutorado) - Curso de Odontologia, Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, 2013.

COUTINHO, Ana Paula Cerino. **Produção e caracterização de maltodextrinas a partir de amidos de mandioca e batata-doce**. 2007. 151 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

COUTINHO, Ana Paula Cerino; CABELLO, Cláudio. **Influência da agitação e do tempo de hidrólise no processamento de maltodextrina de amido de mandioca**. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 1-4, nov. 2007.

DANIE, Taiana Husila Gomes. **Obtenção, Caracterização Físico-Química, Oxidação e Aplicação de Nanocristais de Amidos de Phaseolus vulgaris L. (feijão), de Manihot esculenta Crantz (mandioca) e de Zea mays L. (milho) em Emulsões Pickering**. 2018. 81 f. Dissertação (mestrado) - Curso de ciência e tecnologia de alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, ponta grossa, 2018.

DENARDIN, Cristiane Casagrande; SILVA, Leila Picolli da. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 945-954, out. 2008. Trimestral.

DORNEMANN, Guilherme Moraes. **Comparação de Métodos para Determinação de Açúcares Redutores e Não-redutores**. 2016. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mandioca no Cerrado**. Planaltina: Embrapa, 2011. 190 p.

FERREIRA, Carlos Magri; PINHEIRO, Beatriz da Silveira; SOUSA, Ivan Sergio Freire de; MORAIS, Orlando Peixoto de. Qualidade do arroz no Brasil: evolução e padronização. **Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antônio de Goiás, v. 21, n. 1, p. 1-64, jan. 2005.

GONÇALVES FILHO, Eliseu. **Amido de mandioca pré-gelatinizado**. 2016. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Química Industrial, Fundação Educacional do Município de Assis, Assis - SP, 2016.

GROXKO, Methodio. **Mandioca Análise da Conjuntura**. Paraná: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, 2020. 12 p.

IAL, Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Ed. 4ª, ed. Digital. 1º. São Paulo, outubro de 2008.

LACERDA, Liziane Dantas. **Desenvolvimento de bioadsorvente à base de amido de arroz hidrolisado enzimaticamente**. 2018. 112 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

LEONEL, Magali; CEREDA, Marney Pascoli. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 65-69, jan. 2002.

MALTODEXTRINAS características estruturais e aplicações. **Aditivos & Ingredientes**, São Paulo, v. 106, n. 1, p. 42-46, mar. 2014. Bimestral. Disponível em: <https://aditivosingredientes.com.br/edicoes/106/marco-2014>. Acesso em: 12 abr. 2021.

MOORE, Geovana Rocha Plácido; CANTO, Luciana Rodrigues do; AMANTE, Edna Regina. Cassava and corn starch in maltodextrin production. **Química Nova**, Florianópolis, v. 28, n. 4, p. 596-600, abr. 2005.

MOURA, Luciana Silva de Mattos et al. **Propriedades de absorção e solubilização de extrudados de farinha mista de feijão, milho e arroz biofortificados**. In: iv reunião de biofortificação, 4., 2011, Teresina - PI. Simpósio. Teresina: Biofort, 2011. p. 1-5.

OKEZIE, B. O., BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n.2, p. 450-454, mar./abr. 1998.

SANTOS, Luana Dalagrana dos. **Influência de dextrina e maltodextrina oxidadas de amido de mandioca nas características farinográficas da farinha de trigo**. 2016. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Departamento

Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

SILVA, Douglas José da. **Produção de Maltodextrina com Baixo Teor de Glicose**. 1998. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1998.

SILVA, Marcos Vieira da; DEMCZUK JUNIOR, Bogdan; VISENTAINER, Jesuí Vergílio. Produção e Caracterização de Maltodextrinas e Sua Aplicação na Microencapsulação de Compostos Alimentícios por Spray Drying. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Paraná, v. 16, n. 1, p. 1-16, jun. 2014. Semestral.

SIQUEIRA, Gilson. **Determinação de açúcar em alimentos e bebidas**. 2019. Disponível em: <https://bioquimicabrasil.com/2019/05/26/determinacao-de-acucar-em-alimentos-e-bebidas/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

SUINAGA, Fabio Akiyoshi; PEREIRA, Arione da Silva. **Sistema de Produção da Batata**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132923/1/Sistema-de-Producao-da-Batata.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2021.

TAVARES, José Torquato de Queiroz; CARDOSO, Ricardo Luis; COSTA, João Albany; FADIGAS, Francisco de Souza; FONSECA, Antônio Augusto. **Interferência do ácido ascórbico na determinação de açúcares redutores pelo método de Lane e Eynon**. Química Nova, Cruz das Almas - Ba, Brasil, p. 805-809, mar. 2010.

TENSISKA, T; MARTA, H; FARHANI, N. **Production and Characterisation of Maltodextrin from Corn Starch by Enzymatic Hydrolysis Method**. 2016. 11 f. TCC (Graduação) - Curso de Faculty Of Agro-Industrial Technology, Dept. Food Technology, Universitas Padjadjaran Bandung, West-Java, Indonesia, 2016.

VIEIRA, Fabiana do Carmo. **Efeito do Tratamento com Calor e Baixa Umidade sobre características Físicas e Funcionais dos Amidos de Mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*), de Batata-doce (*Ipomoea batatas*) e de Gengibre (*Zingiber officinale*)**. 2004. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

WALTER, Melissa; MARCHEZANI, Enio; AVILA, Luis Antonio de. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, [s. l], v. 38, n. 4, p. 1184-1192, jul. 2008.

ZAVAREZE, Elessandra da Rosa; RODRIGUES, Andressa Oliveira; STORCK, Cátia Regina; ASSIS, Letícia Marques de; WALLY, Ana Paula do Sacramento; DIAS, Álvaro Renato Guerra. Poder de inchamento e solubilidade de amido de arroz submetido ao tratamento térmico com baixa umidade. **Brazilian Journal of Food Technology**. Pelotas, p. 31-35. jan. 2009.