

Digestibilidade do amido *in vitro* e valor calórico dos grupos de farinhas de mandioca brasileiras

In vitro starch digestibility and caloric value of Brazilian cassava flour groups

Autores | Authors

*Vitor Hugo dos Santos BRITO

Universidade Católica Dom Bosco (UCDB)
Centro de Tecnologias e Estudos do Agro-
negócio (CeTeAgro)
Av. Tamandaré, 6000, Jardim Seminário
CEP: 79117-900
Campo Grande/MS - Brasil
e-mail: britovhs@gmail.com

Erica Caroline da SILVA

Universidade Federal do Mato Grosso do
Sul (UFMS)
Unidade de Tecnologia de Alimentos (DTA)
Campo Grande/MS - Brasil
e-mail: ericacarols@yahoo.com.br

Marney Pascoli CEREDA

Universidade Católica Dom Bosco (UCDB)
Centro de Tecnologias e Estudos do Agro-
negócio (CeTeAgro)
Campo Grande/MS - Brasil
e-mail: cereda@ucdb.br

*Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido: Maio 27, 2014

Aprovado: Ago. 18, 2015

Resumo

A preferência cultural do brasileiro originou grupos e subclassificações da farinha de mandioca em função dos processos adotados. Diferenças de processamento das farinhas de mandioca podem afetar a digestibilidade do amido, assim seu teor calórico foi investigado. Foram selecionadas cinco amostras dos três grupos de farinha de mandioca: *Seca*, *Bijusada* e *D'água*. O teste de digestibilidade do amido foi realizado *in vitro*, incubando a suspensão de farinha com amilase (alfa-1,4-glucano-4-glucanohidrolase) em condições de temperatura e pH que simulam a digestão humana. Alíquotas foram coletadas a cada 15 minutos, durante 1 hora e o teor de glicose liberado foi expresso em calorias rapidamente disponíveis. Os resultados mostraram que o valor calórico de todas as amostras de farinha de mandioca permaneceu ao redor de 300 kcal. 100 g⁻¹. Considerando a cinética de liberação em função do tempo e do grupo, as amostras de farinha de mandioca diferiram. As farinhas de mandioca com menor granulometria, *Biju Fina* e *Furnas* (Grupo *Bijusada* e *Seca*), apresentaram rápida liberação de açúcares aos 15 minutos, variando de 110 a 215 kcal. 100 g⁻¹, respectivamente. A farinha de mandioca *Fina* (Grupo *Seca*) teve liberação uniforme de glicose durante a avaliação. O açúcar liberado pelas farinhas de mandioca com maior granulometria, *Biju Grossa* e *D'água* (Grupo *Bijusada* e *D'água*), apresentaram dois picos de liberação: o primeiro aos 15 minutos de incubação (liberando 84,2 e 120,48 kcal. 100 g⁻¹, respectivamente); enquanto o segundo pico para a amostra *Biju Grossa* ocorreu aos 45 minutos (112 kcal. 100 g⁻¹), para a farinha *D'água* foi após 60 minutos (67,88 kcal. 100 g⁻¹). Pela avaliação microscópica foi observada a presença de grânulos de amido residuais não hidrolisados, variando de 2,42 a 17,85%. Os resultados mostraram que o valor calórico das farinhas de mandioca variou em função do processamento, que afetou a granulometria da farinha, que por sua vez influenciou a gelatinização do amido, fatores esses que determinaram a intensidade da ação das enzimas na liberação de glicose.

Palavras-chave: Valor energético; Grupos de farinha; Processamento; Digestão de amido; Grânulos de amido; *Manihot esculenta*.

Summary

Brazilian cultural preferences gave rise to groups and sub-classifications of cassava flour according to the processes used. Differences in the processing of cassava flours may affect starch digestibility, so the caloric value was investigated. Five samples from the three cassava flour groups: *Seca*, *Bijusada* and *D'água* were selected. The starch digestibility test was carried out *in vitro* by incubating the flour suspensions with amylase (1,4-alpha-glucan-4-glucanohydrolase) under temperature and pH conditions that simulated human digestion. Aliquots were collected every 15 min for 1 hour and the glucose content released expressed in readily available calories. The results showed that the caloric value of all the cassava flour samples remained at around 300 kcal. 100 g⁻¹. Considering the release kinetics as a function of time and group, the cassava flour samples showed differences. The samples with smaller particle sizes, *Biju Fina* and *Furnas* (*Bijusada* and *Seca* Group), showed rapid sugar release after 15 minutes, ranging from 110 to 215 kcal. 100 g⁻¹, respectively. The fine granulation flour (*Seca* Group) released glucose uniformly throughout the evaluation. The sugar released by the cassava flours with greater granulometry, *Biju Grossa* and *D'água* (*Bijusada* and *D'água* Group) presented two peaks: the first after 15 minutes of incubation

Digestibilidade do amido *in vitro* e valor calórico dos grupos de farinhas de mandioca brasileiras

BRITO, V. H. S. et al.

(liberating 84.2 and 120.48 kcal. 100 g⁻¹, respectively); and the second after 45 minutes (112 kcal. 100 g⁻¹) for the Biju Grossa flour, and after 60 minutes (67.88 kcal. 100 g⁻¹) for the D'água flour. The microscopic evaluation showed the presence of residual, non-hydrolyzed starch granules, ranging from 2.42 to 17.85%. The results showed that the caloric value of cassava flour varied according to the processing which affected the flour particle size, which, in turn, influenced starch gelatinization, factors that determine the intensity of the enzyme action in releasing glucose.

Key words: Energy value; Flour group; Processing; Starch digestion; Starch granules; *Manihot esculenta*.

1 Introdução

A farinha de mandioca é um alimento com forte impacto cultural em países da África e no Brasil. Apesar disso, devido à modernização dos hábitos alimentares o consumo médio anual *per capita* de farinhas no Brasil, como despesa familiar, diminuiu de 4,9 para 3,9% (IBGE, 2010) e parte dessa redução deve-se à imagem negativa como alimento calórico, por apresentar cerca de 70% de amido (DIAS; LEONEL, 2006; FREITAS; LEONEL, 2008).

Silva et al. (2013) abordaram uma forma de contornar essa visão depreciativa e de valorizar a farinha de mandioca ao desenvolver barras alimentares com perfil nutricional de 231 kcal. 100 g⁻¹, que corresponde a 6% da recomendação diária de fibras alimentares de um adulto saudável, permitindo o consumo mais compatível ao ritmo de vida moderno.

As farinhas de mandioca brasileiras apresentam grande variabilidade de tipos resultantes de processos adaptados às necessidades onde a cultura é produzida, mas o aspecto calórico não é considerado nessas variações.

As informações nutricionais diferenciam os carboidratos simples que fornecem energia rápida, pois são rapidamente absorvidos pelo organismo daqueles como o amido, de estrutura complexa, o que leva à liberação lenta dos carboidratos simples (ENGLYST; KINGMAN, 1992; SHILLS, 2003; DEGÁSPARI et al., 2008). O início da digestão ocorre na boca, pela amilase salivar, enquanto que a conversão final em glicose ocorre no intestino, pela amilase pancreática e dissacaridases. Esse mecanismo proporciona cerca de 4 kcal. g⁻¹ de energia contínua a longo prazo. No entanto, quando uma fração de amido permanece sem ser digerida, passa a apresentar propriedades prebióticas, benéficas à saúde do cólon (RAMOS et al., 2009; KAUR et al., 2010).

Por essa razão, o amido não pode ser contabilizado como fonte direta de calorias apenas pelo teor que apresenta em um alimento. A energia liberada pelos carboidratos é melhor avaliada pelo índice glicêmico (IG), que corresponde à medida do impacto relativo

desses açúcares sobre o teor de glicose plasmática (KENDALL et al., 2010).

Outro aspecto importante destacado nas informações nutricionais é o conteúdo de fibras presente nos alimentos, que por sua funcionalidade são capazes de afetar a absorção de moléculas de glicose, lipídeos e água, além de influenciar o volume e a velocidade do trânsito intestinal (ELLEUCH et al., 2010; LOBO; SILVA, 2003).

Cereda e Vilpoux (2010) relatam que as variações das características das farinhas de mandioca (granulometria, cor, acidez, textura, sabor e aroma) decorrem principalmente do processo, em grande parte artesanal ou de pequeno porte, o que dificulta a uniformização do produto. Além disso, a percepção de parâmetros de qualidade da farinha de mandioca é subjetiva, estabelecida pela preferência do consumidor em cada região do país. A variação da composição físico-química das farinhas deve-se, portanto, ao modo específico de como é fabricada (BRASIL, 2011).

A classificação de farinhas de mandioca é separada por grupos (*Seca*, *D'água* e *Bijusada*), classes (*Fina*, *Média* e *Grossa*) e tipos (I, II, III e único). Os tipos variam em função do grupo, com teor de amido $\geq 86,00\%$, $\geq 82,00\%$ ou $\geq 80,00\%$ e, nos casos específicos de *Média* e *Grossa*, a presença de casca e entrecasca com teor $\leq 3,9\%$ em farinhas *Seca* e $\leq 6,00\%$ em farinhas *D'água*. O tipo único apresenta teor de amido superior a 80% e teor de fibra menor que 2,3%.

Quanto aos grupos de mandioca, o Grupo *Seca* corresponde à elaboração de farinhas a partir de raízes sadias, limpas e secas em temperatura adequadas; o Grupo *D'água* é submetido ao processo de fermentação, o que o deixa com características distintas; e, por fim, no Grupo *Bijusada*, predominam flocos irregulares (BRASIL, 2011).

Embora a ANVISA (BRASIL, 2011) estabeleça as classificações para a farinha de mandioca, a classificação genérica como alimento calórico não leva em conta essas diferenças. Não existem informações sobre a relação

Digestibilidade do amido *in vitro* e valor calórico dos grupos de farinhas de mandioca brasileiras

BRITO, V. H. S. et al.

entre as características das farinhas e seu valor calórico. Nesse contexto, o objetivo da pesquisa foi avaliar a digestibilidade *in vitro* e o valor calórico de diferentes grupos de farinhas de mandioca em função de suas características físico-químicas no estado *in natura*.

2 Material e métodos

2.1 Material

Foram selecionadas amostras de farinhas de mandioca que representam as variações disponíveis para sua classificação pelas normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (BRASIL, 2011) em função do processo de fabricação. Grupo Seca: *Farinha Fina* (região Sul e Nordeste) e *Farinha Furnas* (Região Centro-Oeste); Grupo D'água: *Farinha D'água* (região Norte); e Grupo *Bijusada*: *Biju Grossa* e *Biju Fina* (oriundas da região Sudeste).

As amostras foram coletadas em triplicata (1 kg cada repetição) no Mercado Municipal de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, em lotes diferentes amostrados aleatoriamente. A seguir foram acondicionadas em frascos de vidro âmbar, identificadas e armazenadas em local ao abrigo da luz e temperatura controlada (22 °C) até o momento das análises. Os testes foram realizados em farinhas de mandioca em estado *in natura*.

2.2 Análises

As análises de umidade, potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável foram realizadas conforme procedimentos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985). Os teores de fibra bruta foram determinados segundo a Association of official analytical chemists (HELRICH, 1990).

O teor de glicose livre nas amostras foi determinado pela reação em *kit* enzimático colorimétrico (Análise® Glicose PP), contendo enzimas glicose oxidase (GOD-EC 1.1.3.4), peroxidase (POD-EC 1.11.1.7) e 4-aminoantipirina (4-AAP) (DAHLQVIST, 1961). O teor de amido foi estabelecido após hidrólise com duas amilases: a primeira foi a Thermamyl® com atividade alfa-amilase de 120 KNU-T g⁻¹, seguida pela AMG® com atividade de gluco-amilase de 300 AGU mL⁻¹. Após a hidrólise foi determinado o teor de glicose liberada, em seguida foi ajustada a concentração de amido multiplicando por 0,9, conforme Demiate et al. (2001).

O perfil granulométrico foi estabelecido de acordo com Brasil (2011) com a diferenciação do tamanho de partículas em peneiras com abertura das malhas de 2,00 mm. A caracterização microscópica foi realizada em suspensão das farinhas em água, lugol e safranina, e o registro com auxílio de microscópio digital Avantscope™ "50" básico, com aumento de 100 vezes.

2.3 Digestibilidade do amido *in vitro*

A metodologia foi adaptada às condições descritas da digestibilidade *in vivo*, no trato gastrointestinal humano. Foi adotada a temperatura de 37 °C, que corresponde à temperatura média do corpo humano (SIMÕES; MARTINO, 2007). O pH foi mantido a 6,0, próximo do que ocorre na porção do intestino delgado, que segundo McDowell e McLeod (2007) é de 5,8. Para a digestibilidade do amido *in vitro* foram utilizadas 10 g (massa seca) de farinha com granulometria original suspensas em 100 mL de tampão fosfato (H₂KPO₄ 0,1 M), que proporcionou pH 6,0. As suspensões de farinha de mandioca foram colocadas em banho de água a 37 °C durante 10 minutos para ajuste da temperatura e depois receberam 1 mL de alfa-1,4-glicano-4-glicanohidrolase (EC. 3.2.1.1 Novozymes®), permanecendo sob agitação contínua por 60 minutos a 37 °C. Alíquotas foram retiradas em períodos de 15 a 60 minutos para dosagem da glicose liberada (GONI et al., 1997).

Os teores de glicose inicialmente presentes nas farinhas de mandioca foram descontados dos brancos (amostra sem enzima). O valor calórico foi calculado multiplicando por quatro o teor de glicose em gramas de açúcares livres liberado na digestibilidade *in vitro* (BRASIL, 2003), sendo expresso em kcal. 100 g⁻¹.

2.4 Análises dos resultados

Todas as análises foram realizadas com cinco repetições e os resultados expressos como média e desvio padrão. As médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05) (STATSOFT, 2008).

3 Resultados e discussão

As farinhas de mandioca avaliadas em estado *in natura* apresentaram valor calórico distintos em função do tempo de digestão, o que deve estar relacionado às características físico-químicas oriundas do processamento.

Embora todas as farinhas analisadas atendam à legislação (BRASIL, 2011), os resultados da caracterização granulométrica (Tabela 1) apresentaram diferenças significativas, com ligeira variação em relação à caracterização relatada na literatura (DIAS; LEONEL, 2006). Pela granulometria foram classificadas em Grossa (*Biju Grossa*) e Fina (*Fina, Furnas e Biju Fina e D'água*).

As farinhas do Grupo *D'água* apresentaram variabilidade de tamanho de partículas (maiores e menores que 2 mm), o que é valorizado pelo consumidor da região Norte do Brasil (CEREDA; VILPOUX, 2010). A presença de grumos visíveis (Figura 1a) deve-se à gelatinização do amido e à agregação das fibras durante o processamento (grande quantidade de massa

Digestibilidade do amido *in vitro* e valor calórico dos grupos de farinhas de mandioca brasileiras

BRITO, V. H. S. et al.

Tabela 1. Perfil granulométrico de farinhas de mandioca dos Grupos *Seca*, *D'água* e *Bijusada*.

Grupos Classificação	Granulometria das farinhas de mandioca (% de amostra retida)*				
	Bijusada		Seca		D'água
	Grossa	Fina	Fina	Fina	Fina
Farinhas	Biju Grossa	Biju Fina	Fina	Furnas	D'água
Diâmetro >2,00 (mm)	78,20 ^a	0,10 ^b	0,10 ^b	0,06 ^b	22,76 ^b
Diâmetro <2,00 (mm)	21,80 ^b	99,90 ^a	99,90 ^a	99,94 ^a	74,24 ^a
CV%	185,13	95,02	212,62	91,17	110,35

*Média de 5 repetições. Letras diferentes nas colunas indicam que os resultados são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).



Figura 1. Aspecto das farinhas de mandioca em sua granulometria natural. (a) Farinha *D'água*; (b) Farinha *Fina*; (c) Farinha *Furnas*; (d) Farinha *Biju Grossa*; (e) Farinha *Biju Fina*.

de mandioca ralada e úmida colocada sobre forno côncavo com temperatura variando de 150 a 250 °C); tal espessura, após secagem, torna-se de difícil mastigação e fragmentação, o que foi evidenciado no teste de digestibilidade de amido dessa amostra.

Já a presença de flocos na farinha do Grupo *Biju*, Classe *Grossa* (Figura 1d), é preferida pelo consumidor da região Sudeste, e a formação de flocos irregulares ocorre devido a massa ralada (mais seca) ser peneirada sobre forno plano giratório a 250 °C (CEREDA; VILPOUX, 2010). A farinha do Grupo *Biju Fina* (Figura 1e) corresponde à moagem da *Biju Grossa* e assemelha-se ao Grupo *Seca Fina*.

As farinhas de mandioca *Fina* e *Furnas* correspondem ao Grupo *Seca*, Classe *Fina* (Figura 1b e 1c), respectivamente. Estas apresentam granulometria menores, pois em seu processo de fabricação geralmente são submetidas a duas etapas de peneiramento.

As variações granulométricas observadas estão relacionadas ao processamento, que também afetou a higroscopicidade. Os valores de umidade das farinhas analisadas (Tabela 2) permaneceram dentro do estabelecido pelo MAPA, de no máximo 13% (BRASIL, 2011). O baixo teor de umidade, juntamente com o baixo teor de lipídios, garantem alta estabilidade no armazenamento, não afetando a acidez das farinhas.

A farinha *D'água* apresentou destaque pela maior acidez (Tabela 2), característica explicada pelo processamento artesanal, por meio do qual a fermentação natural converte parte dos carboidratos em ácidos

orgânicos (CHISTÉ; COHEN, 2011). Esse processamento artesanal desenvolve o aroma e o sabor característicos, correspondendo a fator de qualidade para os consumidores.

A acidez pode interferir na ação da amilase salivar, que prepara a digestão da fração amido dos alimentos, mas não representa um problema para a digestão, pois a gastrofisiologia humana é capaz de corrigir variações de acidez do meio durante a conversão dos alimentos (KENDALL et al., 2010).

Outro aspecto que tem sido negligenciado na avaliação nutricional da farinha de mandioca é a quantidade de fibra presente e principalmente sua qualidade. Leonel et al. (1998) mencionam que essas fibras apresentam características iguais ou melhores que o farelo de trigo, o que pode ser considerado um fator de destaque para seu valor nutricional pouco valorizado.

Nesse quesito, todas as amostras de farinha de mandioca apresentaram teores de fibra bruta variando de $1,38 \pm 0,05$ a $2,33 \pm 0,03$ g. 100 g⁻¹ (Tabela 2). Todos valores dentro do estabelecido pela legislação, ou seja, inferiores a 2,3 g. 100 g⁻¹ (BRASIL, 2011).

O pH está relacionado à capacidade de desenvolvimento de microrganismos no alimento. Conforme Soares et al. (1992), os alimentos podem ser classificados em pouco ácidos (pH > 4,5), ácidos (pH 4,5 a 4,0) e muito ácidos (pH < 4,0). Assim, as farinhas de mandioca avaliadas foram consideradas pouco ácidas, apresentando pH superior a 4,5.

Digestibilidade do amido *in vitro* e valor calórico dos grupos de farinhas de mandioca brasileirasBRITO, V. H. S. *et al.***Tabela 2.** Características físico-químicas das farinhas de mandioca dos Grupos *Seca*, *D'água* e *Bijusada*.

Características químicas das farinhas de mandioca*					
Grupos	Bijusada		Seca		D'água
Classes	Grossa	Fina	Fina	Fina	Fina
Farinhas	Biju Grossa	Biju Fina	Fina	Furnas	D'água
Umidade (%)	7,60 ± 0,02 ^c	10,10 ± 0,01 ^a	10,40 ± 0,2 ^a	4,60 ± 0,01 ^b	8,70 ± 0,06 ^a
Fibra bruta (%)	1,50 ± 0,00 ^b	1,52 ± 0,03 ^b	2,33 ± 0,03 ^a	1,52 ± 0,02 ^b	1,38 ± 0,05 ^b
pH (-Log [H ⁺])	5,41 ± 0,02 ^a	5,43 ± 0,02 ^a	5,84 ± 0,02 ^a	5,80 ± 0,08 ^a	3,89 ± 0,10 ^b
Acidez titulável**	0,40 ± 0,06 ^b	1,00 ± 0,10 ^b	0,80 ± 0,08 ^b	1,00 ± 0,10 ^b	3,60 ± 0,20 ^a

*Média de 5 repetições (± desvio padrão) seguidas por letras diferentes na mesma linha indicam que os resultados diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (p<0,05). **mL NaOH. 100 g⁻¹.

A farinha de mandioca é considerada de acidez baixa para os Grupos *Seca* e *Bijusada* quando apresentar valores de até 3,0 mL NaOH 0,1 N. 100 g⁻¹, e para o Grupo *D'água*, para valores de até 5,0 mL NaOH 0,1 N. 100 g⁻¹ (BRASIL, 2011). Assim, todas as amostras analisadas apresentaram baixa acidez.

Ainda segundo Brasil (2011), os valores de umidade (valor %) e acidez (“baixa acidez” ou “alta acidez”) devem constar do documento de classificação da farinha de mandioca.

Os carboidratos nas amostras de farinhas (Figura 2) corresponderam a duas frações, os açúcares solúveis (rápida absorção) e o amido (absorção lenta). Farinhas com granulometria fina (*Fina* e *Biju fina*) apresentaram maiores concentrações de carboidratos solúveis (máximo de 38,20 kcal. 100 g⁻¹) devido a maior desestruturação dos tecidos vegetais, enquanto a farinha com maior granulometria apresentou menor concentração (16,92 kcal. 100 g⁻¹).

Pode-se destacar a baixa concentração de carboidratos presente na farinha do Grupo *D'água* pela prévia conversão dos açúcares em ácidos orgânicos durante a fermentação, resultando em apenas 9,36 kcal. 100 g⁻¹.

Considerando apenas o estoque de amido, confirma-se que todas as amostras de farinha seriam classificadas como calóricas, com valor calculado próximo ao citado por Franco (2007) de 350 kcal. 100 g⁻¹. Para o MAPA (BRASIL, 2011), o teor calórico da farinha de mandioca deve-se ao seu alto teor de amido (próximo a 80 g. 100 g⁻¹) que é considerado como de conversão completa pelas amilases, o que nem sempre ocorre.

A hipótese de que as diferenças de processamento das farinhas possam afetar a liberação de glicose foi avaliada em condições *in vitro* com amilase, sendo os resultados apresentados na Figura 2.

Os perfis de liberação de glicose no período analisado permitiram diferenciar as amostras pelo tempo necessário para a ocorrência do pico de liberação. A liberação mais intensa de glicose foi proporcionada pela farinha *Furnas*, do Grupo *Seca*, Classe *Fina*, com

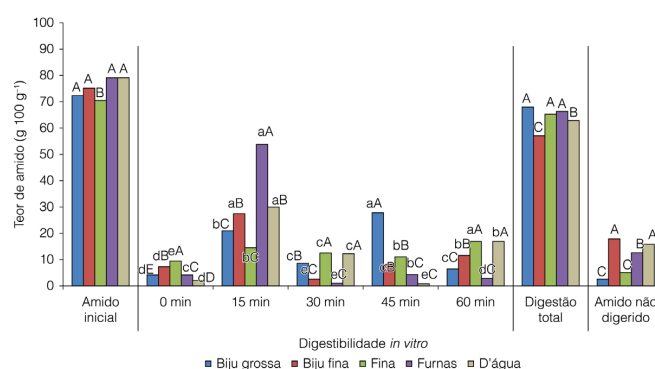


Figura 2. Digestibilidade enzimática *in vitro* do amido de farinhas de mandioca dos Grupos *Seca* (*Fina* e *Furnas*), *D'água* (*D'água*) e *Bijusada* (*Biju Fina* e *Grossa*) (média de 5 repetições). Letras minúsculas iguais correspondem à digestibilidade de uma mesma amostra no período avaliado e letras maiúsculas, comparação entre diferentes amostras, ambas avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (p<0,05).

54,14 g .100 g⁻¹ (216,56 kcal. 100 g⁻¹). Enquanto que a farinha do Grupo *Seca*, Classe *Fina*, apresentou perfil de liberação constante em todo o período analisado, e a farinha do Grupo *Biju*, Classe *Fina*, apresentou apenas um pico de liberação significativo aos 15 minutos (109,76 kcal. 100 g⁻¹).

As farinhas com maior granulometria, *Biju Grossa* e *D'água*, apresentaram dois picos de liberação. A farinha *Biju Grossa* aos 15 e aos 45 minutos (84,20 e 112,00 kcal. 100 g⁻¹, respectivamente), resultando no maior teor de amido digerido (70,18%), e a *D'água* aos 15 minutos (120,48 kcal. 100 g⁻¹) e aos 60 minutos (67,88 kcal. 100 g⁻¹). Esses resultados estão de acordo com a afirmação de Kendall et al. (2010), de que a granulometria dos alimentos influencia a digestibilidade.

Os resultados de digestibilidade obtidos são, possivelmente, devido à barreira oferecida pelo tamanho dos grumos, dificultando a permeação das enzimas que, mesmo assim, conseguiram digerir cerca de 63% do amido presente, além disso, parte do amido ainda permaneceu em estado granular e retido dentre as fibras, o que reduziu o valor calórico total das farinhas (Figura 3).

Digestibilidade do amido *in vitro* e valor calórico dos grupos de farinhas de mandioca brasileiras

BRITO, V. H. S. et al.



Figura 3. Microscopia óptica (aumento de 100 vezes) de farinhas de mandioca destacando grânulos de amido (azul) e fibras vegetais (vermelho). (a) Farinha Grupo *D'água* (Farinha *D'água*); (b) Farinha *Bijusada* (*Biju Fina*) e (c) *Farinha Seca* (*Farinha Fina*).

O amido em estado granular permanece inalterado em razão da resistência estrutural à ação enzimática. Lobo e Silva (2003) e Ramos et al. (2009) ressaltam que esse tipo de amido apresenta propriedades prebióticas, funcionando como fibra alimentar, além de ser convertido em ácidos graxos de cadeia curta.

Como a classificação do MAPA (BRASIL, 2011) não leva em consideração as características da fração amido (forma granular ou gelatinizada ou sua disponibilidade enzimática), o perfil calórico das farinhas diferiu em função do processamento e presença de amido granular, o que resultaria em benefício à saúde humana, por ser considerado como fibra.

Ao final do processo de digestão enzimática, a somatória da glicose liberada permite estabelecer a seguinte ordem para valor calórico total das amostras de farinha de mandioca: *Fina* (300,80 kcal. 100 g⁻¹), *Biju Grossa* (289,60 kcal. 100 g⁻¹), *Furnas* (282,90 kcal. 100 g⁻¹), *D'água* (261,20 kcal. 100 g⁻¹) e *Biju fina* (258,40 kcal. 100 g⁻¹), o que confirma que diferentes tipos de farinhas apresentam distintos perfis calóricos e picos glicêmicos.

Por essa visão, a conversão no metabolismo humano dependerá das características de cada tipo de farinha e de como a ação enzimática é facilitada ou dificultada.

4 Conclusão

As farinhas de mandioca avaliadas pertencentes a diferentes grupos e classes apresentaram valor calórico distintos devido à variação de granulometria e, conseqüentemente, do teor de amido previamente gelatinizado e da acessibilidade de enzimas amilolíticas.

O teor de amido digerido foi semelhante para as farinhas de mandioca *Biju grossa* (68,18%), *Furnas* (66,60%) e *Fina* (65,62%), e menores para as farinhas *D'água* e *Biju fina* (62,96 e 57,28% respectivamente). A porcentagem de amido não convertido à glicose variou de 2,42% (*Biju Grossa*) a 17,85% (*Biju Fina*).

O valor calórico encontrado foi superior para a farinha de mandioca *Biju Grossa* (do grupo *Bijusada*), seguido das farinhas *Furnas* e *Fina* (ambas do grupo *Seca*), grupo *D'água* e *Biju Fina* (do grupo *Bijusada*), com valores calóricos de 272,72; 266,40; 262,64; 252,84; e 229,12 kcal. 100 g⁻¹, respectivamente. Embora o valor calórico das farinhas sejam próximos, os perfis de liberação energética foram distintos em função das diferentes características físico-químicas das amostras.

Referências

- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 dez. 2003. Seção 1.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução normativa nº 52, de 7 de novembro de 2011. Regulamento Técnico da Farinha de Mandioca. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 nov. 2011. Seção 1.
- CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. Metodologia para divulgação de tecnologia para agroindústrias rurais: exemplo do processamento de farinha de mandioca no Maranhão. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 219-250, 2010.
- CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O. Influência da fermentação na qualidade da farinha de mandioca do grupo d'água. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 41, n. 2, p. 279-284, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672011000200013>.
- DAHLQVIST, A. Determination of maltase and isomaltase activities with a glucose oxidase reagent. **Biochemistry Journal**, London, v. 80, n. 3, p. 547-51, 1961.
- DEGÁSPARI, C. H; BLINDER, E. W; MOTTIN, F. Perfil nutricional do consumidor de barras de cereais. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 49-61, 2008.

Digestibilidade do amido *in vitro* e valor calórico dos grupos de farinhas de mandioca brasileirasBRITO, V. H. S. *et al.*

- DEMIATE, I. M.; KONKEL, F. E.; PEDROSO, R. A. Avaliação da qualidade de amostras comerciais de doce de leite pastoso: composição química. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 108-114, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612001000100023>.
- DIAS, L. T.; LEONEL, M. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 692-700, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000400015>.
- ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterization, technological functionality and commercial applications: a review. **Food Chemistry**, London, v. 124, n. 2, p. 411-421, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610007880>>. Acesso em: 15 nov. 2013.
- ENGLYST, H. N.; KINGMAN, S. M. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 46, p. S33-S50, 1992. Suplemento 2. Disponível em: <<http://europepmc.org/abstract/MED/1330528>>. Acesso em: 10 set. 2013.
- FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2007. 307 p.
- FREITAS, T. S.; LEONEL, M. Amido resistente em fécula de mandioca extrusada sob diferentes condições operacionais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 2, p. 183-190, 2008.
- GOÑI, I.; GARCIA-ALONSO, A.; SAURA-CALIXTO, F. A Starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nutrition Research**, New York, v. 17, n. 3, p. 427-437, 1997. [http://dx.doi.org/10.1016/S0271-5317\(97\)00010-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0271-5317(97)00010-9).
- HELDRICH, K. (Ed.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15. ed. Arlington: AOAC, 1990.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 25-26. (v. 1).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS – IBGE. **Pesquisa de orçamento familiar: POF 2008-2009**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoadevida/pof/2008_2009/POFpublicacao.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2014.
- KAUR, M.; SANDHU, K. S.; LIM, S. T. Microstructure, physicochemical properties and *in vitro* digestibility of starches from different Indian lentil (*Lens culinaris*) cultivars. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 79, n. 2, p. 349-355, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861709004512>>. Acesso em: 03 mar. 2014.
- KENDALL, C. W.; ESFAHANI, A.; JENKINS, D. J. The link between dietary fibre and human health. **Food Hydrocolloid**, Oxford, v. 24, n. 1, p. 42-48, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X09001611>>. Acesso em: 03 mar. 2014.
- LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; ROAU, X. Cassava bagasse as dietary food product. **Tropical Science**, London, v. 38, p. 224-228, 1998.
- LOBO, A. R.; SILVA, G. M. L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 219-226, 2003.
- MCDOWELL, A.; MCLEOD, B. J. Physiology and pharmacology of the brushtail possum gastrointestinal tract: relationship to the human gastrointestinal tract. **Advanced Drug Delivery Reviews**, New York, v. 59, n. 11, p. 1121-1132, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.addr.2007.06.012>. PMID:17870201.
- RAMOS, D. P.; LEONEL, M.; LEONEL, S. Resistant starch in green banana flour. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 479-483, 2009.
- SHILLS, M. E. **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**. 9. ed. São Paulo: Manole, 2003. p. 53-70. (v. 1).
- SILVA, E. C.; SANTOS SOBRINHO, V.; CEREDA, M. P. Stability of cassava flour-based food bars. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 33, n. 1, p. 192-198, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612013005000025>.
- SIMÕES, A. L. B.; MARTINO, M. M. F. Variabilidade circadiana da temperatura oral, timpânica e axilar em adultos hospitalizados. **Revista da Escola Enfermagem da USP**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 485-491, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0080-62342007000300020>.
- SOARES, A. G.; FREIRE JUNIOR, M.; SIQUEIRA, R. S. **Curso de higiene e sanificação na indústria de alimentos**. Rio de Janeiro: Embrapa; CTAA, 1992. 97 p. Apostila.
- STATSOFT. **Statistica data analysis software system**. Version 7.0. Tulsa: Statsoft Inc., 2008.