

Capítulo 16

Sorgo para Alimentação Humana

Valéria Aparecida Vieira Queiroz

Frederico Augusto Ribeiro de Barros

Leandro de Moraes Cardoso

Hércia Stampini Duarte Martino

Helena Maria Pinheiro-Sant'Ana

Cícero Beserra de Menezes

Introdução

Embora quase a totalidade dos grãos de sorgo produzidos no Brasil e na maioria dos países ocidentais seja destinada à alimentação animal, nos últimos tempos, a demanda por esse cereal para consumo humano vem crescendo ano a ano. Os principais motivos para essa demanda em ascensão são o fato de o sorgo ser um cereal isento de glúten, o que o torna excelente alternativa para produção de alimentos “gluten-free”, e os resultados de pesquisas demonstrando os benefícios do sorgo na saúde humana (Asif et al., 2010; Queiroz et al., 2011; Awika; Rooney, 2004; Awika et al., 2009; Barros et al., 2012; Burdette et al., 2010; Moraes et al., 2012). Adicionalmente, as vantagens agronômicas do sorgo, como baixo custo de produção, resistência à seca, alta produtividade, entre outras, o colocam em posição de destaque entre os cereais usualmente cultivados e consumidos no Brasil.

Os alimentos funcionais têm despertado grande interesse, uma vez que além das suas funções de nutrir, trazem benefícios à saúde. Existem no sorgo variados compostos bioativos, capazes de promover a saúde, como diversos compostos fenólicos (Awika et al., 2005), carotenoides, vitamina E (Cardoso et al., 2015), minerais (Paiva et al., 2017), amido resistente (Teixeira et al., 2016), fibras, entre outros (Queiroz et al., 2015). Esses compostos, principalmente os fenólicos, modulam parâmetros relacionados às doenças crônicas não transmissíveis, como a obesidade (Barros et al., 2012, 2014), o câncer (Awika et al., 2009; Yang et al., 2012), as doenças cardiovasculares (Carr et al., 2005) e o diabetes (Lakshmi; Vimala 1996). Nesse contexto, de acordo com os estudos supracitados, pode-se afirmar que o sorgo possui

grande potencial para ser usado não apenas como ingrediente na produção de alimentos isentos de glúten, mas também colaborando com propriedades funcionais. Diversos estudos, com animais (Moraes et al., 2012, 2018; Sousa et al., 2018, 2019) e com humanos (Arbex et al., 2018; Anunciação et al., 2017, 2019; Lopes et al., 2018, 2019), vêm comprovando esses efeitos benéficos do sorgo na saúde humana.

Todavia, o tipo e a concentração desses compostos nos grãos de sorgo, bem como a qualidade tecnológica das farinhas, dependem do genótipo (Waniska; Rooney, 2000). Assim, a seleção de genótipos promissores e o melhoramento genético deles, visando o desenvolvimento de cultivares mais apropriadas para uso na alimentação humana, são de fundamental importância.

Diante do exposto, são apresentadas, neste capítulo, informações a respeito do potencial do sorgo para produção de alimentos, além de evidências científicas que associam a utilização do cereal a potenciais benefícios para a saúde humana, em função de sua composição nutricional e de seus compostos bioativos.

Potencial do Sorgo para Produção de Alimentos com Substituição Total ou Parcial do Trigo

Estima-se que o sorgo seja utilizado como alimento básico por mais de 500 milhões de pessoas, que vivem em países em desenvolvimento, principalmente da África e da Ásia. Nesses países esse cereal chega a suprir 70% da ingestão calórica diária, tendo, dessa forma, papel fundamental na segurança alimentar (Rooney; Awika, 2005; Dicko et al., 2006). Diversos tipos de alimentos são preparados utilizando-se o sorgo como ingrediente nessas regiões. Na África, o sorgo é consumido após um processo de fermentação ou não, na forma de pães, como o kisra (Sudão) e mingaus, como o kogobe (África), ogi (Nigéria) ou o to (África Ocidental), dentre outros tipos de alimentos (Abdelghafor et al., 2011; Jadhav; Annapure, 2013; Ratnavathi; Patil, 2013). Na Índia, uma das principais formas de consumo do sorgo é o roti, um tipo de pão achatado que não utiliza fermento em sua formulação, além do annam (sorgo cozido), sankati e kanji, mingaus grosso e fino, respectivamente. Entretanto, por causa principalmente da urbanização e da facilidade de acesso a outros cereais refinados, o consumo do sorgo apresentou ligeiro declínio nesse país, mas, segundo Ratnavathi e Patil, (2013), após ser atribuído ao sorgo o título de alimento saudável, observou-

se um novo aumento de seu consumo na Índia.

Por outro lado, fontes alternativas de farinhas sem glúten, para substituição do trigo na produção de alimentos sem glúten, têm sido utilizadas em diversos outros países, por causa do aumento dos casos de indivíduos com sensibilidade a essa proteína. Frente a esta nova demanda, além das farinhas, diversos produtos à base de sorgo têm sido desenvolvidos e avaliados, como produtos de panificação e confeitaria, massas alimentícias, snacks, tortilhas e bebidas (Aboubacar et al., 2006; Kayodé et al., 2007; Schober et al., 2007; Velázquez et al., 2012; Yousif et al., 2012; Devi et al., 2013; Vargas-Solórzano et al., 2014; Winger et al., 2014; Queiroz et al., 2018), conforme descrito a seguir.

Os produtos de panificação, principalmente os fabricados a partir de farinha de trigo, são largamente consumidos no mundo, tornando-se de grande importância tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento (Velázquez et al., 2012; Yousif et al., 2012). Por essa razão, a utilização do sorgo em substituição ao trigo nesses produtos se faz relevante (Hugo et al., 2003; Schober et al., 2005, 2007; Abdelghafor et al., 2011). Entretanto, o uso do sorgo na panificação requer a aplicação de tecnologias adicionais, pois esse cereal não possui as proteínas gliadina e glutenina, que formam o glúten, o qual é responsável pela estrutura e maciez características de produtos fabricados com trigo (Schober et al., 2005; Abdelghafor et al., 2011). Assim, a utilização do sorgo na panificação é um processo mais complexo, e a associação com outros tipos de farinhas, além de tecnologias adicionais, pode conferir melhores resultados aos produtos.

Nesse contexto, Abdelghafor et al. (2011) substituíram a farinha de trigo pelas farinhas de sorgo provenientes de grãos integrais e de grãos decorticados no preparo de pães dos tipos francês e sírio, e observaram que a maior porcentagem de substituição (20%) produziu pão francês de menor volume e pão tipo sírio com menor circunferência. A aceitação desses produtos foi inversamente proporcional à adição das farinhas de sorgo. Por outro lado, estudos de Yousif et al. (2012) mostraram que pães tipo sírio formulados com farinhas integrais de sorgo branca (30% e 50%) e vermelha (40% e 50%) apresentaram melhor aceitação que os formulados com trigo, bem como elevado conteúdo de compostos fenólicos e menor concentração de amido rapidamente digerível, características que podem trazer redução do estresse oxidativo e do índice glicêmico. Hugo et al. (2003) demonstraram que a adição de 30% de farinha fermentada melhorou o volume do pão, o

peso e a firmeza do miolo desses. Este processamento também foi utilizado por Schober et al. (2007) no preparo de pão de sorgo isento de glúten, porém, foi necessária a adição de 2% de hidroxipropilmetilcelulose e 30% de amido de batata, em 70% de farinha de sorgo fermentada. A associação destes ingredientes preveniu a formação de orifícios no miolo e o achatamento da superfície, garantindo a produção de um pão de sorgo de melhor qualidade (Schober et al., 2005).

A farinha de sorgo também tem sido utilizada no desenvolvimento de massas alimentícias destinadas tanto ao mercado de produtos sem glúten quanto ao de alimentos saudáveis (Suhendro et al., 2000; Liu et al., 2012; Khan et al., 2013). Nesse sentido, Liu et al. (2012) obtiveram macarrão instantâneo de boa qualidade com farinhas de sorgo mais finas e maior concentração de amido modificado, conferindo ao produto maior firmeza e resistência. Visando os benefícios à saúde, associados ao consumo de compostos fenólicos e de amido resistente (AR), Khan et al. (2013) produziram macarrão de sorgo a partir de grãos de pericarpo vermelho e de pericarpo branco, nas concentrações de 20%, 30% e 40% e demonstraram que, em todos os níveis de adição de sorgo, houve aumento no conteúdo desses compostos e atividade antioxidante em relação ao controle, elaborado com farinha de trigo. Entretanto, a cocção reduziu as concentrações dos compostos fenólicos por lixiviação para água de cocção ou por termodegradação, mas não alterou o conteúdo de AR. Nessa mesma linha de pesquisa, Paiva et al. (2019) avaliaram características químicas e de cozimento e a aceitabilidade sensorial de três massas secas à base de 100% de farinha de sorgo, 50% de farinha de sorgo e 50% de farinha de milho e 100% de farinha de milho, frente a um painel de indivíduos celíacos e não celíacos. O produto elaborado com 100% de farinha de sorgo apresentou conteúdos significativamente mais altos de proteína, lipídeos, cinzas, fibra e fenólicos totais, em comparação com os demais. A perda de sólidos dos produtos variou de 5,04% a 10,54%, parâmetro de qualidade considerado adequado para macarrão. Embora o público composto por pessoas não celíacas tenha preferido a massa com 100% de farinha de milho, aquela elaborada com 100% de farinha de sorgo apresentou aceitabilidade satisfatória entre os provadores portadores da doença celíaca. Os resultados acima demonstram o potencial deste ingrediente na produção de massas alimentícias destinadas ao público com sensibilidade ao glúten, bem como aos indivíduos interessados em uma alimentação mais saudável, rica de componentes funcionais.

Cookies de chocolate foram desenvolvidos a partir de diferentes combinações de farinhas de sorgo, de arroz e de milho por Ferreira et al. (2009). Dentre as características físicas e químicas os cookies contendo farinha de sorgo não diferiram do produto comercial, e os atributos sensoriais apresentaram diferença apenas para cor e odor. Da mesma forma, Serrem et al. (2011) verificaram boa aceitação de biscoitos elaborados com farinha de sorgo associada à farinha de soja desengordurada. Além da crocância e da textura, semelhantes ao biscoito comum, a associação das farinhas aumentou a qualidade da proteína contida neste tipo de produto.

Há um grande interesse no desenvolvimento de produtos extrusados, como snacks e cereais matinais, em razão do seu mercado em todo o globo. Usualmente, estes produtos são elaborados a partir da utilização de trigo, milho e arroz. Entretanto, a grande demanda pelo desenvolvimento de novos produtos com associação ao valor nutritivo tem sido alvo da indústria e da pesquisa com alimentos (Devi et al., 2013). González (2005) demonstrou que o sorgo, além de produzir extrusados de excelente sabor, aparência e textura, acrescentou propriedades bioativas provenientes dos seus compostos fenólicos. Vargas-Solórzano, et al (2014) avaliaram extrusados de sorgo elaborados com genótipos de pericarpos branco (CMSXS180 e 9010032), vermelho (BRS 310 e BRS 308) e marrom (BRS 395 e 9929034) frente às suas diversidades, como o tipo de amido, os componentes não amiláceos e os compostos fenólicos. Foi observado que a utilização de farinhas integrais com maior conteúdo de compostos não amiláceos, como fibra alimentar e taninos, produziram extrusados com menor índice de expansão seccional. Entretanto, extrusados de baixa expansão seccional conferiram boas propriedades de extensibilidade durante o desenvolvimento da massa, que podem ser utilizadas no desenvolvimento de biscoitos e wafers com elevada qualidade nutricional. Por outro lado, máxima expansão seccional foi obtida com o extrusado de sorgo de pericarpo vermelho (BRS 310), de baixo conteúdo de fibra alimentar e taninos, que expandiu similarmente ao extrusado de pericarpo branco. Estes genótipos de sorgo têm potencial na formulação de bebidas instantâneas por causa da sua difusão em água, em temperatura ambiente. A elaboração de produtos extrusados à base de sorgo é uma opção extremamente viável para o incentivo da utilização do sorgo na alimentação humana. Entretanto, há ainda a necessidade de estabelecer as condições de processo e, principalmente, a seleção de genótipos que apresentem características químicas e nutricionais desejáveis. Além disso,

é essencial avaliar a retenção de nutrientes e de compostos bioativos em diferentes condições de extrusão, visando a escolha daquelas que provoquem menores perdas.

As barras de cereais são produtos associados à alimentação saudável, sendo seu consumo elevado (Sampaio et al., 2009). Tendo em vista este mercado, foi desenvolvida uma barra de cereal adicionada de 7,2% de pipoca de sorgo, preparada de forma convencional. A aceitação do produto foi avaliada em Londrina-PR e no Rio de Janeiro. Verificou-se que o produto foi aceito por 98,4 e 76,5% dos consumidores, sendo a média da aceitação, em uma escala de 1 a 9, de 7,7 e 7,1 para Londrina e Rio de Janeiro, respectivamente (Queiroz et al., 2012). As barras de cereais com pipoca de sorgo apresentaram vida de prateleira semelhante a aqueles sem aditivos, encontradas no mercado (Paiva et al., 2012). Posteriormente, outra barra de cereais foi desenvolvida com pipoca de sorgo e extrusados de sorgo na forma de flocos, cuja avaliação sensorial foi realizada por um painel composto por indivíduos celíacos e outro por não celíacos, os quais não apresentaram diferença quanto à aceitação global da amostra. A vida de prateleira do produto a 25 °C foi estimada em 163 ± 52 dias (Paiva et al., 2018). Esses estudos sugerem que os coprodutos de sorgo podem ser utilizados com sucesso na formulação de barras de cereais sem glúten.

Mingau e cuscuz, elaborados com farinha de sorgo, são preparações largamente utilizadas na África e na Índia, e a qualidade destas foi avaliada por Aboubacar et al. (2006) a partir de diferentes níveis de decorticação dos grãos. Farinhas de grãos decorticados (apenas o endosperma) de coloração mais clara, assim como cuscuz, foram obtidas a partir de uma maior porcentagem de remoção do pericarpo. Do mesmo modo, a firmeza do gel no preparo do mingau também aumentou com o maior nível de decorticação. Por outro lado, a presença de taninos nos grãos aumentou significativamente a atividade antioxidante (AA), contrariamente ao processo de decorticação. Já Dlamini et al. (2007) mostraram que a cocção convencional no preparo de mingau, utilizando-se sorgo integral fermentado ou não, apresentou elevada AA em relação aos que foram cozidos por extrusão. Por outro lado, o processo de extrusão no preparo de mingau pode quebrar as ligações químicas da molécula de tanino. Assim, aumenta-se a extração de oligômeros de taninos, no entanto, reduz-se sua concentração. Acredita-se que esta reorganização na estrutura dos taninos possa aumentar a biodisponibilidade destes compostos (Dlamini et al., 2007). Desta forma, a utilização do sorgo decorticado reduz

a AA do cereal e os benefícios que seriam vinculados ao uso do grão integral. Entretanto, a adequação do processamento pode melhorar as características sensoriais do produto e alterar a biodisponibilidade de seus componentes.

As tortilhas são o segundo tipo de pão de maior consumo no continente americano, podendo ser usadas em diversos tipos de preparações. A utilização do sorgo no preparo de tortilhas vem sendo estudada como uma fonte alternativa de compostos antioxidantes, fibra alimentar e em substituição ao trigo em produtos destinados a portadores de doença celíaca (Winger et al., 2014). Assim, Winger et al. (2014) utilizaram farinhas de sorgo de grãos sem taninos e decorticados, no preparo de tortilhas isentas de glúten e observaram que aquelas com menor tamanho de partícula e maior conteúdo de amido proporcionaram melhor rendimento, maciez e extensibilidade do produto. Além disso, estas farinhas melhoraram a aparência do produto por apresentarem-se mais homogêneas.

O sorgo também tem sido utilizado na produção de bebidas fermentadas ou não. Nesse contexto, Queiroz et al. (2018) desenvolveram dois formulados em pó hidrossolúveis sem glúten à base de farinhas extrusadas de sorgos com taninos (PDT-3670) e sem taninos (PDTF-7064), para uso como bebida tipo “shake” em dietas de restrição calórica. Ambos os produtos foram bem aceitos em todos os atributos sensoriais, com índice de aceitação entre 70.9 e 93.2%. O formulado com taninos teve maior aceitação sensorial quanto ao sabor e aparência geral e maior intenção de compras que o sem taninos, bem como maior atividade antioxidante e teores de compostos fenólicos totais, taninos e antocianinas totais. Além disso, os dois formulados continham altos teores de fibras (7.9 - 9.1 g/100 g) e podem ser fontes de proteínas (18.5 g/100 g). Os resultados mostraram que os taninos não influenciaram negativamente na aceitação do produto PDT-3670 e proporcionaram melhoria nas propriedades funcionais. O formulado preparado à base de farinha de sorgo rico em taninos pode beneficiar o público que necessita de dieta com restrição calórica, já que os taninos conferem alto poder de saciedade e podem se complexar com o amido, resultando em menor disponibilidade deste para absorção e formação de amido resistente, o qual não é digerido e absorvido pelo organismo.

Embora a cerveja não seja considerada um alimento, a produção desta bebida é proveniente da fermentação de cereais como cevada, centeio e trigo (Hager et al., 2014). De maneira semelhante à substituição dos cereais nos produtos convencionais, o sorgo também é utilizado na elaboração de bebidas

fermentadas como as cervejas. Assim, são estudados os tipos de germinação, fermentação e possíveis efeitos destes processos sobre a biodisponibilidade de ferro e de zinco neste tipo de produto (Kayodé et al., 2007; Lyumugabe et al., 2014). Segundo Zweytick e Berghofer (2009), a cerveja de sorgo é mais viscosa e levemente adocicada, sendo que sua coloração pode variar de amarelada a rosada se o malte de sorgo for adicionado de milho ou milho, respectivamente. Alguns estudos estão sendo conduzidos no Brasil, numa parceria entre a Embrapa Milho e Sorgo e outras instituições, visando desenvolver uma cerveja sem glúten, à base de sorgo com características sensoriais adaptadas ao hábito do brasileiro, a fim de contribuir para atender a demanda desse tipo de produto por parte de indivíduos que possuem sensibilidade ao glúten.

Fotos: Guilherme Viana



A



B

Foto: Alexandre Esteves Neves

Fotos: Valéria Vieira Queiroz



C



D

Fotos: Valéria Vieira Queiroz

Figura 1. Exemplos de produtos inovadores à base de grãos e farinha de sorgo desenvolvidos pela Embrapa Milho e Sorgo e parceiros: (A) Barra de cereais com pipoca de sorgo, (B) Bolo de sorgo com banana, (C) Pão de sorgo e (D) Cookies de sorgo com amendoim.

COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO SORGO

O valor nutricional do sorgo é semelhante ao do milho e varia bastante entre as cultivares, sendo influenciado, também, pelas condições do

ambiente onde é cultivado (Waniska; Rooney, 2000). O amido é o principal componente dos grãos, seguido pelas proteínas, polissacarídeos não amiláceos e lipídios (Dicko et al., 2006). A Tabela 1 mostra a composição química de grãos de sorgo e de seus diferentes tecidos anatômicos (pericarpo, endosperma e gérmen) de acordo com Waniska e Rooney (2000). Na Tabela 2 encontra-se a composição química de oito genótipos de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo (Martino et al., 2009). Verifica-se que, para proteínas, lipídios e cinzas, há menor variação nos teores relatados por Martino et. al (2012) em relação àqueles citados por Waniska e Rooney (2000). Porém, em ambas as referências há coerência entre os dados apresentados, exceto para fibras, cujos teores são menores na Tabela 1 em relação à Tabela 2; isto pode ser causado por diferenças entre os métodos de análise utilizados pelos autores.

Tabela 1. Composição química (%) de grãos de sorgo inteiros e em seus diferentes tecidos anatômicos.

Nutrientes (%)		Grão inteiro	Endosperma	Germe	Pericarpo
Proteínas	Média	11,3	10,5	18,4	6,0
	Min - máx	7,3 – 15,6	8,7 – 13,0	17,8 – 19,2	5,2 – 7,6
	Distribuição	100	80,9	14,9	4,0
Fibras	Média	2,7	-	-	-
	Min - máx	1,2 – 6,6	-	-	-
	Distribuição	100	-	-	-
Lipídios	Média	3,4	0,6	28,1	4,9
	Min - máx	0,5 – 5,2	0,4 – 0,8	26,9 – 30,6	3,7 – 6,0
	Distribuição	100	13,2	76,2	10,6
Cinzas	Média	1,7	0,4	10,4	2,0
	Min - máx	1,1 – 2,5	0,3 – 0,4	-	-
	Distribuição	100	20,6	68,6	10,8
Amido	Média	71,8	82,5	13,4	4,6
	Min - máx	55,6 – 75,2	81,3 – 83,0	-	-
	Distribuição	100	94,4	1,8	3,8

Fonte: Adaptado de Waniska e Rooney (2000).

Tabela 2. Composição química (%) e valor calórico (kcal) de genótipos de sorgo, da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Nutriente	Genótipo												
	BR501	BR007B	BRS310	BR700	BRS309	BRS305	BR506	CMSXS136	Média	Min - máx			
Proteína (%)	9,91	10,31	11,59	8,57	11,97	10,11	11,43	10,99	10,61	8,5 – 11,97			
Lipídios (%)	3,07	2,33	2,61	1,94	2,48	2,60	2,36	1,24	2,33	1,24 – 3,07			
Carboidratos (%)	73,90	73,97	71,80	76,36	72,92	73,48	72,37	73,69	73,56	71,8 – 76,36			
Fibras solúveis (%)	0,17	0,29	0,7	0,83	0,88	0,15	0,63	0,28	0,49	0,15 – 0,88			
Fibras insolúveis (%)	11,01	9,23	9,01	10,85	8,3	11,28	14,46	8,85	10,37	8,3 – 14,46			
Fibras totais (%)	11,18	9,52	9,71	11,68	9,18	11,43	15,09	9,13	10,87	9,13 – 15,09			
Cinzas (%)	1,51	1,46	1,43	1,23	1,36	1,32	1,93	1,49	1,47	1,23 – 1,93			
Água (%)	11,59	11,90	12,85	11,88	11,25	12,45	11,89	12,56	12,05	11,25 – 12,85			
Calorias (kcal)	362,8	358,0	357,0	357,1	361,8	357,7	356,4	349,8	357,6	349,8 – 362,8			

Fonte: Adaptado de Martino et al. (2012)

De acordo com Martino et al. (2012), as proteínas dos oito genótipos variaram entre 8% e 12%, entretanto, as proteínas dos grãos de sorgo são consideradas de baixo valor biológico por serem deficientes em lisina, aminoácido essencial para o organismo humano. De acordo com a classificação baseada na solubilidade, as proteínas dos grãos de sorgo têm sido divididas em albuminas, globulinas, kafirinas (prolaminas) e glutelinas (Dicko et al., 2006). Pelo fato de as kafirinas serem proteases resistentes, a digestibilidade das proteínas do sorgo é considerada baixa quando comparada à de outros cereais (Anglani, 1998). A pré-fermentação e a extrusão dos grãos podem aumentar a digestibilidade delas, ao passo que a cocção deles pode levar à redução da digestibilidade dessas proteínas. Além desses fatores, a baixa digestibilidade apresentada pelo cereal pode ser devida, também, a interações proteína-proteína, proteína-carboidrato, proteína-polifenol e carboidrato-polifenol existentes (Taylor; Taylor, 2002).

O sorgo, assim como a maioria dos demais cereais, possui baixo teor de lipídios (Tabelas 1 e 2), os quais estão presentes, principalmente, no germe. A composição lipídica dos grãos é semelhante à do milho, com grande concentração de ácidos graxos poli-insaturados (Glew et al., 1997; Anglani, 1998). Já as fibras concentram-se no pericarpo (Tabela 1), com maior proporção de fibras do tipo insolúvel. Tanto a concentração de lipídios quanto de fibras na farinha de sorgo dependerá da extensão da remoção do pericarpo e do gérmen, nos processos de decorticação, degerminação e moagem dos grãos.

O valor energético total da farinha de sorgo obtido dos genótipos da Embrapa Milho e Sorgo avaliados por Martino et al. (2012) variou entre 349,8 e 362,8 kcal, com média de 357,6 kcal, corroborando com o valor de 356 kcal/100 g relatado por Dicko et al. (2006).

Os minerais, que na Tabela 2 são representados pelas cinzas, encontram-se em maior concentração no gérmen, por volta de 68% do total do grão. Glew et al. (1997) e Anglani (1998) relataram ser o sorgo boa fonte de mais de 20 minerais, como fósforo, potássio, ferro e zinco. Martino et al. (2012) também quantificaram a concentração dos minerais Mn, Cr, Zn, Pb, Ni, Cd, Cu, Fe, Mg, Ca, P, Al e S nos mesmos oito genótipos de sorgo apresentados na Tabela 2 e observaram que, de todos os elementos investigados, os predominantes foram: o P, o Mg, e o S, com concentrações entre 135,01 e 250,33 mg/100 g; 65,69 a 147,84 mg/100 g⁻¹ e 66,97 e 100,85 mg/100 g⁻¹, respectivamente. Além disso, observaram grande variação nas

concentrações de ferro (0,63 a 5,87 mg 100g⁻¹), sendo que as cultivares BR501, BR506, BRS309 apresentaram os maiores valores deste mineral. Assim, esses autores concluíram que as cultivares de sorgo analisadas apresentam fontes diferenciadas de minerais, podendo ser utilizadas na alimentação humana como fonte de alguns deles.

As concentrações de isômeros da vitamina E: α -, β -, γ -, δ -tocoferóis e α -, β -, γ -, δ -tocotrienóis foram avaliadas nas mesmas cultivares de sorgo da Tabela 2 (Martino et al., 2012). Os autores verificaram que, dos oito isômeros investigados, foram encontrados apenas o α - e γ - tocoferol nos grãos do cereal, com predominância para o último, com concentrações entre 147,33 e 250,40 $\mu\text{g}/100$ g de matéria fresca (MF). O α -tocoferol variou de 60,66 a 136,57 $\mu\text{g}/100$ g MF. Dentre as cultivares analisadas, a que mais se destacou com relação à concentração de vitamina E foi a BRS 310, com conteúdo de 386,96 $\mu\text{g}/100$ g.

Compostos Bioativos Presentes nos Grãos de Sorgo de Interesse na Saúde Humana

Compostos bioativos, promotores da saúde humana, também têm sido descritos nos grãos de sorgo, como diversos compostos fenólicos, amido resistente, fibras, entre outros (Awika; Rooney, 2004; Dicko et al., 2006; Teixeira et al., 2016). Essas substâncias, bastante desejáveis na alimentação humana, encontram-se distribuídas em diferentes partes do grão: pericarpo, testa, camada de aleurona, e endosperma.

Os compostos fenólicos presentes no sorgo são os ácidos fenólicos, como o ácido cafeico, o ferúlico, etc. (Paiva et al., 2015), e os flavonoides, tais como as 3-deoxiantocianinas, flavonas, flavanonas e taninos condensados (Dykes et al., 2005). Eles estão presentes principalmente no pericarpo (farelo) do sorgo e são responsáveis pela sua capacidade antioxidante (Awika et al., 2005). A concentração e a composição de compostos fenólicos presentes nos grãos de sorgo dependem do genótipo e do ambiente onde o cereal é cultivado (Awika, 2003). Algumas cultivares de sorgo, principalmente as de pericarpo negro, marrom ou vermelho (Figura 2), possuem concentrações de fenóis totais e capacidade antioxidante superiores às de outros cereais (Figuras 2 e 3).



Foto: Frederico Barros

Figura 2. Cultivares de sorgo com diferentes cores de pericarpo.

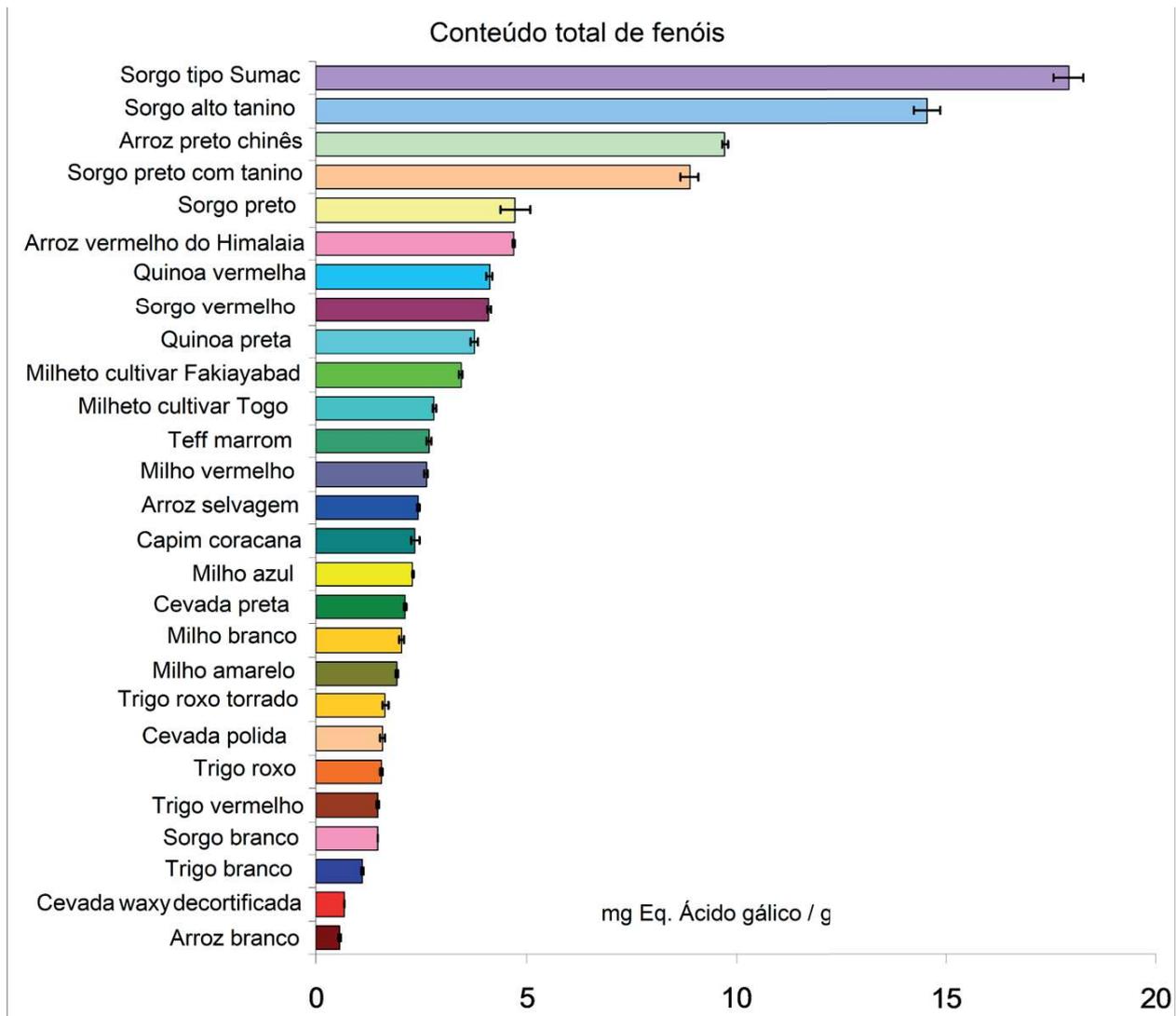


Figura 3. Concentração de fenólicos totais (mg ácido gálico equivalente/g) entre os cereais (Awika, 2003).

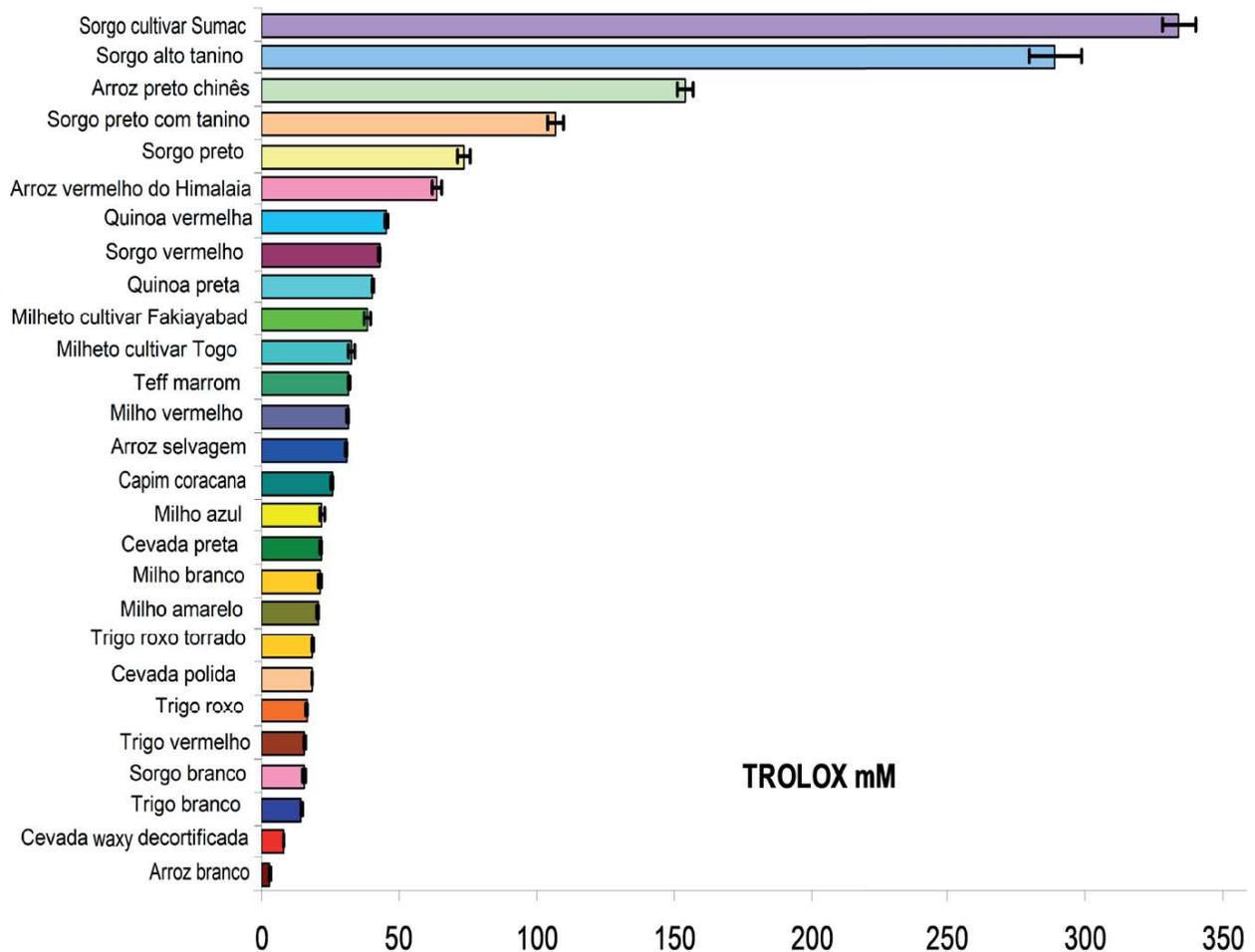


Figura 4. Capacidade antioxidante (Trolox mM) entre os cereais.

Fonte: Adaptado de Awika (2003).

Dessa forma, é importante ressaltar que o sorgo é um cereal com potencial funcional, uma vez que contém compostos bioativos que possuem papel importante na redução dos riscos de doenças crônicas não transmissíveis, portanto, promovem benefícios à saúde humana. A seguir são detalhadas mais informações a respeito dos principais compostos bioativos do sorgo.

Taninos

Os taninos do sorgo são do tipo condensados, também chamados proantocianidinas. Eles são constituídos de oligômeros ou polímeros de catequinas (flavan-3-ols e/ou flavan-3,4-diols) e estão presentes somente em cultivares de sorgo que possuem testa pigmentada conforme se pode visualizar na Figura 5 (Hagerman; Butler, 1980; Dykes et al., 2005).

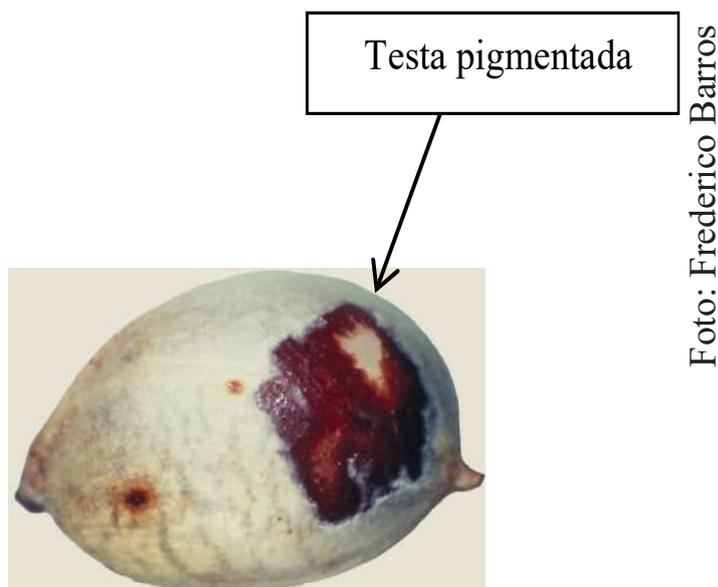


Figura 5. Testa pigmentada no grão de sorgo.

O sorgo apresenta a maior concentração de taninos condensados entre os cereais, os quais variam de acordo com o tipo, a concentração e a distribuição de monômeros, oligômeros e polímeros (Serna-Saldivar; Rooney, 1995). Os genótipos de sorgo são classificados como tipo I, não possuem testa pigmentada e não possuem taninos; tipo II, possuem testa pigmentada e os taninos são extraídos em baixa concentração usando metanol acidificado e têm maior prevalência de catequinas e oligômeros; e tipo III, possuem testa pigmentada e os taninos são extraídos em alta concentração usando metanol ou acetona/água sem a necessidade de acidificação e têm maior prevalência de polímeros (Hahn; Rooney, 1986; Price et al., 1978; Barros et al., 2014).

A maioria das cultivares de sorgo tipo III possuem taninos condensados de alto peso molecular (polímeros) com grau de polimerização maior que 10 (Awika et al., 2003; Barros et al., 2014) e possuem a maior capacidade antioxidante *in vitro* e *in vivo* comparados com compostos fenólicos simples (Hagerman et al., 1998; Tian et al., 2012). Essa elevada capacidade antioxidante dos taninos do sorgo é a principal responsável pelas suas propriedades anticarcinogênicas e anti-inflamatórias (Huang et al., 2010). Os taninos presentes em extratos fenólicos de sorgo inibiram, de forma significativa, células de câncer de esôfago e de cólon (Awika et al., 2009) e também inibiram as enzimas aromatase, alvo no tratamento de câncer de mama, e hialuronidase, enzima associada à inflamação (Hargrove et al., 2011; Bralley et al., 2008), e reduziram a expressão de ciclooxigenase-2 (COX-2), com menor formação de edema (Burdette et al., 2010; Shim et al., 2013), o que sugere a ação dos taninos no controle da inflamação.

Além das propriedades antioxidantes, os taninos condensados de alto peso molecular interagem com mais facilidade com proteínas e amido, reduzindo a digestibilidade destes nutrientes (Hagerman et al., 1992; Davis; Hosney 1979; Barros et al., 2012, 2014). Esse efeito pode ser benéfico no controle da obesidade e do diabetes. Os taninos condensados presentes no sorgo, principalmente os poliméricos, interagem fortemente com a amilose, formando amido resistente (Barros et al., 2012, 2014). Os taninos poliméricos também podem interagir com a α -amilase, reduzindo a digestibilidade do amido e proporcionando menor índice glicêmico (Mkandawire et al., 2013).

Os taninos condensados de alto peso molecular, livres ou complexados com proteínas ou carboidratos, não são digeridos e absorvidos pelo organismo humano. Ao atingir o intestino grosso eles podem proporcionar um ambiente antioxidante ao reduzir o estresse oxidativo, ou podem ser fermentados, produzindo ácidos graxos de cadeia curta e compostos de menor peso molecular os quais proporcionam benefícios à saúde (Saura-Calixto et al., 2010; Taberero et al., 2011; Tian et al., 2012).

Entretanto, a biodisponibilidade dos taninos do sorgo pode ser melhorada de forma significativa por meio do processamento dos alimentos. O tratamento térmico pode despolimerizar os taninos condensados e produzir monômeros (catequinas) e oligômeros, sem alterar sua concentração total, aumentando sua biodisponibilidade (Awika et al., 2003; Barros et al., 2012).

Portanto, os grãos, a farinha e o farelo de sorgo contendo taninos podem ser usados como ingredientes na produção de alimentos funcionais sem glúten, com menor densidade calórica e maior capacidade antioxidante.

3-Deoxiantocianinas (3-DXAS)

Antocianinas são flavonoides, solúveis em água, que possuem significativa capacidade antioxidante, anti-inflamatória e anticarcinogênica (Awika; Rooney 2004). As antocianinas do sorgo são as raras 3-deoxiantocianidinas (3-DXAs), que correspondem até 79% dos flavonoides de cultivares específicas de sorgo, sendo a luteolinidina e a apigeninidina as principais (Dykes; Rooney, 2006; Taleon et al., 2012). As 3-DXAs são mais estáveis a variações de pH e de temperatura do que as antocianinas mais comuns, presentes em frutas e hortaliças (Awika et al., 2004a, 2004b; Yang et al., 2014). Essa propriedade possibilita a exploração comercial das 3-DXAs do sorgo não só como antioxidante, mas também como corante natural para alimentos.

A concentração das 3-DXAs se correlaciona com a cor do pericarpo dos grãos de sorgo e com a sua capacidade antioxidante (Awika; Rooney, 2004). As cultivares com pericarpo preto possuem de 3 a 4 vezes mais dessas antocianinas (5,4 a 6,1 mg/g) que aquelas com pericarpo vermelho e marrom (1,6 a 2,8 mg/g) (Awika et al., 2004b). O farelo de algumas cultivares de sorgo com pericarpo preto possui concentrações de antocianinas totais superiores ao de outros cereais e frutas (Awika; Rooney 2004; Dykes et al., 2009).

O potencial das 3-deoxiantocianinas do sorgo no controle das doenças crônicas não transmissíveis vem sendo investigado. Essas antocianinas são mais citotóxicas às células cancerígenas quando comparadas com as de frutas e hortaliças (Shih et al., 2007). Elas aumentam a atividade de enzimas de fase II, elevando a atividade da NADH:quinona oxireductase (NQO), as quais são facilitadoras da eliminação de carcinógenos endógenos (Awika et al., 2009; Yang et al., 2009; Shih et al., 2007). Além disso, as 3-DXAs são as principais responsáveis pela inibição da secreção dos fatores pró-inflamatórios interleucina-1 β (IL-1 β), fator de necrose tumoral- α (TNF- α) e de óxido nítrico em células mononucleares de humanos (Burdette et al., 2010).

Portanto, existe um grande potencial do uso de sorgo rico em 3-deoxiantocianinas em produtos alimentícios, por causa das propriedades benéficas para a saúde, além da possibilidade de sua extração e uso como corante natural para alimentos, o que poderia substituir ou complementar o uso de corantes artificiais e de outros corantes naturais.

Flavonas, Flavanonas e Ácidos Fenólicos

Além dos taninos e das 3-deoxiantocianinas, as flavonas e as flavanonas são outros compostos fenólicos pertencentes ao grupo dos flavonoides, encontrados no sorgo. As principais flavonas do sorgo são a luteolina e a apigenina, e a soma de suas concentrações varia de 0 a 386 $\mu\text{g/g}$ (Dykes et al., 2009, 2011; Cardoso et al., 2014). As principais flavanonas do sorgo são a naringenina e o eriodictiol (Dykes et al., 2009, 2011; Cardoso et al., 2014; Paiva et al., 2018). As cultivares de sorgo com maiores concentrações de flavanonas (474 a 1.780 $\mu\text{g/g}$) possuem pericarpo amarelo-laranja (Dykes et al., 2011).

Ácidos Fenólicos

Outros compostos fenólicos presentes no sorgo são os ácidos fenólicos, que são encontrados em todas as cultivares desse cereal. A concentração de ácidos fenólicos totais em algumas variedades de sorgo varia entre 135,5 e 479,4 $\mu\text{g/g}$ (Afify et al., 2012; Chiremba et al., 2012). Os principais ácidos fenólicos encontrados no sorgo são os ácidos protocatecuico (150,3-178,2 $\mu\text{g/g}$) e ferúlico (120,5- 173,5 $\mu\text{g/g}$), porém, outros ácidos fenólicos tais quais p-cumárico (41,9-71,9 $\mu\text{g/g}$), siríngico (15,7-17,5 $\mu\text{g/g}$), vanílico (15,4-23,4 $\mu\text{g/g}$), gálico (14,8-21,5 $\mu\text{g/g}$), cafeico (13,6- 20,8 $\mu\text{g/g}$), cinâmico (9,8-15,0 $\mu\text{g/g}$) e p-hidroxibenzoico (6,1-16,4 $\mu\text{g/g}$) foram encontrados em pequenas quantidades no sorgo (Afify et al., 2012; Svensson et al., 2010). Esses ácidos fenólicos exibem alta capacidade antioxidante *in vitro* e podem promover benefícios à saúde humana (Kamath et al., 2004).

Os ácidos fenólicos presentes no vinho, nas frutas e nas hortaliças possuem uma boa biodisponibilidade, pois a maioria está livre na matriz alimentar (Hole et al., 2012). Porém, os ácidos fenólicos em cereais, incluindo o sorgo, estão em sua maioria complexados com compostos da parede celular (arabinoxilanas e lignina) e não são hidrolisados pelas enzimas digestivas, proporcionando baixa biodisponibilidade (Adom; Liu, 2002; Saura-Calixto et al., 2010; Abdel-Aal et al., 2012; Dykes; Rooney 2006).

Fibra Alimentar

As fibras alimentares são conhecidas por trazerem vários benefícios para a saúde humana, como prevenção do câncer de cólon e da obesidade, e são coadjuvantes no controle dos níveis de lipídios e de glicose séricos. De acordo com Martino et al. (2012), os grãos integrais de sorgo são excelentes fontes de fibra, podendo contribuir com até 50% da RDA. Esses autores obtiveram entre 9,1% e 15,1% de fibras alimentares totais em oito genótipos de sorgo, como demonstrado na Tabela 2. As fibras insolúveis correspondem à maior proporção (75-90%), principalmente as arabinoxilanas, e as fibras solúveis, incluindo o amido resistente, somam entre 10% e 25% das fibras totais (Martino et al., 2012; Taylor; Emmambux, 2010).

Amido Resistente

O amido é o composto em maior concentração nos cereais e a principal fonte de calorias em alimentos formulados com cereais. O sorgo é conhecido por possuir a menor digestibilidade de amido entre os cereais por causa da forte associação entre os grânulos e as moléculas de amido com as proteínas (kaferinas) (Rooney; Pflugfelder 1986; Zhang; Hamaker, 1998). A maioria dos grânulos de amido é digerida lentamente (30-66,2%) e o restante é digerido rapidamente (15,3-26,6%) ou não é digerido (16,7-43,2%) (Mkandawire et al., 2013; Sang et al., 2008). Essa baixa digestibilidade se mantém mesmo após a cocção do amido de sorgo (Zhang; Hamaker, 1998). De forma geral, a baixa digestibilidade do amido de sorgo é vista como um aspecto negativo (Serna-Saldivar; Rooney, 1995) para alimentação animal. Por outro lado, a ingestão de alimentos contendo poucas calorias é benéfica para alimentação humana, pois eles podem ajudar na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis como obesidade e o diabetes.

Além disso, os taninos condensados (proantocianidinas), especialmente os de alto peso molecular, interagem com o amido, formando amido resistente naturalmente modificado (Hagerman et al., 1992; Davis; Hosney 1979; Barros et al., 2012, 2014).

O amido resistente, por não ser digerido no intestino delgado, torna-se disponível como substrato para fermentação pelas bactérias anaeróbicas do cólon (Jenkins et al., 1998) compartilhando, dessa forma, muitas das características e benefícios atribuídos à fibra alimentar no trato gastrintestinal (Berry, 1986; Muir; O’dea, 1992). Têm sido atribuídos, ao amido resistente, efeitos fisiológicos benéficos, como redução da glicemia pós-prandial (desejável no diabetes) e dos níveis de LDL e de triglicerídeos plasmáticos (Walter et al., 2005). Adicionalmente, o amido resistente contribui para o aumento do volume fecal, a modificação da microflora do cólon, o aumento da excreção fecal de nitrogênio e, possivelmente, a redução do risco de câncer de cólon (Jenkins et al., 1998).

Apesar das evidências indicando que o amido resistente é fisiologicamente benéfico, os níveis de consumo ainda permanecem relativamente baixos (Brighenti et al., 1998; Johnson; Gee, 1996; Voragen, 1998). Isto pode ser atribuído a vários fatores, incluindo a disponibilidade limitada de fontes adequadas desses carboidratos. Assim, pesquisas com o objetivo de identificar novas fontes de amido resistente são necessárias. Platel e Shurpalekar (1994) determinaram os teores de amido resistente em

alguns cereais, leguminosas e hortaliças após o processamento e relataram que, entre os alimentos estudados, o sorgo apresentou elevada concentração desse composto. Saravanabavan et al. (2013) encontraram valores entre 3,4 e 4,3 g/100 g de RS em três variedades de sorgo (pop, maldandi e vermelho) que não foram processadas. Ragaee et al. (2006) relataram conteúdo de RS de $1,77 \pm 0,02$ g/100 g em grãos de sorgo. Khan et al. (2013) observaram teores de RS de $0,42 \pm 0,06$ g/100 g em farinha de trigo; $2,21 \pm 0,06$ g /100 g em farinha de sorgo branco e de $2,95 \pm 0,15$ g/100 g de farinha de sorgo vermelho, indicando que a porção de amido resistente de sorgo é superior à do trigo.

Melhoramento Genético de Sorgo Visando Alimentação Humana

Uma grande variabilidade genética tem sido observada no que tange às concentrações de nutrientes e de compostos bioativos entre diferentes genótipos de sorgo (Reddy; D'Souza, 1994; Queiroz et al., 2015; Paiva et al., 2017; Cardoso et al., 2015), o que evidencia um potencial para exploração pelos programas de Melhoramento Genético para o desenvolvimento de cultivares mais nutritivas, visando a utilização na alimentação humana. Nesse sentido, Queiroz et al. (2015) avaliaram 100 genótipos de sorgo em condições normais de cultivo e sob estresses hídrico e encontraram efeitos significativos tanto do genótipo, quanto do ambiente e da interação entre eles. Os teores de carboidratos, proteínas, lipídios, fibras e cinzas apresentaram, respectivamente, as seguintes variações: 55,2-75,2%; 8,6-18,9%; 1,7-4,9%; 9,3-25,2% e 1,1-2,4%, nos dois ambientes. Os melhores resultados foram identificados nos genótipos BR007B, SC59 e SC1033 para carboidratos, SC325, SC320 e SC124 para proteínas, SC35, N268B e Lian Tang Ai para lipídios, SC673, SC467 e (SN142) REDBINE SA386-60 (ASA N98) para fibra e SC224, SC566, SC467 e SC1356 para cinzas. Os teores de lipídios não foram afetados pelo estresse hídrico, porém, carboidratos, proteínas e cinzas foram menores, e a fibra foi maior nas amostras cultivadas nesse ambiente. Os genótipos listados acima têm grande potencial para desenvolver cultivares com alto valor nutricional, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, podendo contribuir para a segurança alimentar das populações desses locais.

Paiva et al. (2017) também encontraram grande variação nos teores de minerais desses mesmos genótipos, avaliados nos mesmos ambientes do trabalho supracitado. Foi detectado um efeito do estresse hídrico para os

teores de P, K, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, cujas médias foram, respectivamente, 3,67; 4,08; 1,76; 1,10 g/kg e 3,25; 31,94; 19,75; 22,020 mg/kg no ambiente sem estresse hídrico e 2,17; 3,72; 1,26; 1,09 g/kg; 3,08; 29,54; e 12,56; 22,02 e 22,40 mg/kg no ambiente com estresse hídrico. Nenhum efeito do estresse hídrico foi observado para o Ca (0,17 g/kg). Aproximadamente 29% das 100 amostras de sorgo analisadas foram classificadas como excelentes fontes de Fe e 47% de Zn. Os genótipos SC320, SC655, SC53 e SC414_12 mostraram grande potencial para uso em projetos de biofortificação.

Teixeira et al. (2016) avaliaram o teor de amido resistente (AR) em 49 genótipos de sorgo, bem como os efeitos do tratamento térmico por calor seco e úmido sobre o grão e a farinha de dois genótipos de sorgo. Os resultados mostraram grande variação no conteúdo de AR nos vários genótipos analisados, entre 0,31 e 65,66 g/100 g em base seca. As linhagens SC 59 e (SSN76) FC6608 RED KAFIR BAZINE (ASA N23), com teores médios de aproximadamente 65 g/100 g, foram as melhores, apresentando grande potencial para o desenvolvimento de cultivares de sorgo com alto teor de AR, com efeito positivo na saúde humana. O teor de AR das linhagens supracitadas foi significativamente superior aos teores encontrados por Saravanabavan et al. (2013) e por Ragaee et al. (2006) que foram no máximo 4,3 g/100g de amostra, comprovando o relevante papel do melhoramento genético na busca por genótipos superiores. Teixeira et al. (2016) observaram, também, que o calor seco causa pequenas perdas no conteúdo de AR com retenções de até 97,19% deste composto em grão e farinha de sorgo, enquanto o calor úmido retém no máximo 6,98 do AR. Portanto, o uso de calor seco é uma alternativa melhor para a preservação do AR em grãos e farinha de sorgo tratados termicamente.

Cardoso et al. (2015) avaliaram os teores de vitamina E e de carotenoides em 100 genótipos de sorgo, bem como a estabilidade desses compostos em três genótipos submetidos ao processamento (forno/moagem e extrusão). O sorgo apresentou alta variabilidade no conteúdo de vitamina E (280,7 - 2.962,4 $\mu\text{g}/100\text{g}$; média de 1.888,0 $\mu\text{g}/100\text{g}$) e 24% dos genótipos foram considerados fontes dessa vitamina. O γ e o α -tocoferol foram os principais isômeros da vitamina E, correspondendo a 61% e 22% do total, respectivamente. O total de carotenoides foi baixo em todos os genótipos de sorgo avaliados (2,12 - 85,46 $\mu\text{g}/100\text{g}$; média de 22,29 $\mu\text{g}/100\text{g}$). A zeaxantina foi o principal carotenoide, representando 68,8% do total. Quanto ao processamento, os teores totais de vitamina E e de α -tocoferol

diminuíram após a extrusão, mas aumentaram após o processamento em forno convencional. Os carotenoides do sorgo foram sensíveis à extrusão e ao processamento em forno.

Outros estudos referentes aos teores de 3-deoxiantocianinas, flavonas, flavanonas, amido total, amilose e amilopectina em mais de 200 genótipos de sorgo estão em andamento na Embrapa Milho e Sorgo, a fim de compor um banco de dados que possa dar suporte a programas de melhoramento genético de sorgo que visem o desenvolvimento de cultivares de sorgo com características nutricionais e funcionais mais adequadas para uso na alimentação humana.

Considerações Finais

O sorgo é um cereal que não possui as proteínas formadoras do glúten e é considerado uma ótima fonte de compostos fenólicos e de fibra alimentar. O tipo e a concentração dos compostos bioativos, especialmente as 3-deoxiantocianinas e os taninos, e o teor de amido resistente contido em alguns genótipos de sorgo desempenham efeito modulador em processos relacionados a doenças crônicas não transmissíveis, além de favorecerem seu uso na produção de alimentos funcionais. No entanto, a concentração de nutrientes e desses compostos no sorgo depende do genótipo e do ambiente onde o cereal é cultivado. Por isso, o melhoramento genético de sorgo voltado para o desenvolvimento de cultivares comerciais que contenham maiores teores desses compostos é de grande relevância, pois pode impactar a nutrição e a saúde humana.

Referências

ABDEL-AAL, E. S. M.; CHOO, T. M.; DHILLON, S.; RABALSKI, I. Free and bound phenolic acids and total phenolics in black, blue, and yellow barley and their contribution to free radical scavenging capacity. **Cereal Chemistry Journal**, v. 89, n. 4, p. 198-204, 2012.

ABDELGHAFOR, R.; MUSTAFA, A.; IBRAHIM, A.; KRISHNAN, P. G. Quality of bread from composite flour of sorghum and hard white winter wheat. **Advances Journal of Food Science and Technology**, v. 3, n. 1, p. 9-15, 2011.

ABOUBACAR, A.; YAZICI, N.; HAMAKER, B. R. Extent of decortication and quality of flour, couscous and porridge made from different sorghum cultivars. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 41, n. 6, p. 698-703, 2006.

ADOM, K. K.; LIU, R. H. Antioxidant activity of grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 21, p. 6182-6187, 2002.

AFIFY, A. E.-M. M. R.; EL-BELTAGI, H. S.; EL-SALAM, S. M. A.; OMRAN, A. A. Biochemical changes in phenols, flavonoids, tannins, vitamin E, β -carotene and antioxidant activity during soaking of three white sorghum varieties. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 2, n. 3, p. 203-209, 2012.

ANGLANI, C. Sorghum for human food: a review. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 52, p. 85-89, 1998.

ANUNCIAÇÃO, P. C.; CARDOSO, L. de M.; GOMES, J. V. P.; DELLA LUCIA, C. M.; CARVALHO, C. W. P. de; GALDEANO, M. C.; QUEIROZ, V. A. V.; ALFENAS, R. de C. G.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Comparing sorghum and wheat whole grain breakfast cereals: sensorial acceptance and bioactive compound content. **Food Chemistry**, v. 221, p. 984-989, 2017.

ANUNCIAÇÃO, P. C.; CARDOSO, L. de M.; ALFENAS, R. de C. G.; QUEIROZ, V. A. V.; CARVALHO, C. W. P. de; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Extruded sorghum consumption associated with a caloric restricted diet reduces body fat in over weight men: a randomized controlled trial. **Food Research International**, v. 110, p. 693-700, 2019.

ARBEX, P. M.; MOREIRA, M. E. de C.; TOLEDO, R. C. L.; CARDOSO, L. de M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; BENJAMIN, L. dos A.; LICURSI, L.; CARVALHO, C. W. P. de; QUEIROZ, V. A. V.; MARTINO, H. S. D. Extruded sorghum flour (*Sorghum bicolor* L.) modulate adiposity and inflammation in high fat diet-induced obese rats. **Journal of Functional Foods**, v. 42, p. 346-355, 2018.

ASIF, M.; ROONEY, L. W.; ACOSTA-SANCHEZ, D.; MACK, C. A.; RIAZ, M. N. Uses of sorghum grain in gluten-free products. **Cereal Foods World**, v. 55, n. 6, p. 285-291, 2010.

AWIKA, J. M. **Antioxidant properties of sorghum**. 2003. 236 f. Dissertação (Mestrado) - Texas A&M University, College Station, 2003.

AWIKA, J. M.; DYKES, L.; GU, L.; ROONEY, L. W.; PRIOR, R. L. Processing of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products alters procyanidin oligomer and polymer distribution and content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 18, p. 5516-5521, 2003.

AWIKA, J. M.; MCDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W. Decorticating sorghum to concentrate healthy phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 16, p. 6230-6234, 2005.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**, v. 65, n. 9, p. 1199-1221, 2004.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D. Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 90, n. 1/2, p. 293-301, 2004a.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D. Properties of 3-deoxyanthocyanins from sorghum. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 14, p. 4388-4394, 2004b.

AWIKA, J. M.; YANG, L.; BROWNING, J. D.; FARAJ, A. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. **LWT - Food Science Technology**, v. 42, n. 6, p. 1041-1046, 2009.

BARROS, F.; AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Interaction of tannins and other sorghum phenolic compounds with starch and effects on in vitro starch digestibility. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 46, p. 11609-11617, 2012.

BARROS, F.; AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Effect of molecular weight profile of sorghum proanthocyanidins on resistant starch formation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 6, p. 1212-1217, 2014.

BERRY, C. S. Resistant starch: formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amylolytic enzymes during the determination of dietary fibre. **Journal of Cereal Science**, v. 4, n. 4, p. 301-314, 1986.

BRALLEY, E.; GREENSPAN, P.; HARGROVE, J. L.; HARTLE, D. K. Inhibition of hyaluronidase activity by select sorghum brans. **Journal of Medicinal Food**, v. 11, n. 2, p. 307-312, 2008.

BRIGHENTI, F.; CASIRAGHI, C. M.; BAGGIO, C. Resistant starch in the Italian diet. **British Journal of Nutrition**, v. 80, n. 4, p. 333-341, 1998.

BURDETTE, A.; GARNER, P. L.; MAYER, E. P.; HARGROVE, J. L.; HARTLE, D. K.; GREENSPAN, P. Anti-Inflammatory activity of select sorghum (*Sorghum bicolor*) brans. **Journal of Medicinal Food**, v. 13, n. 4, p. 879-887, 2010.

CARDOSO, L. de M.; MONTINI, T. A.; PINHEIRO, S. S.; QUEIROZ, V. A. V.; PINHEIRO SANT'ANA, H. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B. Effects of processing with dry heat and wet heat on the antioxidant profile of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). **Food Chemistry**, v. 152, p. 201-217, 2014.

CARDOSO, L. de M.; PINHEIRO, S. S.; SILVA, L. L. da; MENEZES, C. B. de; TARDIN, F. D.; QUEIROZ, V. A.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Tocochromanols and carotenoids in sorghum (*Sorghum bicolor* L.): diversity and stability to the heat treatment. **Food Chemistry**, v. 172, p. 900-908, 2015.

CARR, T. P.; WELLER, C. L.; SCHLEGEL, V. L.; CUPPETT, S. L.; GUDERIAN, D. M.; JOHNSON, K. R. Grain sorghum lipid extract reduces cholesterol absorption and plasma non-HDL cholesterol concentration in hamsters. **The Journal of Nutrition**, v. 135, n. 9, p. 2236-2240, 2005.

CHIREMBA, C.; TAYLOR, J. R. N.; ROONEY, L. W.; BETA, T. Phenolic acid content of sorghum and maize cultivars varying in hardness. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p. 81-88, 2012.

DAVIS, A. B.; HOSENEY, R. C. Grain sorghum condensed tannins. I. Isolation, estimation, and selective adsorption by starch. **Cereal Chemistry**, v. 56, n. 4, p. 310-314, 1979.

DEVI, N. L.; SHOBHA, S.; TANG, X.; SHAUR, S. A.; DOGAN, H.; ALAVI, S. Development of protein-rich sorghum-based expanded snacks using extrusion technology. **International Journal of Food Properties**, v. 16, n. 2, p. 263-276, 2013.

DICKO, M. H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ¹, A. S.; VORAGEN, A. G. J.; BERKEL, W. J. H. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 5, p. 384-395, 2006.

DLAMINI, N. R.; TAYLOR, J. R. N.; ROONEY, L. W. The effect of sorghum type and processing on the antioxidant properties of African sorghum-based foods. **Food Chemistry**, v. 105, n. 4, p. 1412-1419, 2007.

DYKES, L.; PETERSON, G. C.; ROONEY, W. L.; ROONEY, L. W. Flavonoid composition of lemon-yellow sorghum genotypes. **Food Chemistry**, v. 128, n. 1, p. 173-179, 2011.

DYKES, L.; ROONEY, L. W. Sorghum and millet phenols and antioxidants. **Journal of Cereal Science**, v. 44, n. 3, p. 236-251, 2006.

DYKES, L.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D.; ROONEY, W. L. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 17, p. 6813-6818, 2005.

DYKES, L.; SEITZ, L. M.; ROONEY, W. L.; ROONEY, L. W. Flavonoid composition of red sorghum genotypes. **Food Chemistry**, v. 116, n. 1, p. 313-317, 2009.

FERREIRA, S. M. R.; LUPARELLI, P. C.; SCHIEFERDECKER, M. E. M.; VILELA, R. M. Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 59, n. 4, p. 433-440, 2009.

GLEW, R. H.; VANDERJAGT, D. J.; LOCKETT, C.; GRIVETTI, L. E.; SMITH, G. C.; PASTUSZYN, A.; MILLSON, M. Amino acid, fatty acid, and mineral composition of 24 indigenous plants of Burkina Faso. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 10, n. 3, p. 205-217, 1997.

GONZÁLEZ, A. J. P. **Specialty sorghums in direct-expansion extrusion**. 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Texas A&M University, College Station, 2005.

HAGER, A.-S.; TAYLOR, J. P.; WATERS, D. M.; ARENDT, E. K. Gluten free beer: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 36, n. 1, p. 44-54, 2014.

HAGERMAN, A. E.; BUTLER, L. G. Condensed tannin purification and characterization of tannin-associated proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, n. 5, p. 947-952, 1980.

HAGERMAN, A. E.; RIEDL, K. M.; JONES, G. A.; SOVIK, K. N.; RITCHARD, N. T.; HARTZFELD, P. W.; RIECHEL, T. L. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 5, p. 1887-1892, 1998.

HAGERMAN, A. E.; ROBBINS, C. T.; WEERASURIYA, Y.; WILSON, T. C.; MCCARTHUR, C. Tannin chemistry in relation to digestion. **Journal of Range Management Archives**, v. 45, n. 1, p. 57-62, 1992.

HAHN, D. H.; ROONEY, L. W. Effect of genotype on tannins and phenols of sorghum. **Cereal Chemistry**, v. 63, n. 1, p. 4-8, 1986.

HARGROVE, J. L.; GREENSPAN, P.; HARTLE, D. K.; DOWD, C. Inhibition of aromatase and α -Amylase by flavonoids and proanthocyanidins from sorghum bicolor bran extracts. **Journal of Medicinal Food**, v. 14, n. 7/8, p. 799-807, 2011.

HOLE, A. S.; RUD, I.; GRIMMER, S.; SIGL, S.; NARVHUS, J.; SAHLSTRØM, S. Improved bioavailability of dietary phenolic acids in whole grain barley and oat groat following fermentation with probiotic *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus johnsonii*, and *Lactobacillus reuteri*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 25, p. 6369-6375, 2012.

HUANG, W-Y.; CAI, Y.-Z.; ZHANG, Y. Natural phenolic compounds from medicinal herbs and dietary plants: Potential use for cancer prevention. **Nutrition and Cancer**, v. 62, n. 1, p. 1-20, 2010.

HUGO, L. F.; ROONEY, L. W.; TAYLOR, J. R. Fermented sorghum as a functional ingredient in composite breads. **Cereal Chemistry**, v. 80, n. 5, p. 495-499, 2003.

JADHAV, M. V.; ANNAPURE, U. S. Effect of extrusion process parameters and particle size of sorghum flour on expanded snacks prepared using different varieties of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). **Journal of Agricultural Science and Technology B**, v. 3, p. 71-85, 2013.

JENKINS, D. J. A.; VUKSAN, V.; KENDALL, C. W. C.; WÜRSCH, P.; JEFFCOAT, R.; WARING, S.; MEHLING, C. C.; VIDGEN, E.; AUGUSTIN, L. S. A.; WONG, E. Physiological effects of resistant starches on fecal bulk, short chain fatty acids, blood lipids and glycemic index. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 17, n. 6, p. 609-616, 1998.

JOHNSON, I. T.; GEE, J. M. Resistant starch. **Nutrition and Food Science**, v. 1, p. 20-23, 1996.

KAMATH, V. G.; CHANDRASHEKAR, A.; RAJINI, P. S. Antiradical properties of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) flour extracts. **Journal of Cereal Science**, v. 40, n. 3, p. 283-288, 2004.

KAYODÉ, A. P. P.; HOUNHOUIGAN, J. D.; NOUT, M. J. R. Impact of brewing process operations on phytate, phenolic compounds and in vitro solubility of iron and zinc in opaque sorghum beer. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, n. 5, p. 834-841, 2007.

KHAN, I.; YOUSIF, A.; JOHNSON, S. K.; GAMLATHA, S. Effect of sorghum flour addition on resistant starch content, phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta. **Food Research International**, v. 54, n. 1, p. 578-586, 2013.

LAKSHMI, K. B.; VIMALA, V. Hypoglycemic effect of selected sorghum recipes. **Nutrition Research**, v. 16, p. 1651-1658, 1996.

LIU, L.; HERALD, T. J.; WANG, D.; WILSON, J. D.; BEAN, S. R.; ARAMOUNI, F. M. Characterization of sorghum grain and evaluation of sorghum flour in a Chinese egg noodle system. **Journal of Cereal Science**, v. 55, n. 1, p. 31-36, 2012.

LOPES, R. de C. S. O.; LIMA, S. L. L. de; SILVA, B. F. da; TOLEDO, R. C. L.; MOREIRA, M. E de C.; ANUNCIACÃO, P. C. de; WALTER, E. H. M.; CARVALHO, C. W. P. de; QUEIROZ, V. A. V.; RIBEIRO, A. Q.; MARTINO, H. S. D. Evaluation of the health benefits of consumption of extruded tannin sorghum with unfermented probiotic milk in individuals with chronic kidney disease. **Food Research International**, v. 107, p. 629-638, 2018.

LOPES, R. de C. S. O.; THEODORO, J. M. V.; SILVA, B. P. da; QUEIROZ, V. A. V.; MOREIRA, M. E. de C.; MANTOVANI, H. C.; HERMSDORFF, H. H.; MARTINO, H. S. D. Symbiotic meal decreases uremic toxins in hemodialysis individuals: a placebo-controlled trial. **Food Research International**, v. 116, p. 241-248, 2019.

LYUMUGABE, F.; UYISENGA, J. P.; SONGA, E. B.; THONART, P. Production of traditional sorghum beer “ikigage” using *saccharomyces cerevisiae*, *lactobacillus fermentum* and *issatckenkia orientalis* as starter cultures. **Food and Nutrition Sciences**, v. 5, n. 6, p. 507-515, 2014.

MARTINO, H. S. D.; TOMAZ, P. A.; MORAES, E. A.; CONCEIÇÃO, L. L.; OLIVEIRA, D. S.; QUEIROZ, V. A. V.; RODRIGUES, J. A. S.; PIROZI, M. R.; PINHEIRO-SANT’ANA, H. M.; RIBEIRO, M. R. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 2, p. 337-344, 2012.

MKANDAWIRE, N. L.; KAUFMAN, R. C.; BEAN, S. R.; WELLER, C. L.; JACKSON, D. S.; ROSE, D. J. Effects of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tannins on α -amylase activity and in vitro digestibility of starch in raw and processed flours. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 18, p. 4448-4454, 2013.

MORAES, E. A.; NATAL, D. I. G.; QUEIROZ, V. A. V.; SCHAFFERT, R. E.; CECON, P. R.; DE PAULA, S. O.; BENJAMIM, L. D. A.; RIBEIRO, S. M. R.; MARTINO, H. S. D. Sorghum genotype may reduce low-grade inflammatory response and oxidative stress and maintains jejunum morphology of rats fed a hyperlipidic diet. **Food Research International**, v. 49, n. 1, p. 553-559, 2012.

MORAES, E. A.; MARINELLI, R. da S.; LENQUISTE, S. A.; QUEIROZ, V. A. V.; CAMARGO, R. L.; BORCK, P. C.; CARNEIRO, E. M.; MARÓSTICA JÚNIOR, M. R. Whole sorghum flour improves glucose tolerance, insulin resistance and preserved pancreatic islets function in obesity diet-induced rats. **Journal of Functional Foods**, v. 45, p. 530-540, 2018.

MUIR, J. G.; O'DEA, K. Measurement of resistant starch: factors affecting the amount of starch escaping digestion in vitro. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 56, n. 1, p. 123-127, 1992.

PAIVA, C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; RODRIGUES, J. A. D. S. Estudos sensoriais para determinação da vida de prateleira de barra de cereais com pipoca de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 3, p. 302-311, 2012.

PAIVA, C. L.; EVANGELISTA, W. P.; QUEIROZ, V. A. V.; GLORIA, M. B. A. Bioactive amines in sorghum: method optimisation and influence of line, tannin and hydric stress. **Food Chemistry**, v. 173, p. 224-230, 2015.

PAIVA, C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; SIMEONE, M. L. F.; SCHAFFERT, R. E.; OLIVEIRA, A. C. de; SILVA, C. S. da. Mineral content of sorghum genotypes and the influence of water stress. **Food Chemistry**, v. 214, p. 400-405, 2017.

PAIVA, C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; GARCIA, M. A. V. T.; CARVALHO, C. W. P. de. Acceptability and study of shelf life of gluten free cereal bar with popped and extruded sorghum based on a consumer acceptability. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 52-58, 2018.

PAIVA, C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; GARCIA, M. A. V. T. Características tecnológicas, sensoriais e químicas de massas secas sem glúten à base de farinhas de sorgo e milho. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, e2018095, 2019.

PLATEL, K.; SHURPALEKAR, K. S. Resistant starch content of Indian foods. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 45, n. 1, p. 91-95, 1994.

PRICE, M. L.; VAN SCOYOC, S.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978.

QUEIROZ, V. A. V.; MORAES, E. A.; SCHAFFERT, R. E.; MOREIRA, A. V.; RIBEIRO, S. M. R.; MARTINO, H. S. D. Potencial funcional e tecnologia de processamento do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), na alimentação humana. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 3, p. 180-195, 2011.

QUEIROZ, V. A. V.; CARNEIRO, H. L.; DELIZA, R.; RODRIGUES, J. A. S.; VASCONCELLOS, J. H. de; TARDIN, F. D.; QUEIROZ, L. R. Genótipos de sorgo para produção de barra de cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 287-293, fev. 2012.

QUEIROZ, V. A. V.; SILVA, C. S. da; MENEZES, C. B. de; SCHAFFERT, R. E.; GUIMARÃES, F. F. M.; GUIMARÃES, L. J. M.; GUIMARÃES, P. E. de O.; TARDIN, F. D. Nutritional composition of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes cultivated without and with water stress. **Journal of Cereal Science**, v. 65, p. 103-111, 2015.

QUEIROZ, V. A. V.; AGUIAR, A. da S.; MENEZES, C. B. de; CARVALHO, C. W. P. de; PAIVA, C. L.; FONSECA, P. C.; CONCEIÇÃO, R. R. P. da. A low calorie and nutritive sorghum powdered drink mix: influence of tannin on the sensorial and functional properties. **Journal of Cereal Science**, v. 79, p. 43-49, 2018.

RAGAE, S.; ABDEL-AAL, E. M.; NOAMAN, M. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. **Food Chemistry**, v. 98, n. 1, p. 32-38, 2006.

RATNAVATHI, C.; PATIL, J. Sorghum utilization as food. **Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 4, n. 1, 100247, 2013.

REDDY, C. A.; D'SOUZA, T. M. Physiology and molecular biology of the lignin peroxidases of *Phanerochaete chrysosporium*. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 13, n. 2/3, p. 137-152, 1994.

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1607-1623, 1986.

ROONEY, L. W.; AWIKA, J. M. Overview of products and health benefits of specialty sorghums. **Cereal Foods World**, v. 50, n. 3, p. 109-115, 2005.

SAMPAIO, C. R. P.; FERREIRA, S. M. R.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Perfil sensorial e aceitabilidade de barras de cereais fortificadas com ferro. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 1, p. 95-106, 2009.

SARAVANABAVAN, S. N.; SHIVANNA, M. M.; BHATTACHARYA, S. Effect of popping on sorghum starch digestibility and predicted glycemic index. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 387-392, 2013.

SAURA-CALIXTO, F.; PEREZ-JIMENEZ, J.; TOURINO, S.; SERRANO, J.; FUGUET, E.; TORRES, J. L.; GONI, I. Proanthocyanidin metabolites associated with dietary fibre from *in vitro* colonic fermentation and proanthocyanidin metabolites in human plasma. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 54, n. 7, p. 939-946, 2010.

SANG, Y.; BEAN, S.; SEIB, P. A.; PEDERSEN, J.; SHI, Y.-C. Structure and functional properties of sorghum starches differing in amylose content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 15, p. 6680-6685, 2008.

SCHOBER, T. J.; BEAN, S. R.; BOYLE, D. L. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: biochemical, rheological, and microstructural background. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 13, p. 5137-5146, 2007.

SCHOBER, T. J.; MESSERSCHMIDT, M.; BEAN, S. R.; PARK, S.-H.; ARENDT, E. K. Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. **Cereal Chemistry**, v. 82, n. 4, p. 394-404, 2005.

SERNA-SALDIVAR, S.; ROONEY, L. W. Structure and chemistry of sorghum and millets. In: DENDY, D. A. V. (ed.). **Structure and chemistry of sorghum and millets**. St. Paul: AACC, 1995. p. 69-124.

SERREM, C. A.; KOCK, H. L. D.; TAYLOR, J. R. N. Nutritional quality, sensory quality and consumer acceptability of sorghum and bread wheat biscuits fortified with defatted soy flour. **International Journal and Food Science Technology**, v. 46, n. 1, p. 74-83, 2011.

SHIH, C.-H.; SIU, N. G. R.; WONG, E.; CHIU, L. C. M.; CHU, I. K.; LO, C. Quantitative analysis of anticancer 3-deoxyanthocyanidins in infected sorghum seedlings. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 2, p. 254-259, 2007.

SHIM, T.; KIM, T.; JANG, K.; KO, J.; KIM, D. Toxicological evaluation and anti-inflammatory activity of a golden gelatinous sorghum bran extract. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 77, n. 4, p. 697-705, 2013.

SOUSA, A. R. de; MOREIRA, M. E. de C.; TOLEDO, R. C. L.; BENJAMIN, L. dos A.; QUEIROZ, V. A. V.; VELOSO, M. P.; REIS, K. de S.; MARTINO, H. S. D. Extruded sorghum (*Sorghum bicolor* L.) reduces metabolic risk of hepatic steatosis in obese rats consuming a high fat diet. **Food Research International**, v. 112, p. 48-55, 2018.

SOUSA, A. R. de; MOREIRA, M. E. de C.; GRANCIERIA, M.; TOLEDO, R. C. L.; ARAÚJO, F. de O.; MANTOVANI, H. C.; QUEIROZ, V. A. V.; MARTINO, H. S. D. Extruded sorghum (*Sorghum bicolor* L.) improves gut microbiota, reduces inflammation, and oxidative stress in obese rats fed a high-fat diet. **Journal of Functional Foods**, v. 58, p. 282-291, 2019.

SUHENDRO, E.; KUNETZ, C.; McDONOUGH, C.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D. Cooking characteristics and quality of noodles from food sorghum. **Cereal Chemistry**, v. 77, n. 2, p. 96-100, 2000.

SVENSSON, L.; SEKWATI-MONANG, B.; LUTZ, D. L.; SCHIEBER, A.; GÄNZLE, M. G. Phenolic acids and flavonoids in nonfermented and fermented red sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 16, p. 9214-9220, 2010.

TABERNERO, M.; VENEMA, K.; MAATHUIS, A. J. H.; SAURACALIXTO, F. D. Metabolite production during in vitro colonic fermentation of dietary fiber: analysis and comparison of two european diets. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 16, p. 8968-8975, 2011.

TALEON, V.; DYKES, L.; ROONEY, W. L.; ROONEY, L. W. Effect of genotype and environment on flavonoid concentration and profile of black sorghum grains. **Journal of Cereal Science**, v. 56, n. 2, p. 470-475, 2012.

TAYLOR, J. R. N.; EMMAMBUX, M. Developments in our understanding of sorghum polysaccharides and their health benefits. **Cereal Chemistry**, v. 87, n. 4, p. 263-271, 2010.

TAYLOR, J.; TAYLOR, J. R. N. Alleviation of the adverse effects of cooking on protein digestibility in sorghum through fermentation in traditional African porridges. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, n. 2, p. 129-138, 2002.

TEIXEIRA, N. de C.; QUEIROZ, V. A. V.; ROCHA, M. C.; AMORIM, A. C. P.; SOARES, T. A.; MONTEIRO, M. A. M.; MENEZES, C. B. de; SCHAFFERT, R. E.; GARCIA, M. A. V. T.; JUNQUEIRA, R. G. Resistant starch content among several sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes and the effect of heat treatment on resistant starch retention in two genotypes. **Food Chemistry**, v. 197, p. 291-296, 2016.

TIAN, Y.; ZOU, B.; LI, C.; YANG, J.; XU, S.; HAGERMAN, A. E. High molecular weight persimmon tannin is a potent antioxidant both ex vivo and in vivo. **Food Research International**, v. 45, n. 1, p. 26-30, 2012.

- VARGAS-SOLÓRZANO, J. W.; CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; ASCHERI, J. L. R.; QUEIROZ, V. A. V. Physicochemical properties of expanded extrudates from colored sorghum genotypes. **Food Research International**, v. 55, p. 37-44, 2014.
- VELÁZQUEZ, N.; SÁNCHEZ, H.; OSELLA, C.; SANTIAGO, L. G. Using white sorghum flour for gluten-free breadmaking. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 63, n. 4, p. 491- 497, 2012.
- VORAGEN, A. G. J. Technological aspects of functional food-related carbohydrates. **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, n. 8/9, p. 328-335, 1998.
- WALTER, M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 974-980, 2005.
- WANISKA, R. D.; ROONEY, L. W. Structure and chemistry of the sorghum caryopsis. In: SMITH, W.; FREDERIKSEN, R. A. (ed.). **Sorghum: production, agronomy, chemistry and utilization**. New York: Wiley & Sons, 2000. p. 649-688.
- WINGER, M.; KHOURYIEH, H.; ARAMOUNI, F.; HERALD, T. Sorghum flour characterization and evaluation in gluten-free flour tortilla. **Journal of Food Quality**, v. 37, n. 2, p. 95-106, 2014.
- YANG, L.; ALLRED, K. F.; GEERA, B.; ALLRED, C. D.; AWIKA, J. M. Sorghum phenolics demonstrate estrogenic action and induce apoptosis in nonmalignant colonocytes. **Nutrition and Cancer**, v. 64, n. 3, p. 419-427, 2012.
- YANG, L.; BROWNING, J. D.; AWIKA, J. M. Sorghum 3-deoxyanthocyanins possess strong phase II enzyme inducer activity and cancer cell growth inhibition properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 5, p. 1797-1804, 2009.
- YANG, L.; DYKES, L.; AWIKA, J. M. Thermal stability of 3-deoxyanthocyanidin pigments. **Food Chemistry**, v. 160, p. 246-254, 2014.

YOUSIF, A.; NHEPERA, D.; JOHNSON, S. Influence of sorghum flour addition on flat bread in vitro starch digestibility, antioxidant capacity and consumer acceptability. **Food Chemistry**, v. 134, n. 2, p. 880-887, 2012.

ZHANG, G.; HAMAKER, B. R. Low alpha amylase starch digestibility of cooked sorghum flours and the effect of protein. **Cereal Chemistry**, v. 75, n. 5, p. 710-713, 1998.

ZWEYTICK, G.; BERGHOFER, E. Production of gluten-free beer. In: GALLAGHER, E. (ed.). **Gluten-free food science and technology**. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2009. p. 181-199.