

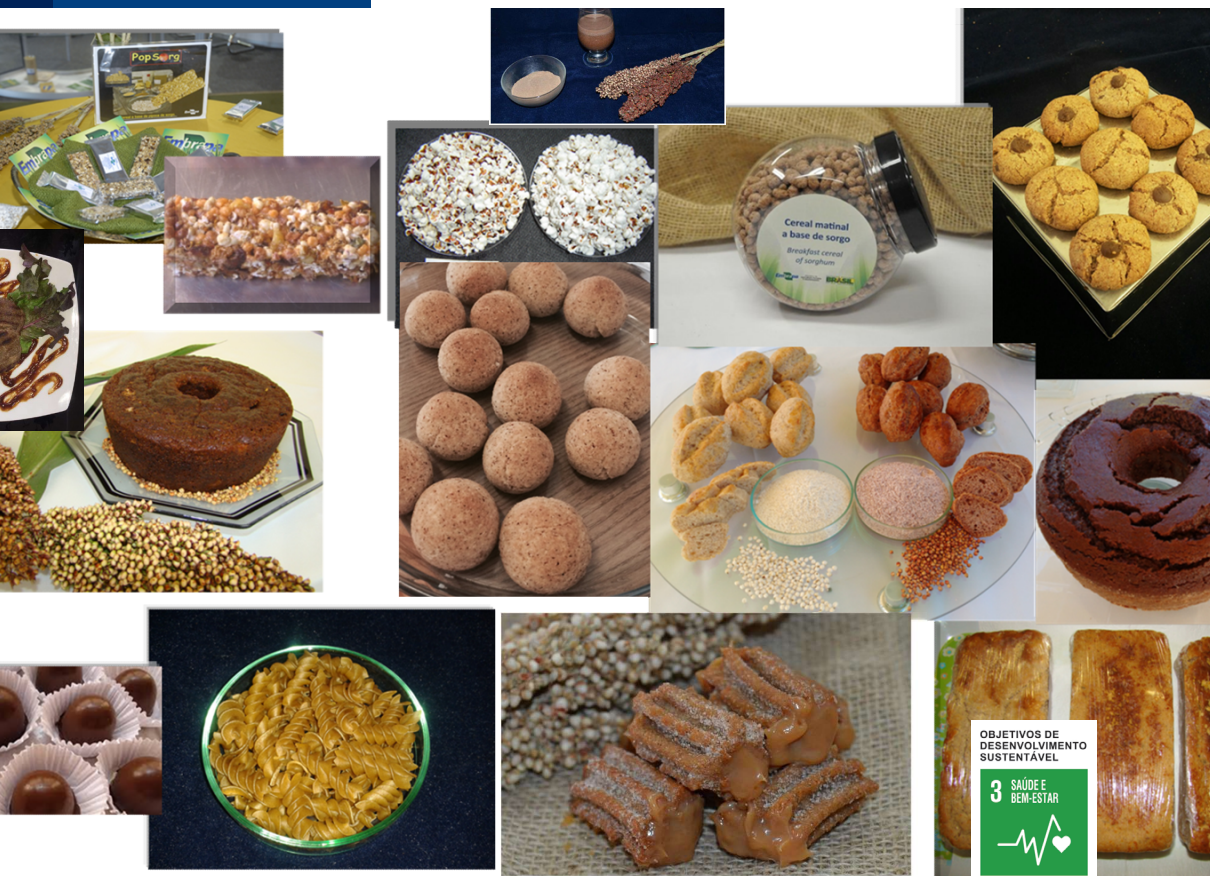
CIRCULAR TÉCNICA

272

Sete Lagoas, MG
Agosto, 2021

Sorgo na produção de alimentos sem glúten: propriedades sensoriais, nutricionais e funcionais

Valéria Aparecida Vieira Queiroz
Cícero Beserra de Menezes
Carlos Wanderley Piller de Carvalho
Melicia Cintia Galdeano
Vanessa Dias Capriles
Fernanda Cristina Esteves de Oliveira



Sorgo na produção de alimentos sem glúten: propriedades sensoriais, nutricionais e funcionais¹

Introdução

O consumo de alimentos nutritivos, promotores da saúde e cultivados em sistemas mais sustentáveis, saudáveis e seguros está em plena ascensão. Por outro lado, consumidores com preferências ou restrições alimentares específicas, como os portadores da doença celíaca (DC) ou os que tenham algum tipo de sensibilidade ao glúten ou ao trigo, têm demandado produtos de melhor qualidade nutricional, sensorial e que contribuam para o seu bem-estar. Entretanto, matérias-primas que atendam a todos esses requisitos e possuam baixo custo são escassas no mercado, especialmente de cereais, o que tem alavancado sua procura por parte das indústrias de alimentos.

A doença celíaca é uma enteropatia crônica causada pelo consumo de proteínas do glúten, encontradas no trigo, no centeio e na cevada. Apesar dos avanços na compreensão da fisiopatologia da doença, o único tratamento seguro e efetivo para ela é a total restrição de alimentos que contenham glúten (Storck et al., 2009). Estima-se que 1% da população mundial é acometida por essa doença, porém, essa prevalência tem aumentado, parcialmente em razão de mais testes clínicos e melhoria da capacidade de diagnóstico. Também existe um grande número de pessoas com outros tipos de sensibilidade ao glúten (Xu et al., 2020).

¹ Valéria Aparecida Vieira Queiroz, Nutricionista, Doutora em Produção Vegetal, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo; Cícero Beserra de Menezes, Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Carlos Wanderley Piller de Carvalho, Engenheiro Agrônomo, doutor em Ciência dos Alimentos, Pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos; Melicia Cintia Galdeano, Farmacêutica-Bioquímica, Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos; Vanessa Dias Capriles, Nutricionista, Doutora em Nutrição e Saúde Pública, Professora da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP; Fernanda Cristina Esteves de Oliveira, Nutricionista, Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Professora da UNA Sete Lagoas.

Nesse sentido, tem sido observada uma demanda crescente por produtos *gluten free*, cujo mercado global foi estimado em US\$ 5,6 bilhões em 2020 e deve chegar a US\$ 8,3 bilhões em 2025 (Gluten-free..., 2021). No entanto, os produtos isentos de glúten mais comumente disponíveis são feitos com farinhas refinadas, principalmente farinha de arroz e amidos, que são ricos em carboidratos, mas pobres em fibras, proteínas (Fry et al., 2018) e compostos bioativos. Assim, a utilização de ingredientes mais nutritivos e funcionais na formulação de alimentos sem glúten é necessária para melhorar seu valor nutricional e a segurança alimentar e nutricional dessas pessoas.

Além disso, atualmente, tem-se recomendado cada vez mais o aumento do consumo de produtos derivados de grãos integrais, por seu papel na redução do risco de doenças crônicas degenerativas. Vários estudos epidemiológicos têm mostrado que a ingestão de cereais integrais está associada à redução da incidência de diabetes, doenças cardiovasculares e determinados tipos de cânceres (Slavin et al., 2013; McRae, 2017).

Nesse contexto, o sorgo, além de ser uma cultura altamente sustentável e de baixo custo de produção, apresenta grãos livres de glúten, com sabor suave e altos teores de compostos bioativos (Awika; Rooney, 2004; Dykes et al., 2005; Rooney; Awika, 2005; Ratnavathi; Patil, 2013), sendo uma alternativa bastante viável para atender a essa demanda crescente e irreversível de mercado. Os grãos de sorgo possuem concentrações de compostos bioativos, promotores da saúde, superiores à maioria dos cereais (Awika et al., 2005; Girard; Awika, 2018). Muitos desses compostos são capazes de eliminar radicais livres e de modular diversas vias de sinalização relevantes para a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) (Girard; Awika, 2018), como a obesidade e a inflamação (Barros et al., 2012; Arbex et al., 2018), a esteatose hepática (Sousa et al., 2018), o câncer (Awika et al., 2009; Yang et al., 2009) e as doenças cardiovasculares (Carr et al., 2005) e o diabetes (Lakshmi; Vimala, 1996). Assim, pode-se inferir ao sorgo não apenas um grande potencial para ser usado como ingrediente na produção de alimentos isentos de glúten, mas também na produção de alimentos funcionais.

Fontes alternativas de farinhas 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 às proteínas do glúten (gliadina e glutenina). Frente a esta nova demanda mundial, além das fari-

nhas, diversos produtos à base de sorgo têm sido desenvolvidos e avaliados, como produtos de panificação e confeitaria, massas alimentícias, snacks, torrilhas e bebidas (Aboubacar et al., 2006; Kayodé et al., 2007; Schober et al., 2007; Yousif et al., 2012; Devi et al., 2013; Winger et al., 2014). Vislumbrando a oportunidade de explorar esses benefícios do sorgo, a Embrapa Milho e Sorgo iniciou, em 2008, uma linha de pesquisa relacionada ao uso do cereal na alimentação humana no Brasil e, em parceria com o CTAA e diversas universidades (UFV, UFMG, UFSJ, UnB, Unifesp e Unicamp), liderou os projetos SEG 02.10.06.005.00.00 (2011-2014), SEG 03.15.05.001.00.00 (2015-2017) e SEG 22.14.13.001.00.00 (2015 a 2020). Foram muitos os resultados alcançados até então, como identificação de genótipos de sorgo com altos teores de nutrientes, de compostos bioativos e capacidade antioxidante (Queiroz et al., 2015; Paiva et al., 2015, 2017; Cardoso et al., 2015a, 2015b; Teixeira et al., 2016, entre outros), desenvolvimento e avaliação nutricional, funcional e sensorial de diversos produtos isentos de glúten à base de farinha de sorgo com e sem taninos (Silva et al., 2016; Anunciação et al., 2017; Henriques et al., 2017; Queiroz et al., 2018; Paiva et al., 2018, 2019; Prado et al., 2017, 2019; Oliveira et al., 2020; entre outros) e avanços no conhecimento, por meio de ensaios *in vitro* e *in vivo* sobre o potencial funcional das farinhas de sorgo na saúde (Moraes et al., 2012; Anunciação et al., 2018, 2019; Arbex et al., 2018; Moraes et al., 2018; Sousa et al., 2018, 2019; Lopes et al., 2018, 2019; entre outros). Esses resultados foram divulgados por meio de artigos, palestras, cursos e reportagens jornalísticas, o que alavancou um aumento da demanda e da oferta, nos últimos anos, por grãos, farinha e produtos à base de sorgo exclusivamente para consumo humano no mercado, o que não ocorria há cerca de cinco anos. Esse fato evidencia a importância dessa linha de pesquisa iniciada no Brasil pela Embrapa.

Nesse contexto, o presente documento tem o objetivo de reunir os principais resultados obtidos nas avaliações sensoriais, nutricionais e funcionais dos produtos sem glúten à base de sorgo integral desenvolvidos, até o momento, nos projetos supracitados. Assim, ele contribui para o atendimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável ODS3 “Saúde e Bem-Estar”. O sorgo é um cereal isento de glúten e possui diversos compostos bioativos, como antocianinas, ácidos fenólicos, amido resistente, entre outros. Esses compostos possuem alta capacidade antioxidante e podem contribuir na promoção da saúde, especialmente de indivíduos com sensibilidade ao glúten.

Produtos sem glúten à base de sorgo integral

Pães e massas alimentícias

Os produtos de panificação, principalmente os fabricados usando farinha de trigo, são largamente consumidos no mundo e têm grande importância tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento (Velázquez et al., 2012; Yousif et al., 2012). Por esta razão, a utilização do sorgo em substituição ao trigo nestes produtos se faz relevante (Hugo et al., 2003; Schober et al., 2005, 2007; Abdelghafor et al., 2011). Entretanto, o uso do sorgo (e dos demais cereais sem glúten) 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 pela 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.

Além dos pães, outro produto bastante demandado pelos portadores de DC é a massa alimentícia isenta de glúten. Nesse tipo de produto, é importante que ocorram maior formação de rede proteica e limitado inchaço do amido, garantindo assim consistência firme e reduzindo liberação de sólidos solúveis na água. Na ausência da rede proteica e elástica do glúten, há comprometimento das características sensoriais das massas alimentícias. Para tentar substituir a farinha de trigo utilizada nesses produtos, geralmente a opção é utilizar um ingrediente ou derivado deste que seja rico em amido, tais como arroz, milho, mandioca, batata e feijão (Mirhosseini et al., 2015; Larrosa et al., 2013; Giuberti et al., 2015). Porém, a utilização de ingredientes ricos em amido não consegue suprir todas as características do glúten. Assim, geralmente se utiliza adição de outras proteínas, gomas, emulsificantes, dentre outros recursos, para tentar suprir as características perdidas pela remoção do glúten e pelo maior teor de amido presente nesses produtos (Marti; Pagani, 2013).

Para avaliar o potencial do sorgo na panificação sem glúten, a equipe da Profa. Dra. Vanessa Dias Capriles, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp, Campus Baixada Santista-SP), em parceria com a Embrapa Milho e

Sorgo, utilizou um planejamento experimental de misturas de farinha integral de sorgo e de suas combinações com a farinha de arroz e a fécula de batata e avaliou as propriedades físicas e a aceitabilidade dos pães sem glúten. Os resultados foram surpreendentes, mostrando a viabilidade da utilização da farinha de sorgo isoladamente, ou em combinação com as demais matérias-primas, na obtenção de produtos aceitos (aceitabilidade de aparência, cor, aroma, textura, sabor e global ≥ 7 , em uma escala hedônica híbrida de 10 cm). A técnica de otimização, função de desejabilidade global, mostrou que a formulação elaborada com 67% de farinha de sorgo, resulta no pão com maior aceitabilidade, com escores em torno de 8 para todos os parâmetros observados (Figura 1).

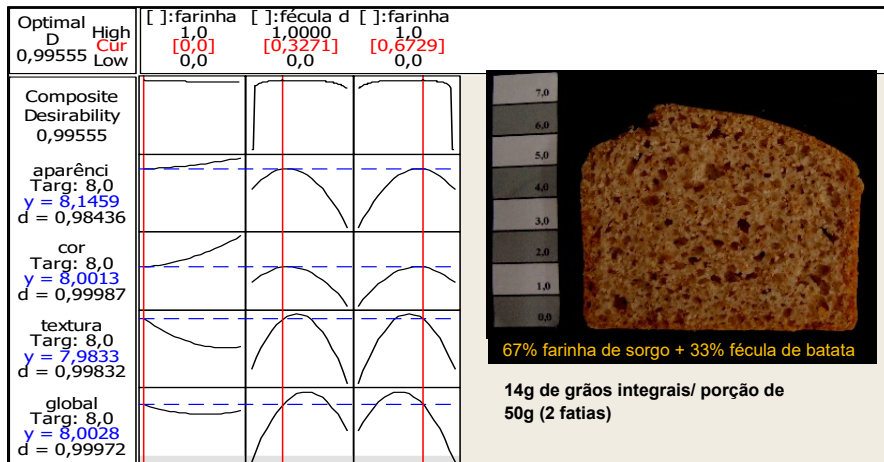


Figura 1. Função de desejabilidade da aceitabilidade de pães sem glúten segundo os níveis de farinha de arroz (x1), fécula de batata (x2) e farinha de sorgo integral (x3) na mistura.

Este novo produto pode ser considerado um pão integral e sem glúten que oferece 14 g de grãos integrais na porção (50 g), característica distinta dos que estão atualmente disponíveis no mercado brasileiro e global de pães sem glúten (Santos et al., 2019; Capriles et al., 2020). Este estudo mostra o grande potencial do sorgo na elaboração de pães integrais e sem glúten, com boa aceitação, podendo atender a demanda dos celíacos brasileiros por pães com melhores características sensoriais, sobretudo de sabor e textura, e de composição nutricional (Alencar et al., 2021).

Em parceria da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ/Campus Sete Lagoas) e Embrapa Milho e Sorgo, Sousa et al. (2016) desenvolveram quatro formulações de pães sem glúten com farinhas de sorgo dos genótipos BR 501, CMS S0 05 e MR732 X SEPON 82, de pericarpos brancos sem taninos, e com farinha do híbrido BRS 305, de pericarpo marrom com taninos, e avaliaram suas características tecnológicas (volume específico e firmeza). Observaram-se diferenças entre o produto obtido com a farinha BRS 305 e os demais para as características avaliadas. O volume específico foi menor (1,25 mL.g⁻¹) para o pão feito com o BRS 305, sendo que os demais apresentaram valores entre 1,56 e 1,66 mL.g⁻¹. Já a firmeza foi maior para o produto da BRS 305 em relação aos demais. As diferenças observadas nos pães da variedade BRS 305 (mais firmes e menores) estão, provavelmente, associadas ao maior teor de taninos dessa cultivar, que pode ter complexado com o amido, reduzindo sua biodisponibilidade e interação com os demais ingredientes da massa. Portanto, de acordo com esse estudo, farinhas de sorgo sem taninos devem ser preferidas para produção de pães sem glúten de melhor qualidade tecnológica.

O grupo de pesquisas coordenado pela Profa. Livia Pinelli da Universidade de Brasília (UnB), em parceria com a Embrapa Milho e Sorgo, também desenvolveu pães e massas alimentícias isentos de glúten, à base de farinhas de diferentes genótipos de sorgo, e avaliou suas características tecnológicas, nutricionais, sensoriais e antioxidantes. As formulações foram desenvolvidas a partir dos genótipos de sorgo BRS 305 e 116748 (com taninos, pericarpo marrom), BRS 330 e BRS 332 (sem taninos, pericarpo bronze) e CMSXS180 (sem taninos, pericarpo branco) e comparadas com uma farinha de sorgo comercial. Foram realizadas análises de umidade, cinzas, proteína, lipídeos, fibra solúvel e insolúvel, amido resistente e amido solúvel, teor de amilose, fenólicos totais, taninos totais e atividade antioxidante por DPPH (IC₅₀) e FRAP, tanto nas farinhas quanto nos produtos elaborados. Foram também avaliados o volume específico, a dureza, a textura e a aceitação dos pães. Todas as características foram correlacionadas para identificar os direcionadores da aceitação. O estudo foi realizado em duas etapas: na primeira, foram produzidos os pães sem glúten, e na segunda, as massas alimentícias.

Observou-se que as amostras de pães provenientes dos genótipos BRS 305 e 116748 apresentaram maiores teores de compostos fenólicos (1493 e 469

mg/100 g MF, respectivamente) e taninos (609,9 e 188 mg de proantocianidina/100 g MF, respectivamente), além de maior concentração de amido resistente (3,8 e 2,4 g/100 g MF, respectivamente), representando um potencial interessante para a formulação de massas sem glúten do ponto de vista nutricional. Os pães de sorgo vermelho BRS 332 apresentaram maior aceitação. Proteínas, carboidratos e amido solúvel foram direcionadores de aceitação, assim, os teores desses componentes podem ser ajustados para melhorar as formulações de pães de sorgo com alto teor de antioxidantes.

No caso das massas alimentícias, também foram avaliadas as propriedades de cocção, textura, aceitação sensorial e avaliação descritiva por análise descritiva de classificação (RDA) das seis massas de sorgo. A análise fatorial múltipla foi realizada para compreender possíveis associações entre as variáveis de composição e qualidade. As massas preparadas com sorgo marrom com taninos BRS 305 e 116748 apresentaram os melhores resultados para capacidade antioxidante, amido resistente, compostos fenólicos totais, taninos, índice de absorção de água e maior perda de sólidos solúveis. O volume da massa não apresentou diferença estatística significativa entre as formulações. Para aceitação, as amostras de massa alimentícia comercial obtiveram o melhor percentual de impressão global (56%) e a amostra BRS 305 obteve para os demais atributos: aroma 15%, sabor 57% e cor 48%. A cor branca da massa de sorgo CMSXS180 foi semelhante àquela confeccionada com farinha comercial de sorgo. A superfície arenosa foi menor para a farinha comercial de sorgo, provavelmente por causa de sua granulometria, com menor tamanho de partículas de farinha. Esses resultados mostraram que os taninos não influenciaram negativamente no sabor das massas, tampouco a coloração marrom do pericarpo sobre a cor do produto. A partir dos dados obtidos pode-se perceber que o sorgo é rico nutricionalmente, principalmente as variedades marrons com tanino, e que deve ser priorizado para o desenvolvimento de alimentos. Para a utilização das massas à base de sorgo, outras formulações são necessárias para melhorar a aceitação, e a análise sensorial deverá ser aplicada especialmente com o grupo-alvo de indivíduos consumidores de alimentos sem glúten.

Em parceria entre a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Embrapa Milho e Sorgo, Paiva et al. (2019) também 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 (Figura 2). As massas foram produzidas pela Empresa Tivva Alimentos, com farinha de sorgo da cultivar BR 506 (pericarpo cinza, com taninos), enviada pela Embrapa Milho e Sorgo, e com farinha de milho usualmente utilizada pela empresa em seus produtos. O produto elaborado com 100% de farinha de sorgo apresentou conteúdos significativamente mais altos de proteína, lipídeos, cinzas, fibra alimentar 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 da farinha de sorgo na produção de massas alimentícias destinados a este público com restrição ao glúten, bem como aos indivíduos interessados em uma alimentação mais saudável, rica em componentes bioativos.

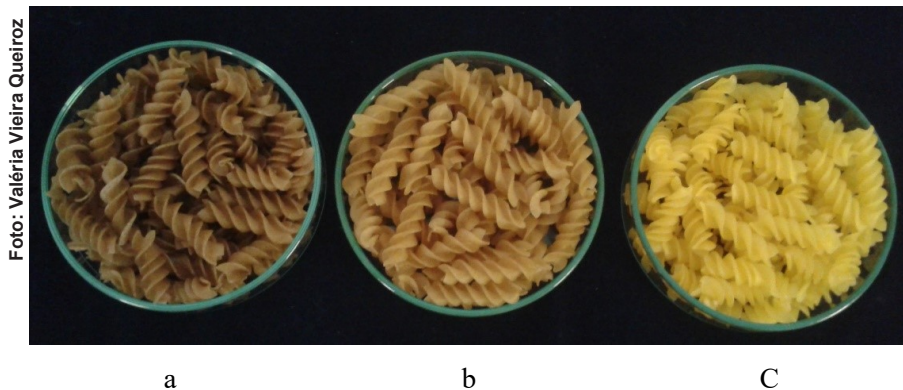


Figura 2. Macarrão com 100% de farinha de sorgo (a), com 50% de farinha de sorgo e 50% de farinha de milho (b) e com 100% de farinha de milho (c).

Em outros países, a farinha de trigo também tem sido substituída pelas farinhas de sorgo provenientes de grãos integrais e de grãos decortados no preparo de pães e de massas alimentícias. Abdelghafor et al. (2011) observaram que um nível de substituição de 20% resultou em pão francês com menor volume específico e pão tipo sírio com menor circunferência. A aceitação destes 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 do que o formulado 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 de sorgo melhorou o volume, o peso e a firmeza do miolo de pães. 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).

Liu et al. (2012) obtiveram macarrão instantâneo de boa qualidade com farinhas de sorgo mais finas e uma 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 da 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.

Produtos extrudados

Há um grande interesse no desenvolvimento de produtos extrudados, 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 agregando valor nutritivo tem sido alvo da indústria e da pesquisa com alimentos (Devi et al., 2013).

Entre as tecnologias utilizadas para a produção de alimentos à base de sorgo, a extrusão termoplástica se destaca por ser um processo de cozimento contínuo, versátil, de alta produtividade e baixo custo em relação a processos convencionais e, principalmente, por não gerar efluentes. É uma tecnologia em que o alimento é exposto simultaneamente a cisalhamento mecânico, pressão e temperatura, resultando em produtos com formas e texturas variadas e com baixa perda de nutrientes. Tem sido utilizada para produzir uma ampla gama de produtos que vão desde as massas alimentícias pré-cozidas, expandidos (snacks) e cereais matinais (expandidos ou flocados) até as farinhas modificadas, proteínas texturizadas, sopas e bebidas de preparo rápido e alimentos infantis.

Nesse sentido, visando ampliar a oferta de produtos à base de sorgo para alimentação humana, a Embrapa Agroindústria de Alimentos (Rio de Janeiro-RJ), em parceria com a Embrapa Milho e Sorgo, desenvolveu ao longo da vigência de projetos produtos extrudados à base de sorgo. Inicialmente, Vargas-Solórzano et al. (2014) avaliaram extrudados 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, produziu extrudados com menor índice de expansão seccional. Entretanto, extrudados de baixa expansão seccional conferiram boas propriedades de extensibilidade durante o desenvolvimento da massa, que pode ser utilizada no desenvolvimento de biscoitos e *wafers* com elevada qualidade nutricional. Por outro lado, foi obtida máxima expansão seccional com o extrudado de sorgo de pericarpo vermelho (BRS 310), de baixo conteúdo de fibra alimentar

e taninos, que se expandiu similarmente ao extrudado de pericarpo branco. Estes genótipos de sorgo têm potencial na formulação de bebidas instantâneas, por causa da sua difusão em água, em temperatura ambiente.

Dando continuidade a esse trabalho, com inovação incremental, especialmente no que tange à busca por saudabilidade, foram desenvolvidos novos produtos extrudados, como cereais matinais, farinha pré-cozida e bebidas, os quais estão detalhados a seguir.

Cereais matinais

Foram desenvolvidos, em escalas-piloto e industrial (Figura 3), cereais matinais isentos de glúten, com elevado teor de fibras e de compostos bioativos, à base de farinhas de sorgo integral adicionadas de 10% de açúcar e sem adição de conservantes.

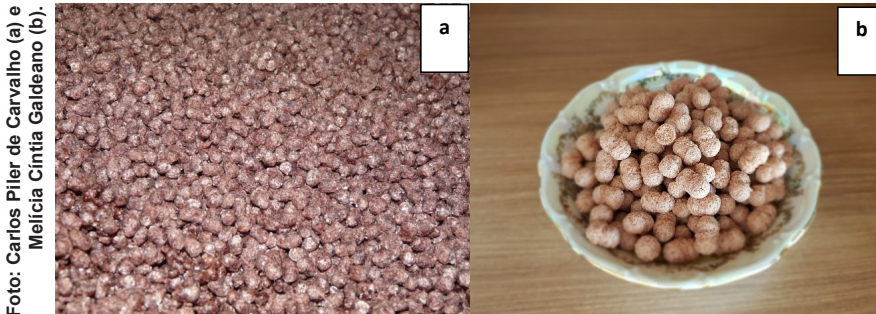


Foto: Carlos Piler de Carvalho (a) e Melícia Cintia Galdeano (b).

Figura 3. Cereais matinais à base de farinha integral de sorgo. (a) escala-piloto e (b) escala industrial.

Nos testes-piloto, foram estudadas misturas de seis genótipos de sorgo, dois deles com taninos e quatro sem esse elemento. Os ensaios de avaliação de qualidade mostraram que a mistura 1:1 dos genótipos BRS 373 (pericarpo vermelho e sem taninos) e BRS 305 (pericarpo marrom e com taninos) resultou em um balanço adequado entre melhor avaliação sensorial e boa capacidade antioxidante. Essa mistura apresentou 4,30 mg/100 g de taninos condensados. Para o teste industrial, o cereal matinal foi obtido a partir das mesmas cultivares de sorgo (BRS 305 e BRS 373), misturadas na mesma proporção 1:1 e nas condições de processamento citadas anteriormente.

Os cereais matinais integrais de sorgo apresentaram 9,55% de proteína, 2,63% de lipídeo e considerável teor de fibra alimentar total (13,04%). Os produtos extrudados obtidos em escala-piloto apresentaram teores de fenólicos totais de 164,43 mg equivalente de ácido gálico /100 g e atividade antioxidante por DPPH e por ABTS de 8,65 e 9,58 $\mu\text{mol Trolox/g}$, respectivamente. No caso dos produtos obtidos industrialmente, o teor de fenólicos totais do cereal matinal foi de 246,05 mg equivalente de ácido gálico/100 g, e os valores de capacidade antioxidante foram de 13,41 e 16,53 mmol Trolox/g para DPPH e ABTS, respectivamente. O processamento industrial resultou em redução de cerca de 66% dos níveis de fenólicos totais e 70% da atividade antioxidante em relação ao sorgo antes do processamento (dados não mostrados). Apesar dessa redução, ocasionada pelo processamento térmico, os cereais matinais de sorgo, em ambas as escalas de produção, ainda podem aportar uma quantidade importante de compostos bioativos na dieta, em razão da alta concentração desses, especialmente em cultivares melhoradas para esse fim.

O uso da extrusão termoplástica melhorou a digestibilidade proteica do sorgo. A mistura crua das farinhas de sorgo adicionada de açúcar (matéria-prima) apresentou teor de proteínas solúveis de 2,73%, e o valor médio no cereal matinal produzido industrialmente foi de 3,03%, o que significa que o processamento por extrusão aumentou a digestibilidade proteica do cereal em aproximadamente 11%.

Os índices de absorção de água (IAA) dos produtos obtidos nas escalas-piloto e industrial foram de 4,06 e 4,62 g de água/g de amostra, respectivamente, sendo que o IAA foi menor que os valores obtidos para cereais matinais comerciais (5,43 a 6,23 g água/g amostra) (Puppala, 1998). Altos valores de IAA resultam em produtos que se encharcam rapidamente e se tornam amolecidos e pegajosos quando imersos em líquidos, característica desagradável do ponto de vista sensorial. Os índices de solubilidade em água (ISA) dos cereais matinais obtido em escala-piloto foram de 23,37% e de 17,17% para os produtos obtidos industrialmente. Altos valores de ISA têm relação direta com a diminuição do tempo de tigela do cereal matinal.

O tempo de tigela dos cereais matinais, que corresponde ao tempo em que o produto perde metade de sua crocância quando imerso em meio líquido, mas ainda se mostra adequado sensorialmente para o consumo, foi de 4,05 min e

5,74 min para os cereais produzidos em escala-piloto e em escala industrial, respectivamente. O tempo médio de consumo de um cereal matinal imerso em meio líquido é de cerca de 5 minutos. Produto com tempo de tigela menor que 5 minutos pode se tornar encharcado e pegajoso (características indesejáveis) antes de finalizado seu consumo (Puppala, 1998).

Os cereais matinais à base de sorgo tiveram nota de aceitação sensorial de 5,9 (escala-piloto) e 6,6 (escala industrial), mostrando boa aceitação pelos consumidores (nota maior que 5,5). O índice de aceitação do produto produzido industrialmente foi de 73%. Para o produto obtido em escala-piloto, foi realizado o teste sensorial CATA (*Check All That Apply*), que mostrou que os produtos foram relacionados com atributos gosto doce, aroma doce, sabor agradável e formato de bolinha.

Farinha pré-cozida integral de sorgo

As farinhas integrais pré-cozidas foram obtidas de variados genótipos de grãos de sorgo utilizando dois tipos de extrusoras, resultando em farinhas pré-cozidas de propriedades distintas, sendo medida a viscosidade aparente que proporciona melhor caracterização das variadas funcionalidades. Os resultados obtidos na extrusora termoplástica de duplo parafuso modelo Evolum HT 25 (Cletral, Firminy, França) serão apresentados neste tópico.

A farinha pré-cozida integral possui baixa densidade aparente e pronta absorção de água em temperatura ambiente. Como se trata de um produto pré-cozido, pode ser usado em preparações rápidas. A sua coloração pode variar de creme a marrom, de acordo com a cor do pericarpo do grão de sorgo. A farinha pode ser consumida na forma de mingau, creme, como espessante em sopas e até em bebidas, dependendo da proporção entre sólido e líquido. É um produto destinado ao público em geral e pode também ser consumido por indivíduos portadores da doença celíaca.

Este produto se diferencia dos produtos convencionais elaborados com cereais refinados, como trigo, arroz e milho, por usar o grão integral, mantendo-se as características nutricionais do grão inteiro (pericarpo e germe são conservados), e por estar pronto para preparações alimentícias sem a necessidade de mais cozimento. A farinha é estável à oxidação lipídica em condi-

ção ambiente por longo período de armazenamento, visto que as enzimas lipolíticas foram inativadas durante a extrusão.

Observou-se a redução do perfil de viscosidade de pastas das farinhas processadas por extrusão em comparação com a farinha crua, sendo a primeira cerca de 10 vezes menos espessa que a segunda. Observou-se considerável efeito da extrusão em modificar o amido de forma que ele possua capacidade de absorver água em temperatura ambiente e agir como agente espessante, aspecto interessante na elaboração de cremes ou sopas prontas para o consumo. Os diferentes perfis de viscosidade observados na farinha crua ou pré-cozida confirmam o rompimento dos grânulos de amido em fragmentos menores durante o processo de extrusão com reduzida capacidade de inchamento, uma vez que a viscosidade aparente em produtos amiláceos, como é o caso do sorgo, é devida principalmente ao amido.

Bebida integral de sorgo

Achocolatado em pó é um produto muito consumido por brasileiros e, por isso, uma excelente forma de divulgar e promover a inserção do sorgo na nossa alimentação. Além disso, a adição de cereais a produtos achocolatados é uma forma de aumentar o valor nutricional do produto e vem se tornando uma prática cada vez mais frequente da indústria. Nesse contexto, foram desenvolvidas bebidas achocolatadas instantâneas, isentas de glúten, a partir da farinha pré-cozida integral de sorgo, que atendem aos requisitos de conveniência e fácil preparo. Para inserir a farinha de sorgo integral no achocolatado, esta deve estar na forma de farinha pré-cozida pronta para o consumo. A baixa viscosidade de retrogração das farinhas pré-cozidas de sorgo permite sua adição em condições de refrigeração sem considerável aumento de viscosidade.

Os estudos mostraram, assim como ocorreu na produção de cereal matinal, que a mistura 1:1 dos genótipos de sorgo BRS305 (com tanino) e BRS373 (genótipo sem tanino) resultou em um produto com melhor combinação de sabor e maior capacidade antioxidante. A molhabilidade é uma das características mais importantes nos achocolatados em pó. Deve ser rápida e o mais homogênea possível, sem ocorrência de grumos. Considerando este aspecto, testaram-se coadjuvantes para auxiliar a dissolução do achocolato

em pó contendo farinha pré-cozida integral de sorgo. Foram avaliadas oito formulações de achocolatado com variado teor de farinha integral pré-cozida de sorgo (0% a 40%), maltodextrina (0% a 25%) e açúcar (49% a 80%), mantendo-se constante o teor de cacau em pó (17,5%), lecitina (1,5%) e aroma de chocolate (1%). Baseado nas notas de aceitação sensorial e no teor de fibra alimentar, a formulação com 25% de farinha integral pré-cozida de sorgo, 75% de açúcar e 0% de maltodextrina foi considerada a melhor.

Queiroz et al. (2018) também desenvolveram dois formulados em pó hidrossolúveis sem glúten à base de farinhas extrudadas de sorgos com taninos (PDT-3670) e sem taninos (PDTF-7064), para uso como bebida tipo shake em dietas de restrição calórica (Figura 4). 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 à aparência geral e maior intenção de compra 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 g - 9,1 g/100g) e podem ser fontes de proteínas (18,5 g/100g). 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 (Barros et al., 2012).

Foto: Valéria Vieira Queiroz



Figura 4. Bebida tipo shake à base de farinha extrudada de sorgo.

Biscoitos tipo cookies e bolos

Biscoitos tipo cookies foram desenvolvidos e produzidos na Embrapa Milho e Sorgo usando misturas compostas de farinha de sorgo integral e amido de milho (50% de cada) e saborizadas com amendoim (Figura 5). A aceitabilidade sensorial da formulação foi avaliada por 105 consumidores quanto aos atributos aroma, cor, sabor e textura (Gonçalves et al., 2010). Os resultados mostraram que os cookies foram aceitos pelos consumidores em todos os atributos avaliados. Aroma, sabor e textura obtiveram médias de aceitação localizadas entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito”, enquanto o atributo cor obteve média de aceitação localizada entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Os autores ressaltaram que a cor do biscoito é característica da farinha de sorgo, remetendo a produtos integrais e que deve ser trabalhada no sentido de aumentar sua aceitação sensorial. Estes resultados evidenciam que o sorgo é uma excelente alternativa para alimentação humana e que o produto desenvolvido possui potencial de mercado.

Foto: Valéria Vieira Queiroz



Figura 5. Cookies de farinha integral de sorgo com amendoim.

Foram também produzidos e avaliados cookies sem glúten, à base de farinha de sorgo integral crua ou extrudada, adicionados ou não de farinha de batata-doce biofortificada em carotenoides, em estudo conduzido pelo Departamento de Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (Infante et al., 2017; Gomes et al., 2017). Os grãos de sorgo foram fornecidos pela Embrapa Milho e Sorgo, e a farinha extrudada, pela Embrapa Agroindústria de Alimentos. Foram realizadas avaliações químicas, da biodisponibilidade proteica e da aceitabilidade dos produtos. Os cookies enriquecidos com batata-doce apresentaram a maior aceitação, bem como qualidade nutricional, e foram usados para medir a biodisponibilidade de ferro em ensaio com ratos. Os carotenoides da batata-doce melhoraram a qualidade nutricional e sensorial dos cookies, mostrando potencial como alimento funcional para reduzir o risco de anemia por deficiência de ferro. Os produtos foram classificados como fonte de proteínas e de fibra alimentar segundo a legislação brasileira e apresentaram uma boa aceitação sensorial. O processo de extrusão reduziu a concentração de fibra alimentar, mas também redu-

ziu os teores de fitato e a razão molar fitato/ferro nos cookies, promovendo um melhor aproveitamento desse mineral pelo organismo.

Em parceria com a Embrapa Milho e Sorgo, Soares et al. (2019) desenvolveram, no Departamento de Engenharia de Alimentos da UFV, cookies e pastéis (massa cozida e frita) sem glúten usando farinha de sorgo rica em tanino e avaliaram a digestibilidade do amido *in vitro* e a aceitabilidade sensorial de ambos os produtos. Os conteúdos de amido de digestão rápida, amido de digestão lenta, e amido resistente foram determinados. A aceitação sensorial foi avaliada em duas sessões: uma sem informações sobre os benefícios do sorgo para a saúde humana e outra onde esta informação foi apresentada. Os teores de amido resistente e de amido de digestão lenta dos cookies (5,07% e 16,22%, respectivamente) foram cerca de duas vezes os dos pastéis (2,54% e 8,89%, respectivamente), enquanto o oposto foi observado para os teores de amido de digestão rápida (9,89% e 19,65%, respectivamente). A análise sensorial mostrou que tanto os cookies quanto os pastéis foram aceitos com um aumento significativo nas médias das notas após a divulgação das informações sobre os benefícios do sorgo. Portanto, cookies sem glúten e pastéis preparados com farinha de sorgo com tanino têm um grande potencial comercial, demonstrado pela boa aceitação sensorial e pelo maior teor de amido de digestão lenta e de amido resistente desses produtos.

Queiroz et al. (2010) desenvolveram e avaliaram a aceitação sensorial de um bolo de banana, sem glúten, elaborado a partir da farinha integral de sorgo (Figura 6). O bolo foi produzido na Embrapa Milho e Sorgo, a partir de uma receita caseira, substituindo totalmente a farinha de trigo por farinha de grãos integrais de sorgo da cultivar BRS 310 e adicionando polpa de banana. As avaliações sensoriais (aroma, cor, sabor e textura) foram realizadas por 83 consumidores, usando escala hedônica estruturada de nove pontos. As médias de aceitação mostraram que o produto foi aceito pelos consumidores em todos os atributos avaliados. Aroma, sabor e textura obtiveram médias de aceitação localizadas entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito”, enquanto o atributo cor obteve médias de aceitação localizadas entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. As notas ficaram dentro da faixa de aceitação, e os autores ressaltaram que a cor apresentada pelo bolo de sorgo é característica de produtos integrais. Desta

forma, o sorgo apresentou-se como excelente alternativa para alimentação humana na formulação de alimentos integrais e para celíacos.



Foto: Marina Torres

Figura 6. Bolo de farinha integral de sorgo e banana.

A aceitabilidade de três bolos dietéticos de formulações idênticas, feitos com farinha de sorgo (sem glúten), farinha de arroz (sem glúten) e farinha de trigo (com glúten), foi testada (Silva et al., 2016) em uma parceria entre UFMG e Embrapa Milho e Sorgo. O bolo à base de sorgo foi significativamente preferido em relação ao de trigo em vários atributos e igualmente aceito em relação ao produto de arroz, com exceção da aparência do bolo de sorgo, que foi considerada melhor. A impressão global do produto de sorgo obteve índice de aceitabilidade de cerca de 80%.

Snacks e doces

As barras de cereais são produtos associados à alimentação saudável e apresentam 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 (Figura 7). A aceitação do produto foi avaliada em Londrina-PR e no Rio de Janeiro-RJ. 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 aos produtos sem aditivos, encontrados no mercado (Paiva et al., 2012). Posteriormente, outra barra de cereais foi desenvolvida com pipoca de sorgo e extrudados 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 produtos de sorgo podem ser utilizados com sucesso na formulação de barras de cereais sem glúten.

Foto: Guilherme Vianna.



Figura 7. Barra de cereais com pipoca de sorgo.

Churros sem glúten foram desenvolvidos com farinhas integrais das cultivares de sorgo BR 501, com pericarpo branco e sem taninos, e BRS 305, com pericarpo marrom e com tanino (Queiroz et al., 2020) (Figura 8). Ambos os produtos apresentaram alta aceitação sensorial, com médias para os atributos cor, aroma, textura e impressão geral entre 7,8 e 8,7 (BR 501) e entre 8,0 e 8,8 (BRS 305). Também foi obtido alto índice de aceitabilidade quanto à aparência global (94,5% e 97,3%). Os churros apresentaram composição centesimal semelhante entre si e altos conteúdos de fibra alimentar. O conteúdo de compostos fenólicos foi cerca de três vezes, e a atividade antioxidante, cerca de 20 vezes maior no BRS 305 do que no BR 501.

Foto: Valéria Vieira Queiroz



a



b

Figura 8. Churros de farinha de sorgo sem taninos (a) e com taninos (b).

Silva et al. (2015) desenvolveram um sorvete sabor iogurte adicionado de farinha integral de sorgo da cultivar BRS 310 (pericarpo marrom, sem taninos). Os resultados das análises físico-químicas apresentaram-se dentro do padrão de identidade e qualidade estabelecida pela legislação de gelados comestíveis. A análise sensorial evidenciou que os consumidores aprovaram a inserção da farinha integral de sorgo no sorvete, com aceitação entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, mostrando potencial de mercado. Desta forma, a elaboração de sorvete adicionado de farinha de sorgo é uma alternativa viável e interessante para as pessoas que buscam alimentação mais saudável, consumindo alimentos mais nutritivos, saborosos e diferenciados.

Produtos lácteos

A combinação de cereais em matrizes de base láctea, como os iogurtes, contribui ainda mais para o aumento da qualidade nutricional, constituindo uma possibilidade de desenvolvimento de um produto diferenciado. Nesse sentido, Prado et al. (2017) avaliaram o perfil dos antioxidantes presentes em iogurtes tradicionais adicionados de farinhas integrais de sorgo de duas diferentes cultivares, BRS 305 (pericarpo marrom com taninos) e BR 501 (pericarpo branco sem taninos), e de um iogurte sem adição de farinha de sorgo (controle). Observou-se que o iogurte com adição da farinha BRS 305 apresentou maiores teores de compostos fenólicos e capacidade antioxidante em relação aos demais, e o iogurte adicionado da farinha BR 501 foi superior ao controle. Os autores concluíram que a adição de farinha de sorgo, tanto do BRS 305 quanto do BR 501, nas formulações de iogurte tradicional contribui para o aumento de propriedades antioxidantes nesse derivado do leite, agregando maior valor nutricional e, possivelmente, aumentando o tempo de prateleira do produto.

Oliveira et al. (2020) elaboraram cinco formulações de iogurte grego com adição de 2% e de 4% de farinha de sorgo com (BRS 305) e sem taninos (BR 501) e as compararam com um controle (sem farinha de sorgo). A formulação 4% BRS 305 apresentou maior valor de atividade antioxidante que as demais, mas menor aceitação sensorial. Nenhuma diferença foi observada para aceitabilidade global entre o controle e os produtos contendo 2% e 4%

da farinha BR 501, sendo possível concluir que a adição de farinha de sorgo BRS 305 melhorou as propriedades antioxidantes dos iogurtes e a adição de farinha BR 501 não interferiu na aceitação sensorial. A semelhança da aceitação do iogurte BR 501 com o controle abre perspectivas para a inserção do sorgo na alimentação humana, utilizando laticínios como matrizes e agregando funcionalidade a esse tipo de produto.

O mercado queijeiro mundial vem crescendo a cada ano, e com isso aumenta-se a necessidade do desenvolvimento de derivados que atendam às novas expectativas dos consumidores, ou seja, alimentos não somente mais saborosos, mas também saudáveis e nutritivos. Dentre a diversidade de produtos que surgiram nos últimos anos no mercado lácteo brasileiro, destacam-se os cremes de queijo, que são alimentos de coloração branco-amarelada, frescos e com alta espalhabilidade. A estes podem ser adicionadas ervas finas e/ou cereais, entre outros, buscando melhorias das propriedades sensoriais e nutricionais. Entre as pesquisas realizadas com o sorgo, foi avaliada a adição de farinha integral de sorgo crua ou extrusada do genótipo BRS 305 em diferentes formulações de cremes de queijo (Correia, 2020). Os resultados mostraram que a adição da farinha de sorgo contribuiu para o aumento do aporte de proteínas nos cremes de queijo desenvolvidos, e para a elaboração de produtos mais firmes e com maior conteúdo de antioxidantes. Em termos sensoriais, as formulações desenvolvidas com farinha integral crua obtiveram os melhores resultados para os parâmetros sabor e impressão global, sendo todos os produtos bem avaliados quanto à intenção de compra no mercado.

Portanto, a adição de farinha de sorgo em iogurtes e cremes de queijo mostra o potencial de uso desse cereal em produtos lácteos.

Produtos cárneos

A percepção atual dos consumidores a respeito do que seja uma alimentação saudável está vinculada à imagem de produtos diferenciados com reduzido teor de sódio, gordura, colesterol, antioxidantes sintéticos, e que também sejam fontes de fibras alimentares e proteínas de alto valor biológico (Santhi; Kalaikannan, 2014). No entanto, no caso dos alimentos cárneos processados, existem evidências associando o aumento no seu consumo e o desenvolvimento de várias doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como

obesidade, diabetes mellitus, hipertensão arterial, doenças cardiovasculares e cânceres (Abete et al., 2014; Claro et al., 2015).

Do ponto de vista tecnológico e sensorial, o desenvolvimento de produtos cárneos processados, principalmente com baixo teor de sódio e gordura é um grande desafio para a indústria de alimentos. Em geral, a redução de sódio acarreta um menor tempo de conservação e diminui a palatabilidade dos alimentos (Liem et al., 2011). Além disso, a redução de gordura abaixo de 15% acarreta o aumento na proporção de carne nas formulações e, como consequência, uma elevação nos custos finais (Brewer, 2012), implicando também a redução da retenção de água e do rendimento e o aumento da força de cisalhamento, acarretando perda de maciez, suculência, sabor, aroma e alterações de cor, diminuindo, assim, a aceitabilidade do produto pelo consumidor (Choi et al., 2014; Prestes et al., 2015).

Dessa forma, pesquisadores em conjunto com a indústria de alimentos têm sido encorajados a criar soluções tecnológicas para estes problemas (Brewer, 2012; Desmond, 2006). Neste contexto, o sorgo e alguns de seus genótipos, como cereais fontes de fibra alimentar e fontes de vários compostos bioativos com ação antioxidante, podem ser opção viável para inclusão neste grupo de produtos com potencial para promover a saúde humana e reduzir o risco de aparecimentos de várias DCNTs (Awika; Rooney, 2004; Cardoso et al., 2017).

Oliveira et al. (2019) e Alves et al. (2019), ao avaliarem a aceitação e intenção de compra de formulações de hambúrguer bovino com redução de gordura e de sódio (Figura 9), respectivamente, pela adição de farinha integral de sorgo (FIS) do genótipo BRS 305, verificaram resultados promissores. Alves et al. (2019) observaram que as formulações com 3% de FIS e com substituição parcial do sal convencional por sal light (25% e 50%) foram mais bem aceitas e apresentaram maior intenção de compra pelos avaliadores ($p < 0,05$), apesar de ter havido uma redução de aproximadamente 13% e de 26% de sódio, respectivamente, quando comparada ao controle (3% de FIS e sem redução de sódio). Estes resultados demonstram o potencial do sorgo para auxiliar na substituição parcial do sal convencional por sal light em produtos cárneos, assegurando características ao mesmo tempo mais saudáveis e sensorialmente atrativas ao consumidor.

Foto: Luana Martins.



Figura 9. Hambúguer bovino com adição de farinha de sorgo para redução do teor de sódio.

Oliveira et al. (2019), ao fazerem avaliação sensorial e da intenção de compra de hambúrgueres bovinos adicionados de FIS (3%) e com baixo teor de gordura (12%; 9% e 6%), verificaram que a formulação com 12% foi mais aceita e obteve maior escore para intenção de compra ($p < 0,05$). Os autores ressaltam que o maior percentual de gordura (mesmo menor que 15%) foi o fator decisivo na maior aceitação desta entre os avaliadores. Sabe-se que um maior teor de gordura é capaz de proporcionar maior suculência e maciez, cor mais intensa, textura mais firme, maior estabilidade da emulsão contribuem para aroma e sabor mais agradáveis aos produtos cárneos (Brewer, 2012). Resultado semelhante foi reportado por Choi et al. (2014) em estudo onde avaliaram-se salsichas com diferentes teores de gordura (30%, 20%, 15% e 10%) e adicionadas de fibras (0%, 1% e 2%).

Prado et al. (2019) também avaliaram a utilização de 3% de FIS de dois genótipos brasileiros (BRS 305 e BR 501) em substituição da proteína da soja em formulações de hambúrgueres, a fim de se obter uma opção para pessoas alérgicas a esta leguminosa e possibilidade de reduzir custos e agregação de valor nutricional ao produto (fibras alimentares e compostos bioativos). Observou-se maior retenção de umidade e menor perda na cocção e redução do diâmetro nas formulações com adição da FIS quando comparadas às convencionais com proteína de soja. Além disso, vale destacar que as formulações com este cereal, em especial aquela que utilizou o genótipo BRS 305, foram mais bem aceitas e demonstraram maior intenção de compra, indicando um potencial não só tecnológico deste produto processado cárneo, mas também sensorial, nutricional e comercial.

Em outro trabalho foram avaliadas a capacidade antioxidante (CA) e a concentração de fenólicos totais (FT) em hambúrgueres adicionados de 3% farinha integral de sorgo (FIS) do genótipo BRS 305 durante armazenamento sob congelamento. Observou-se que a concentração de FT reduziu após o dia 1 quando comparado aos dias 17 e 34, na formulação com a FIS e no controle (sem adição de FIS) ($p < 0,05$). A CA mostrou um comportamento similar à concentração de FT para a formulação controle, mas na formulação com FIS não foi observada diferença entre o dia 1 e o 17 ($p > 0,05$), somente entre o dia 1 e o 34 ($p < 0,05$), sugerindo uma estabilidade da CA até 17 dias de armazenamento. Portanto, a adição da FIS do genótipo BRS 305 em produtos

cárneos pode ser uma alternativa viável para auxiliar na redução do uso de antioxidantes sintéticos (Valadares et al., 2019).

Estas pesquisas sugerem que o desenvolvimento de produtos cárneos processados com adição de FIS de diferentes genótipos pode aumentar a possibilidade de inclusão deste cereal na alimentação humana, com potenciais benefícios tecnológicos, sensoriais, nutricionais e funcionais.

Considerações finais

O sorgo é uma cultura com futuro promissor por ser mais econômica tanto em demanda de água quanto em custo de produção. Atualmente ainda é subutilizado na alimentação humana na maior parte do globo. Entretanto, descobertas mais recentes a respeito dos diversos compostos bioativos, presentes nos grãos de determinadas cultivares, têm mostrado que o sorgo é fonte potencial desses compostos, que têm importante papel na promoção da saúde humana.

Ao mesmo tempo, por não possuir glúten, o cereal desponta como uma alternativa viável e de baixo custo para substituir o trigo em produtos destinados a celíacos e demais pessoas com outros tipos de sensibilidade ao glúten.

Este trabalho mostrou que existem diversas formas de utilização do sorgo na alimentação humana. Seus grãos integrais podem ser cozidos e utilizados diretamente em saladas, risotos e sopas. Os grãos crus moídos também podem ser extrudados para obter cereais matinais e farinha integral pré-cozida, sendo que esta última pode ser utilizada como ingrediente na produção de pães, biscoitos, massas, salgados entre outros produtos, em substituição parcial ou total da farinha de trigo. A farinha integral e/ou o farelo de sorgo podem, ainda, ser utilizados para enriquecer em fibras e em compostos bioativos diversos alimentos, como os produtos lácteos e os cárneos.

Referências

ABDELGHAFOR, R. F.; MUSTAFA, A. I.; IBRAHIM, A. M. H.; KRISHAN, P. G. Quality of bread from composite flour of sorghum and hard white winter wheat. **Advance Journal of Food Science and Technology**, v. 3, n. 1, p. 150-155, 2011.

ABETE, I.; ROMAGUERA, D.; VIEIRA, A. R.; MUNAIN, A. L. de; NORAT, T. Association between total, processed, red and white meat consumption and all-cause, CVD and IHD mortality: a meta-analysis of cohort studies. **British Journal of Nutrition**, v. 112, n. 5, p. 762-775, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1017/S000711451400124X>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01138.x>.

ALENCAR, N. M. M.; ARAÚJO, V. A. de; FAGGIAN, L.; ARAÚJO, M. B. da S.; CAPRILES, V. D. What about gluten-free products? An insight on celiac consumers' opinions and expectations. **Journal of Sensory Studies**, v. 36, n. 4, e12664, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/joss.12664>.

ALVES, A. C.; FERREIRA, A. A.; QUEIROZ, V. A. V.; NEVES, E. O.; GONÇALVES, A. C. A.; MENEZES, C. B.; OLIVEIRA, F. C. E. de O. Aceitação sensorial e intenção de compra de bifés de hambúrgueres bovinos com redução de sódio e adição de farinha integral de sorgo. In: CONGRESSO NACIONAL DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO, 4., 2019, Ouro Preto. **Anais... Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto**, 2019.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.065>.

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 overweight men: a randomized controlled trial. **Food Research International**, v. 110, p. 693-700, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.048>.

ANUNCIAÇÃO, P. C.; CARDOSO, L. de M.; QUEIROZ, V. A. V.; MENEZES, C. B.de; CARVALHO, C. W. P. de; SANT'ANA, H. M. P.; ALFENAS, R. de C. G. Consumption of a drink containing extruded sorghum reduces glycaemic response of the subsequent meal. **European Journal of Nutrition**, v. 57, p. 251-257, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00394-016-1314-x>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.01.010>.

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. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.04.001>.

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 and Technology**, v. 42, n. 6, p. 1041-1046, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2009.02.003>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf3034539>.

BREWER, M. S. Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: a review. **Meat Science**, v. 91, n. 4, p. 385-395, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.02.024>.

CAPRILES, V. D.; SANTOS, F. G.; AGUIAR, E. V. Innovative gluten-free breadmaking. in trends in wheat and bread making. In: GALANAKIS, C. (ed.). **Trends in wheat and bread making**. London: Academic Press, 2020. p. 371-404.

CARDOSO, L. 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, 2015a. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.117>.

CARDOSO, L. de M.; PINHEIRO, S. S.; CARVALHO, C. W. P. de; QUEIROZ, V. A. V.; MENEZES, C. B. de; MOREIRA, A. V. B.; BARROS, F. A. R. de; AWIKA, J. M.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Phenolic compounds profile in sorghum processed by extrusion cooking and dry heat in a conventional oven. **Journal of Cereal Science**, v. 65, p. 220-226, 2015b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.015>.

CARDOSO, L. de M.; PINHEIRO, S. S.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.): nutrients, bioactive compounds, and potential impact on human health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 2, p. 372-390, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.887057>

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. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/135.9.2236>.

CHOI, M. S.; CHOI, Y. S.; KIM, H. W.; HWANG, K. E.; SONG, D. H.; LEE, S. Y. N.; KIM, C. J. Effects of replacing pork back fat with brewer's spent grain dietary fiber on quality characteristics of reduced-fat chicken sausages. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 34, n. 2, p. 158-165, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.2.158>.

CLARO, R. M.; SANTOS, M. A. S.; OLIVEIRA, T. P.; PEREIRA, C. A.; SZWARCOWALD, C. L.; MALTA, D. C. Consumo de alimentos não saudáveis relacionados a doenças crônicas não transmissíveis no Brasil: Pesquisa

Nacional de Saúde, 2013. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 2, p. 257-265, 2015.

CORREIA, V. T. da V. **Caracterização tecnológica e sensorial de cremes de queijo adicionados de farinhas irradiada ou extrusada de sorgo**. 2020. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

DESMOND, E. Reducing salt: a challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, n. 1, p. 188-196, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.014>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.551865>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf050419e>.

FRY, L.; MADDEN, A. M.; FALLAIZE, R. An investigation into the nutritional composition and cost of gluten-free versus regular food products in the UK. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, v. 31, n. 1, p. 108-120, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/jhn.12502>.

GIUBERTI, G.; GALLO, A.; CERIOLI, C.; FORTUNATI, P.; MASOERO, F. Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. **Food Chemistry**, v. 175, p. 43-49, May 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.127>.

GLUTEN-FREE products market by type (bakery products, snacks & RTE products, condiments & dressings, pizzas & pastas), distribution channel (conventional stores, specialty stores and drugstores & pharmacies), form & region - global forecast to 2025. Disponível em: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/gluten-free-products-market-738.html?gclid=C-jwKCAjw7J6EBhBDEiwA5UUM2qHXzG4ZP-xNkoS1vKsX9ixZ2D5eEtDgpi-T-bErQDDIup7gy-hlqWBoC_TIQAvD_BwE. Acesso em: 28 abr. 2021.

GIRARD, A. L.; AWIKA, J. M. Sorghum polyphenols and other bioactive components as functional and health promoting food ingredients. **Journal of Cereal Science**, v. 84, p. 112-124, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.10.009>.

GOMES, M. J. C.; INFANTE, R. A.; SILVA, B. P.; MOREIRA, M. E. C.; DIAS, D. M.; LOPES, R. C. S. O.; TOLEDO, R. C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; MARTINO, H. S. D. Sorghum extrusion process combined with biofortified sweet potato contributed for high iron bioavailability in Wistar rats. **Journal of Cereal Science**, v. 75, p. 213-219, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.03.017>.

GONÇALVES, A. C. A.; QUEIROZ, V. A. V.; TARDIN, F. D.; SOUZA, G. K. de. Aceitabilidade sensorial de biscoito tipo cookie elaborado a partir da farinha de sorgo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 22., 2010, Salvador. **Ciência e tecnologia de alimentos: potencialidades, desafios e inovações**. Campinas: SBCTA, 2010. p. 30.

HENRIQUES, G. S.; SIMEONE, M. L. F.; QUEIROZ, V. A. V.; ARAÚJO, R. L. B. de; JANSEN, A. K.; CAMPELO, F. A. Composição de macronutrientes e minerais de dieta artesanal elaborada com farinha de sorgo. In: CONGRESSO NACIONAL DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO, 3.; CONGRESSO MINEIRO DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO, 6., 2017, Ouro Preto. **Alimentação: impactos na saúde e desafios para a indústria: anais**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017.

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. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2003.80.5.495>.

INFANTE, R. A.; NATAL, D. I. G.; MOREIRA, M. E. C.; BASTIANI, M. I. D.; CHAGAS, C. G. O.; NUTTI, M. R.; QUEIROZ, V. A. V.; MARTINO, H. S. D. Enriched sorghum cookies with biofortified sweet potato carotenoids have good acceptance and high iron bioavailability. **Journal of Functional Foods**, v. 38, p. 89-99, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.08.044>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.04.001>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.059>.

LARROSA, V.; LORENZO, G.; ZARITZKY, N. E.; CALIFANO, A. Optimization of rheological properties of gluten-free pasta dough using mixture design. **Journal of Cereal Science**, v. 57, n. 3, p. 520-526, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.jcs.2013.03.003>.

LAKSHMI, K. B.; VIMALA, V. Hypoglycemic effect of selected sorghum recipes. **Nutrition Research**, v. 16, n. 10, p. 1651-1658, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1016/0271-5317%2896%2900184-4>.

LIEM, D. G.; MIREMADI, F.; KEAST, R. S. J. Reducing sodium in foods: the effect on flavor nutrients. **Nutrients**, v. 3, n. 6, p. 694-701, 2011. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390%2Fnu3060694>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.09.007>.

LOPES, R. de C. S. O.; LIMA, S. L. L. de; SILVA, B. F. da; TOLEDO, R. C. L.; MOREIRA, M. E. de C.; ANUNCIAÇÃO, 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.004>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.024>.

MARTI, A.; PAGANI, M. A. What can play the role of gluten in gluten free pasta? **Trends in Food Science and Technology**, v. 31, n. 1, p. 63-71, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2013.03.001>.

MCRAE, M. P. Health benefits of dietary whole grains: an umbrella review of meta-analyses. **Journal of Chiropractic Medicine**, v. 16, n. 1, p. 10-18, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.08.008>.

MIRHOSSEINI, H.; RASHID, N. F. A.; AMID, B. T.; CHEONG, K. W.; KAZEMI, M.; ZULKURNAIN, M. Effect of partial replacement of corn flour with durian seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of gluten free pasta. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 184-190, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.078>.

MORAES, E. A.; NATAL, D. I. G.; QUEIROZ, V. A. V.; SCHAFFERT, R. E.; CECON, P. R.; PAULA, S. O. de; 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 jejunal morphology of rats fed a hyperlipidic diet. **Food Research International**, v. 49, n. 1, p. 553-559, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.029>.

MORAES, E. A.; MARINELI, 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.03.047>.

OLIVEIRA, F. C. E. de; PONTES, J. P.; QUEIROZ, V. A. V.; RONCHETI, E. F. S.; DUTRA, V. L. M.; CORREIA, V. T. da V.; FERREIRA, A. A. Greek yogurt with added sorghum flours: antioxidant potential and sensory acceptance. **Revista Chilena de Nutricion**, v. 47, n. 2, p. 272-280, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000200272>.

OLIVEIRA, M. M. de; VALADARES, W. S.; QUEIROZ, V. A. V.; RONCHETI, E. F. S.; OLIVEIRA, F. C. E. de. Avaliação sensorial e intenção de compra de hambúrgueres bovinos adicionados de farinha integral de sorgo e com redução de gordura. In: JORNADA DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 4., 2019, Diamantina. **Inovação e sustentabilidade na indústria de alimen-**

tos: [anais]. Diamantina: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2019. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/206653/1/Avaliacao-sensorial.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021.

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. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v11n3p302-311>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.039>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.067>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.09518>.

PRADO, M. E. A. do; OLIVEIRA, F. C. E. de; CORREIA, V. T. da V.; MIGUEL, R. de A.; QUEIROZ, V. A. V.; FERREIRA, A. A. Perfil antioxidante de iogurtes tradicionais adicionados de farinhas integrais de sorgo. In: FÓRUM REGIONAL DE LATICÍNIOS, 8.; FÓRUM REGIONAL DE ALIMENTOS, 7.; SIMPÓSIO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2., 2017, Rio Pomba. **Indústria de alimentos: perspectivas de mercado e tendências tecnológicas: anais...** Rio Pomba: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, 2017.

PRADO, M. E. A. do; QUEIROZ, V. A. V.; CORREIA, V. T. da V.; NEVES, E. O.; RONCHETI, E. F. S.; GONÇALVES, A. C. A.; MENEZES, C. B. de; OLIVEIRA, F. C. E. de. Physicochemical and sensorial characteristics of beef burgers with added tannin and tannin-free whole sorghum flours as isolated soy protein replacer. **Meat Science**, v. 150, p. 93-100, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.006>.

PRESTES, R. C.; SILVA, L. B.; TORRI, A. M. P.; KUBOTA, E. H.; ROSA, C. S.; ROMAN, S. S.; KEMPKA, A. P.; DEMIATE, I. M. Sensory and physicochemical evaluation of low-fat chicken mortadella with added native and modified starches. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 7, p. 4360-4368, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1496-2>.

PUPPALA, V. Texture comparison of traditional and extruded cornflakes. **Cereal Foods World**, v. 43, n. 8, p. 650-652, 1998.

QUEIROZ, V. A. V.; ARRUDA, A. C.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E.; SOUZA, G. K. de. Avaliação da aceitação sensorial de bolo integral à base de farinha de sorgo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 22., 2010, Salvador. **Ciência e tecnologia de alimentos: potencialidades, desafios e inovações**. Campinas: SBCTA, 2010. p. 149.

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, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000200018>.

QUEIROZ, V. A. V.; SILVA, C. S. da; MENEZES, C. B. de; SCHAFFERT, R. E.; GUIMARÃES, F. F. M.; GUIMARAES, L. J. M.; GUIMARAES, 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.018>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.10.001>.

QUEIROZ, V. A. V.; CORREIA, V. T. da V.; MENEZES, C. B. de; MIGUEL, R. de A.; CONCEIÇÃO, R. R. P. da; PAIVA, C. L.; FIGUEIREDO, J. E. F. Retention of phenolic compounds and acceptability of gluten-free churros made with tannin or tannin-free sorghum flour. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, e02288, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.02288>.

RATNAVATHI, C.; PATIL, J. Sorghum utilization as food. **Journal of Nutrition and Food Science**, v. 4, 247, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000247>.

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.

SANTHI, D.; KALAIKANNAN, A. The effect of the addition of oat flour in low-fat chicken nuggets. **Journal of Nutrition & Food Sciences**, v. 4, n. 1, 1000260, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000260>.

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.

SANTOS, F. G.; AGUIAR, E. V.; CAPRILES, V. D. Analysis of ingredient and nutritional labeling of commercially available gluten-free bread in Brazil. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 70, n. 5, p. 562-569, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/09637486.2018.1551336>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0704155>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1094/CC-82-0394>.

SILVA, C. S.; PAIVA, C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; UBALDO, J. C. S. R. Sorvete adicionado de farinha de sorgo: elaboração, caracterização físico-química e sensorial. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 11., 2015, Campinas. **Ciência de alimentos: qualidade de vida e envelhecimento saudável: [resumos]**. Campinas: Unicamp, 2015.

SILVA, D. G. L.; PAIVA, C. L.; FERREIRA, D. C.; QUEIROZ, V. A. V.; RIBEIRO, L. H. G.; RODRIGUES, S. S. Avaliação sensorial e físico química de bolo dietético à base de farinha de sorgo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25.; CIGR SECTION 6 INTERNATIONAL TECHNICAL SYMPOSIUM, 10., 2016, Gramado. **Alimentação: árvore que sustenta a vida: anais**. Gramado: SBCTA Regional, 2016.

SLAVIN, J. L.; TUCKER, M.; HARRIMAN, C.; JONNALAGADDA, S. S. Whole grains: definition, dietary recommendations, and health benefits. **Cereal Foods World**, v. 58, n. 4, p. 191-198, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1094/CFW-58-4-0191>.

SOARES, R. R. A.; VASCONCELOS, C. M.; OLIVEIRA, M. V. de; MINIM, V. P. R.; QUEIROZ, V. A. V.; BARROS, F. Starch digestibility and sensory acceptance of gluten free foods prepared with tannin sorghum flour. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e01205, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.01205>.

SOUSA, A. P. de; QUEIROZ, V. A. V.; NEVES, E. O.; EL-CORAB NETO, J. I.; CORREIA, V. T. da V.; SCHAFFERT, R. E. Avaliação da qualidade tecnológica de genótipos de sorgo para produção de pães sem glúten. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/CNPq, 11., 2016, Sete Lagoas. **[Trabalhos apresentados]**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.004>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.05.009>.

STORCK, C. R.; PEREIRA, J. M.; PEREIRA, G. W.; RODRIGUES, A. O.; GULARTE, M. A.; DIAS, A. R. G. Características tecnológicas de pães elaborados com farinha de arroz e transglutaminase. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 1, p. 71-77, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.6014>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.099>.

VALADARES, W. S.; RONCHETI, E. F. S.; QUEIROZ, V. A. V.; CONCEIÇÃO, R. R. P. da; MIGUEL, R. de A.; PRADO, M. E. A. do; OLIVEIRA, F. C. E. de. Capacidade antioxidante e concentração de fenólicos totais em bifés de hambúrgueres com adição de farinha integral sorgo do genótipo BRS 305 durante armazenamento sob congelamento. In: JORNADA DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 4., 2019, Diamantina. **Inovação e sustentabilidade na indústria de alimentos**: [anais]. Diamantina: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2019. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/206650/1/Capacidade-antioxidante.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2021.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.023>.

VELÁZQUEZ, N.; SÁNCHEZ, H.; OSELLA, C.; SANTIAGO, L. G. Using white sorghum flour for gluten-free bread-making. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 63, p. 491-497, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.636734>.

XU, J.; ZHANG, Y.; WANG, W.; LI, Y. Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: a review. *Trends in Food Science and Technology*, v. 103, p. 200-213, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.017>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfq.12080>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf8035066>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.199>.

Literatura Recomendada

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.

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. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6400>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1089/jmf.2009.0147>.

CHÁVEZ, D.; ASCHERI, J.; MARTINS, A.; CARVALHO, C.; BERNARDO, C.; TELES, A. Sorghum, an alternative cereal for gluten-free product. *Revista Chilena de Nutrición*, v. 45, n. 2, p. 169-177, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000300169>.

CHIDIDI, C. C. L. **Efeito do armazenamento sobre as características químicas e sensoriais do biscoito de coco sem glúten**. 2016. 60 f. Monografia (Graduação em Nutrição) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

COSTA, B. G.; REIS, E. M.; SANTOS, F. G.; CAPRILES, V. D. Optimization of physical properties of sorghum based gluten-free bread using response surface methodology. In: IFT ANNUAL MEETING & FOOD EXPO, 2014, New Orleans. **Proceedings**. Chicago: Institute of Food Technologists, 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, p. 337-344, 2012.

SUHENDRO, E. L.; KUNETZ, C. F.; MCDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W.; WANISKA, L. D. Cooking characteristics and quality of noodles from food sorghum. **Cereal Chemistry**, v. 77, n. 2, p. 96-100, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2000.77.2.96>.



Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
Publicação digital (2021)

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e
Maria Cristina Dias Paes

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Fotos da capa
Valéria Vieira Queiroz

CGPE 016925