



Ingredientes substitutos de cereais fontes de glúten: uma revisão narrativa da literatura

Flávia Reis Ferreira de Souza¹, Bruno Moreira Siqueira² e Bruno Martins Dala-Paula^{3*}

Os distúrbios relacionados ao glúten, a exemplo da doença celíaca, exigem uma dieta isenta deste ingrediente, que é fundamental durante o processo de panificação pelas suas características tecnológicas altamente desejáveis. No entanto, a demanda por produtos alimentares para fins especiais, isentos de glúten, vem crescendo. Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca da utilização de substitutos aos ingredientes fontes de glúten (trigo, centeio, cevada), abordando aspectos econômicos, de saúde e longevidade, regulamentação, implicações tecnológicas na produção, com destaque para suas vantagens e desvantagens. Apesar do expressivo crescimento do mercado de alimentos sem glúten, o custo ainda é motivo de preocupação. O glúten é um componente essencial em muitos produtos de panificação, podendo ser encontrado naturalmente em alguns (a depender da matéria-prima fonte da farinha utilizada) e também ser empregado como aditivo alimentar. No entanto, há uma variedade de produtos alimentícios isentos de glúten, produzidos a partir de cereais e pseudocereais, como arroz, milho, quinoa painço e amaranto, que não formam o glúten. Além destes, pesquisas recentes vêm sendo realizadas para avaliar o efeito da utilização de farinha de fonio, guandu, semente do fruto do carvalho, fruta-pão, inhame roxo, aveia, dentre outros vegetais como possíveis substitutos à farinha de trigo, centeio e cevada. A produção de alimentos isentos de glúten, com elevada qualidade sensorial e baixo custo, é de suma importância para a garantia de qualidade de vida e longevidade aos indivíduos portadores de doença celíaca ou de outros distúrbios associados ao glúten.

Palavras-chave: Cereais, Dieta Livre de Glúten, Tecnologia de Alimentos, Alimentação.

Substitute ingredients of cereals sources of gluten: a narrative review of the literature

Gluten-related disorders, such as celiac disease, require a diet free of this ingredient, which is essential during the baking process, due to its highly desirable technological characteristics. However, the demand for special purpose gluten-free food products is growing. This work aimed to carry out a literature review on the use of substitutes for gluten source ingredients (wheat, rye, barley), addressing economic aspects, health and longevity, regulation, technological implications in production, highlighting their advantages and disadvantages. Despite the significant growth of the gluten-free food market, the cost is still a reason for concern. Gluten is an essential component in many bakery products, it can be found naturally in some (depending on the raw material used as a source of flour) and it can also be used as a food additive. However, there are a variety of gluten-free food products made from

¹ Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). *E-mail:* flavia.souza@sou.unifal-mg.edu.br. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6867-5520>.

² Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). *E-mail:* bruno.siqueira@sou.unifal-mg.edu.br. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4413-2577>.

³ *Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). Endereço para correspondência: *E-mail:* bruno.paula@unifal-mg.edu.br. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5022-4796>.

cereals and pseudo-cereals such as rice, corn, quinoa, millet and amaranth, which do not form gluten. In addition to these, recent researches have been carried out to evaluate the effect of using phonium flour, pigeonpea, acorn seed, breadfruit, purple yam, oat, among other vegetables as possible substitutes for wheat, rye and barley flour. The production of gluten-free foods, with high sensory quality and low cost is of paramount importance for ensuring quality of life and longevity for individuals with celiac disease or other disorders associated with gluten.

Keywords: Cereals, Diet, Gluten-Free, Food Technology.

Submetido em: 16/12/2021

Aceito em: 07/05/2023

1 INTRODUÇÃO

Mundialmente, o trigo é um cereal bastante popular. Entretanto, alimentos produzidos a partir desta matéria prima, como as massas secas e pães, são considerados de baixo valor nutricional quando comparado com outras fontes de farinha. Ademais, atualmente existe maior conscientização pública em relação à doença celíaca (DC) e à intolerância ao glúten não-celíaca. Em virtude disto, aumentou a demanda pela ampliação da variedade de produtos alimentares nutricionalmente equilibrados e isentos de glúten. Dessa forma, há uma crescente tendência na substituição total ou parcial da farinha de trigo por outras fontes de farinha que apresentem vantagens nutricionais^[1].

Além disso, o glúten é fundamental durante o processo de panificação, uma vez que sua matriz possui a função de reter o dióxido de carbono no decorrer da fermentação, o que contribui para o aumento do volume final da massa, atribuindo maior aderência e elasticidade^[2]. Isso faz com que o alimento preparado cresça e fique macio, atraindo a atenção dos consumidores.

Os distúrbios relacionados ao glúten exigem uma dieta livre deste ingrediente, que combine alimentos naturalmente isentos com opções que substituam aqueles produzidos com trigo, centeio e cevada. Até o momento a exclusão da aveia continua no centro de um grande debate^[3], uma vez que esse é um dos cereais com maior incidência de contaminação com trigo, além das evidências de que algumas variedades da aveia podem apresentar toxicidade na DC. Um destes distúrbios é a DC, sendo que cerca de uma em cada cem pessoas dispõem de

sintomas dessa enteropatia, causada pela ingestão de seqüências de peptídeos específicos do glúten^[4].

O glúten é formado pelas proteínas prolaminas e gluteninas, que representam a matriz proteica de estoque de nitrogênio^[5], sendo encontradas em todos os cereais, com destaque para o trigo *Triticum aestivum* L.^[6]. A fração tóxica do glúten aos pacientes com DC é aquela composta pelas prolaminas, por meio das gliadinas, hordeínas e secalinas, encontradas no trigo, cevada e centeio, respectivamente. Estas proteínas apresentam elevado conteúdo dos aminoácidos glutamina (> 30%) e prolina (> 15%), não observado nas prolaminas encontradas no arroz e milho^[7].

Desse modo, a produção de alimentos com substitutos do glúten vem ganhando destaque. O desenvolvimento de massas provenientes de cereais isentos de glúten evidenciou que não é possível alcançar as propriedades viscoelásticas do glúten sem modificar a sua fração proteica, interferindo, assim, na qualidade do produto final e necessitando de métodos inovadores para formar uma matriz equivalente ao glúten. Métodos esses que podem ser químicos, físicos, enzimáticos ou genéticos^[8].

Neste contexto, torna-se relevante o conhecimento sobre os ingredientes substitutos do glúten, a fim de contribuir para a promoção da saúde e longevidade de pessoas que necessitam de produtos isentos deste ingrediente. Com base no exposto, objetivou-se realizar um estudo bibliográfico a fim de demonstrar a utilização dos substitutos aos ingredientes fontes de glúten, abordando aspectos econômicos, de saúde e longevidade, regulamentação,

implicações tecnológicas na produção, com destaque para suas vantagens e desvantagens.

2 METODOLOGIA

Este artigo foi desenvolvido a partir de uma revisão narrativa da literatura científica, cuja busca pelas referências foi realizada nas bases de dados *Web of Science*, *PubMed* e *Google Scholar*. Resoluções, leis, *sites* de organizações internacionais e livros acadêmicos também foram consultados visando contemplar aos tópicos propostos no objetivo deste artigo.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Importância Econômica

O café da manhã é a primeira refeição para muitas pessoas e alguns a consideram ainda como a mais importante. Tradicionalmente os cereais ou preparações à base de cereais são frequentemente consumidos nesta refeição^[9]. Contudo, os alimentos à base de cereais são geralmente pobres em proteínas e possuem quantidade limitada de aminoácidos essenciais, a exemplo do triptofano^[10].

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura^[11], a produção mundial de trigo aumentou de 711,4 milhões de toneladas métricas em 2013 para 750,1 milhões de toneladas métricas em 2017. Esses dados confirmam a demanda crescente pela população mundial, como alimento ou mesmo ingrediente de outros alimentos processados.

Em âmbito mundial, durante o ano de 2019, o mercado consumidor de produtos sem glúten foi avaliado em US\$ 21,6 bilhões e há previsão para o seu crescimento a uma taxa anual de 9,2% entre 2020 e 2027^[12]. Sendo assim, a adesão ao consumo de alimentos e a uma dieta sem glúten torna-se crescente, porém com dificuldades como constataram Panagiotou & Kontogianni^[13]. Os autores relatam que 77% dos pacientes entrevistados que necessitam realizar uma dieta isenta de glúten se preocupam com o custo dos produtos manufaturados sem glúten.

Em estudos semelhantes conduzidos no Canadá, Reino Unido e Áustria, os autores

constataram que os alimentos isentos de glúten eram de 2 a 518% mais caros do que suas versões padrão^[14,15,16]. Por conta disso, o acesso a esses alimentos por pessoas que possuem necessidades alimentares especiais e dependem destes produtos por motivos de saúde e para terem qualidade de vida é dificultado.

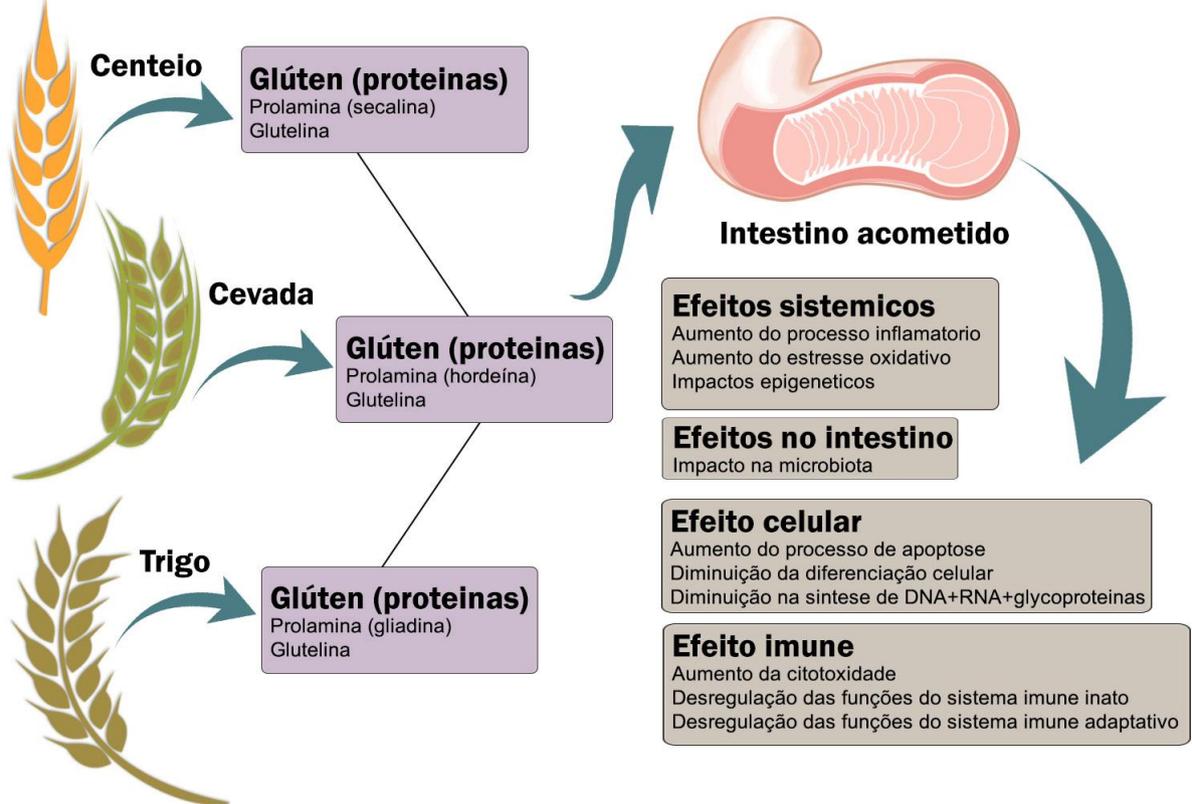
3.2 Saúde e Longevidade

Evidências crescentes demonstram um aumento contínuo na incidência de doenças autoimunes como as doenças reumáticas, endocrinológicas, gastrointestinais e neurológicas com taxas de aumento que variam de 3,7% a 7,1%, entre 1985 e 2015. A incidência do aumento de DC foi associada ao aumento no consumo de glúten. Porém algumas evidências indicam que o glúten pode estar relacionado ao aumento da incidência de outras doenças autoimunes não celíacas como alergia ao trigo e sensibilidade ao glúten não celíaca^[17,18].

A alergia ao trigo é uma reação de hipersensibilidade às gliadinas, particularmente a ω 5-gliadina da proteína do trigo. É uma alergia alimentar em que o indivíduo pode ser sensibilizado pela exposição através da pele ou das vias aéreas, esta última também conhecida como asma do padeiro. Já a sensibilidade ao glúten não celíaca é caracterizada pela combinação de sintomas intestinais ou extra intestinais que ocorrem após a ingestão do glúten em indivíduos cujo diagnóstico de DC e alergia ao trigo foi excluído e os sintomas desaparecem com a dieta de exclusão de glúten^[18].

A Figura 1 apresenta alguns dos principais efeitos identificados por meio de uma revisão de literatura acerca dos efeitos adversos de uma dieta contendo glúten. Os autores identificaram pesquisas indicando aumento da produção de citocinas pró-inflamatórias, da apoptose e do estresse oxidativo de diferentes linhagens celulares humana, em estudos *ex-vivo*, aumento da permeabilidade intestinal (*in vitro*, *ex vivo* e *in vivo*). Além disso, existem evidências de que dietas contendo glúten podem gerar disbiose da microbiota intestinal, reduzindo a razão entre bactérias com ação anti-inflamatória (*Lactobacillus* and *Bifidobacterium*) para aquelas potencialmente nocivas (*Bacteroides* e *Enterobacteriaceae*). Entretanto, ainda há necessidade de mais estudos que sejam realizados em humanos^[17].

Figura 1. Representação dos efeitos negativos do glúten para a saúde humana, baseada em evidências de estudos *in vitro*, *ex vivo* e em animais.



Fonte: Adaptado de Lerner, Shoenfeld & Matthias (2017)^[17].

O glúten contém grande quantidade dos aminoácidos glutamina e lisina, o que lhe confere maior atração pelas enzimas transglutaminase do tecido endógeno e transglutaminase microbiana. Esse tecido é capaz de desaminar ou fazer ligações cruzadas nos peptídeos liberados a partir da degradação de sua estrutura, transformando-os em inúmeros outros peptídeos imunogênicos^[17].

Nesse contexto os portadores de DC são vulneráveis ao consumo do glúten, podendo apresentar sintomas de anemia, depressões, diarreia e infertilidade^[18]. As manifestações clínicas para os portadores de DC ocorrem por meio de um mecanismo associado ao contato das prolaminas com

células do intestino delgado, provocando uma resposta imune a essa fração proteica de alguns cereais^[19], que pode estar associada com o aumento da incidência de outras doenças autoimunes não celíacas^[17,20].

Desta forma, existem evidências de que a opção por uma dieta sem glúten possa contribuir com a qualidade de vida, além de ser necessária aos indivíduos com diagnóstico de DC^[19]. Sendo assim, é de extrema importância que a indústria de alimentos consiga, não apenas desenvolver novos alimentos isentos de glúten, mas também que esses alimentos sejam nutricionalmente balanceados e contribuam

com a saúde e longevidade do consumidor, também por meio de efeitos funcionais.

Dieta isenta de glúten vem sendo popularmente associada a uma alimentação saudável ou indicada para a perda de peso em indivíduos sem necessidades dietéticas especiais. No entanto, não há evidências científicas que confirmem essa relação^[21]. Há escassez de estudos sobre o efeito da dieta sem glúten em indivíduos sem diagnóstico de doença celíaca ou sem intolerâncias ao glúten. Por meio de pesquisa que avaliou o efeito da dieta sem glúten, a curto prazo, na performance física, nos sintomas gastrointestinais, no bem-estar e em respostas inflamatórias de 13 ciclistas de resistência profissionais não foi constatada diferença quando comparado à dieta com convencional glúten^[22].

Em 81% de um grupo de 371 indivíduos diagnosticados com doença celíaca que mantiveram a dieta isenta de glúten monitorada por dois anos, foi reportado ganho de peso, sendo que desses, mais de 80% apresentavam-se inicialmente com sobrepeso. O ganho de peso poderia ser desejado em indivíduos com baixo peso ou com quadro de desnutrição, no entanto, essa não foi a situação^[23]. Além disso, a manutenção de dietas isentas de glúten por longo período pode desencadear riscos à saúde associados às deficiências nutricionais de vitaminas e minerais, além do aumento do risco de doenças cardiovasculares^[24,25]. Alimentos industrializados sem glúten geralmente são ricos em lipídios, considerando a adição de elevados teores de ácidos graxos saturados e hidrogenados^[25]. Além disso, são ricos em açúcares, geralmente possuem baixo aporte de fibras e teores de proteínas menores em cerca de duas vezes quando comparados com outros produtos alimentícios convencionais, o que os tornam mais calóricos e com elevado índice glicêmico^[24,25,26].

3.3 Regulamentação

Como medida preventiva e de controle da DC, a Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003, e a RDC nº 40, de 08 de fevereiro de 2002, tornaram obrigatória as inscrições “CONTÉM GLÚTEN” ou “NÃO CONTÉM GLÚTEN” em caracteres nítidos e de fácil leitura nos rótulos de alimentos comercializados^[27]. Ademais, a RDC nº 26, de 2 de julho de 2015, que dispõe sobre os requisitos para rotulagem obrigatória dos principais alimentos que

causam alergias alimentares, apresenta em seu anexo uma lista dos principais alimentos que causam alergias alimentares. Quando os alimentos e bebidas embalados na ausência dos consumidores apresentarem algum dos ingredientes listados, devem apresentar a declaração:

“Alérgicos: Contém (nomes comuns dos alimentos que causam alergias alimentares)”; “Alérgicos: Contém derivados de (nomes comuns dos alimentos que causam alergias alimentares)” ou mesmo, “Alérgicos: Contém (nomes comuns dos alimentos que causam alergias alimentares) e derivados”^[28].

Mallet *et al.*^[29] analisando a rotulagem de alimentos e a presença da descrição “CONTÉM GLÚTEN” em alimentos comercializados na Região Sul Fluminense (RJ), constataram que é elevada a prevalência de produtos que não seguem as normas de rotulagem (cerca de 89% dos produtos analisados), concluindo que é indispensável maior rigidez da ANVISA, sobretudo no caso desse item.

Segundo Câmara^[30], a inadequação da rotulagem nutricional quanto à ausência da expressão “CONTÉM GLÚTEN” ou “NÃO CONTÉM GLÚTEN” é grave, uma vez que a presença do glúten é prejudicial para consumidores diagnosticados com a DC.

3.3.1 Implicações tecnológicas na produção

As proteínas do trigo são compostas em 85% de prolaminas (com destaque para a gliadina, com alta extensibilidade e baixa elasticidade) e gluteninas (com destaque para a glutelina, com baixa extensibilidade e alta elasticidade), que proporcionam a formação do glúten e 15% referente às globulinas e albuminas (não formadoras de glúten). A proteína contida no grão apresenta um percentual que varia entre 8 a 21%^[19].

O glúten é um importante aditivo alimentar para as atividades da indústria de alimentos processados, com um aumento líquido no uso de 1,8 ± 0,4% ao ano relatado nos últimos 30 anos^[17]. Presente no trigo, o glúten tem capacidade de formar uma rede tridimensional de proteínas após hidratação e mistura adequadas. Tal característica é utilizada em aplicações de panificação para criar matrizes de massa

viscoelástica, o que torna o glúten um aditivo alimentar amplamente empregado^[31].

A indústria alimentícia possui foco na produção de alimentos isentos de glúten, a fim de suprir a grande e crescente demanda. Entre esses produtos, o pão sem glúten é o mais requisitado. Os pães feitos principalmente de farinha de trigo, ou de centeio, cevada, simbolizam um item básico e diário da alimentação dos consumidores. Por isso, é importante à produção de pães sem glúten que disponham de uma boa qualidade nutricional e sejam saborosos^[32].

A farinha de trigo possui o sabor agradável e contém grande quantidade de glúten, sendo que outras farinhas podem igualar ou superar nutricionalmente a farinha de trigo, sem, no entanto, alcançar a mesma qualidade tecnológica. Sendo assim, a substituição parcial ou total do trigo em produtos de panificação é um desafio para a indústria, que necessita da introdução e combinação de diversos ingredientes, assim como mudanças nas técnicas tradicionais de preparo com o objetivo de processar produtos sensorial e tecnologicamente aceitáveis^[33].

Como substitutos aos alimentos tradicionais que contêm glúten, como produtos de panificação, há atualmente uma grande variedade de opções sem glúten que usam cereais sem glúten e pseudocereais como arroz, milho, quinoa, painço e amaranto como ingredientes básicos^[34]. Essa substituição é desejável, seja para melhoria da qualidade nutricional ou para atender a um público específico portador de doenças nutricionais, como os celíacos, e a um público que cada vez mais busca produtos ricos em fibras e compostos bioativos^[19].

3.3.2 Exemplos de substitutos do trigo, centeio e cevada

A substituição e o enriquecimento de produtos à base de cereais vêm ganhando destaque. Uma pesquisa recente analisou a qualidade de uma farinha desenvolvida por meio da mistura fonio (*Digitaria iburua*) e de guandu, também chamado de ervilha-de-pombo (*Cajanus cajan*). Os autores observaram que o fonio possui uma capacidade elevada de absorção de água em virtude da sua quantidade significativa de pentosanas. Graças a essa qualidade, é possível aumentar o potencial de fonio na

produção de produto alimentício para o café da manhã, com tempo mínimo de cozimento^[9].

Um outro tipo de produto é chamado de fruta-pão (*Artocarpus altilis*), característico da cultura tradicional do Pacífico, que contribui para a segurança alimentar mundial e também para a redução do diabetes. Neste, a farinha é produzida substituindo o trigo pela fruta-pão, tornando-se uma opção sem glúten, nutritiva e de baixo índice glicêmico^[35].

As sementes do fruto do carvalho representam um alimento importante em diversas culturas e, independentemente da sua tradição culinária, foram subestimadas. Essas sementes apresentam um alto teor de amido e são muito utilizadas para a produção de farinhas. A farinha de milho também representa um substituto para a farinha de cereais, com variadas aplicabilidades na indústria alimentícia^[36].

Um outro exemplo de ingrediente substituto do glúten, muito estudado no meio acadêmico devido ao seu potencial uso na panificação, são os hidrocoloides, sendo capaz de formar os equivalentes estruturais da massa semelhantes ao encontrado na massa que contém glúten. Um exemplo de matéria-prima para a formação de hidrocoloides é o "Inhame roxo" (*Dioscorea alata*), que representa um dos inhames empregados no Sri Lanka e possui alto potencial nutricional^[37]. O Brasil também possui diferentes variedades de tubérculos com potencial aplicação como ingrediente para produtos alimentícios isentos em glúten, porém ainda são pouco estudados e explorados^[38].

A farinha de amaranto também caracteriza um ingrediente substituto ao glúten, produzindo um alimento saudável e inovador. Além desta, um estudo utilizou diferentes tipos de farinhas, como a de arroz (com amido de milho e farinha de arroz) e amido de tapioca para elaboração de um novo produto de panificação^[39].

Os produtos de panificação e de confeitaria são ótimos veículos para se incorporar ingredientes e, conseqüentemente, intensificar o valor nutricional na alimentação humana. Dessa forma, a farinha de trigo refinada vem sendo substituída nesses produtos por farinhas de linho, chia, gergelim, papoula, dentre outras^[40].

Os benefícios relacionados a saúde, nutrição e tecnologia, proporcionados pela aveia, contribuíram para que fosse aceita como alimento para uma dieta livre de glúten, tanto em países da Europa, quanto nos Estados Unidos e Canadá^[41,42]. De modo geral, a aveia possui maior teor proteico e de lipídios quando comparada aos cereais convencionais como trigo, centeio e cevada. Apesar do elevado conteúdo proteico, a contribuição da avenina (o principal componente proteico do grupo das prolaminas, presente na aveia) é inferior (10-15%) ao das gliadinas no trigo (aproximadamente 80%), secalina no centeio e hordéina na cevada. Ademais, a avenina é mais facilmente digerida pelas proteases gastrointestinais e possui menor imunogenicidade e toxicidade para pacientes celíacos quando comparado às outras prolaminas mencionadas^[35]. No entanto, há indivíduos com diagnóstico de DC com hipersensibilidade à aveia, sendo este cereal indicado, e com cautela, apenas para pacientes em remissão. Existem recentes publicações de pesquisas que indicaram a ausência de risco do consumo de aveia em uma dieta livre de glúten para pacientes com DC^[41,43,44]. No entanto há relato de atrofia parcial nas vilosidades da mucosa do jejuno em 1 paciente de DC, entre outros 19 que receberam 50 g/dia de aveia ao longo de 12 semanas^[45].

Para a introdução da aveia com segurança em uma dieta sem glúten é preciso garantir a ausência de sua contaminação durante o seu cultivo ou processamento. Para tanto, é necessário que a região de cultivo seja topograficamente separada a uma distância adequada, afora a existência de barreiras naturais entre cultivos de outros cereais fonte de glúten. Além disso, um solo que tenha sido previamente utilizado para o cultivo de trigo, cevada ou centeio não pode ser utilizado para o cultivo de aveia por um intervalo mínimo de 8 anos. As condições de colheita e processamento industrial também devem acontecer em unidades isoladas, específicas para o beneficiamento da aveia^[42].

2.3.3 Pesquisas com substituição de ingredientes sem glúten

As farinhas de fonio e de guandu foram misturadas, e estudados os elementos como vitaminas, minerais e aminoácidos. A farinha que dispôs das maiores quantidades de fibra, proteína, cinzas e alguns aminoácidos essenciais obteve a

proporção de 80% de fonio para 20% de guandu, e 100% fonio. Assim foram elaborados alimentos para o café da manhã e avaliados aspectos sensoriais como cor, sabor e aceitabilidade dos consumidores. Alguns dos nutrientes encontrados foram oito aminoácidos essenciais, as vitaminas A, B₁, B₂, B₅, B₆, B₉, C, D, E e K. Os autores demonstraram que substituir o grão de fonio por guandu aumentou significativamente a quantidade de proteína, cinzas, alguns aminoácidos e vitaminas dessas farinhas. A avaliação sensorial obteve resultado moderado na escala hedônica de 9 pontos. Para todas as amostras foram obtidos reduzidos teores de umidade, quando comparados a outros estudos, possibilitando aos produtos uma vida de prateleira longa se armazenados em pacotes a prova de ar. Assim, as farinhas podem ser utilizadas como ingredientes na produção de alimentos para o café da manhã, sendo necessária a atenção nas características sensoriais do produto e aceitação pelos consumidores^[9].

Uma farinha produzida a partir da fruta-pão, (cultura tradicional das ilhas do Pacífico), com potencial para contribuir com a segurança alimentar além de apresentar efeito hipoglicêmico, foi avaliada como um ingrediente para dieta sem glúten. Sua digestibilidade proteica (*in vitro*) foi determinada e comparada com a da farinha de trigo, apresentando maior digestibilidade. Duas dietas isocalóricas e equivalentes em nutrientes, uma contendo farinha de trigo e outra a substituindo pela farinha da fruta-pão, foram testadas em camundongos machos e fêmeas, durante 21 dias consecutivos. Os camundongos que receberam a dieta com farinha de fruta-pão obtiveram taxa de crescimento e peso corporal maior comparado aos camundongos com a dieta contendo farinha de trigo. Também foi observado um consumo significativamente maior na ingestão de água entre os animais alimentados com dieta contendo a farinha de fruta-pão. Não foram observados sinais de desnutrição, desconforto, doença ou morte, sendo os resultados histológicos e imunológicos semelhantes entre os grupos pesquisados. Com isso, a farinha de fruta-pão apresenta-se como mais uma alternativa saudável para substitutos de alimentos^[35]. Pesquisas com este delineamento experimental, envolvendo potenciais frutas, hortaliças, tubérculos e leguminosas produzidas localmente, deveriam ser incentivadas no Brasil. Isso aumentaria a diversidade alimentar, em especial, por ingredientes sem glúten, além de estimular a economia local e sistemas alimentares mais

sustentáveis. A independência da importação de alimentos produzidos em países distantes contribui para a redução da emissão de gases promotores do efeito estufa, associados ao transporte e à agricultura intensiva^[46].

Uma revisão de literatura analisou a produção e composição da farinha do fruto do carvalho, e a possibilidade de usá-la nos produtos tradicionais populares de panificação. Os autores demonstraram que essa farinha dispõe de poucas proteínas do glúten e possui alto teor de fibras e minerais, além da presença de polifenóis com propriedades antioxidantes. Os autores recomendaram incorporar a farinha do fruto do carvalho nas receitas em que convencionalmente se usa farinha de trigo, variando a proporção dependendo do tipo de produto. Reforçaram ainda que a aplicação dessa farinha em alimentos sem glúten é benéfica do ponto de vista nutricional. Entretanto, outras pesquisas evidenciam seus efeitos negativos em relação às propriedades físicas e à característica da massa dos alimentos produzidos a partir da mesma, sendo aconselhável a mistura de farinha do fruto do carvalho com a farinha de trigo, resultando em um alimento não indicado às pessoas que estão em dieta isenta de glúten^[36].

Foram elaborados muffins sem glúten a partir da farinha de "Inhame Roxo" (*Dioscorea alata*) com hidrocolóides (pectina, goma xantana e goma guar) e analisada a composição nutricional e aspectos sensoriais dos muffins. O maior teor de umidade e lipídico foi registrado em muffins incorporados à pectina. Os muffins incorporados com pectina obtiveram o maior teor de gorduras. O potássio foi o micronutriente predominante em todos os muffins. A dureza do muffin incorporado por goma guar foi maior que a do incorporado por pectina, mas não obteve significância estatística. A avaliação sensorial revelou que o muffin incorporado à pectina obteve maior aceitação, pois obteve a maior nota em aspectos como a aparência, cor e sabor, além da maior capacidade de retenção de água (57 g de água/g)^[37].

Outra revisão comparou o emprego de proteínas sem glúten de origem vegetal com proteínas de origem animal, também livres de glúten com utilização na produção de pães. Os autores apresentam diversas pesquisas que avaliaram cereais, leguminosas, sementes oleaginosas, tubérculos, leite, ovos, colágeno, diferentes tipos de algas e insetos

como ingredientes proteicos sem glúten. A revisão objetivou contribuir com a organização de informações claras e precisas acerca dos efeitos tecnológicos e da digestibilidade dos produtos formulados, visando contribuir com a qualidade de vida dos indivíduos com problemas de saúde, a exemplo da DC. A adição de ingredientes com conteúdo moderado de determinadas enzimas, como a transglutaminase, pode modular a capacidade de retenção de água, de gelatinização e de estabilidade térmica das proteínas. A formação de hidrocolóides também é apontada como outra ferramenta em potencial para otimizar as propriedades tecnológicas, em especial hidratação, retenção de água, extração de proteínas e viscosidade de massas^[32].

Piga e colaboradores^[39] analisaram a substituição das farinhas de arroz e amido (milho e tapioca) por amaranto, em relação a suas características nutricionais, propriedades sensoriais de pães sem glúten, entre outros aspectos. Substituir as farinhas por amaranto resultou por um lado em prejuízos na viscosidade da massa e uma menor atividade antioxidante, mas por outro houve melhoras em relação à textura, à cor e foram obtidas maiores frações de polifenóis. Ademais, foi alcançado um melhor comprometimento entre as propriedades tecnológicas, nutricionais e sensoriais quando a farinha de amaranto foi incorporada à receita. Os autores não constatam diferenças significativas ao analisarem os resultados obtidos para o "gosto" dos pães. Tal resultado pode ser decorrente da substituição das farinhas não ter ultrapassado 20%, valor este que é considerado como um percentual de rejeição entre os consumidores.

Um estudo analisou as diferenças nas propriedades tecnológicas, nutricionais e na aceitabilidade dos consumidores de biscoitos reformulados. Os autores relataram que os biscoitos de trigo usados como controle obtiveram uma maior elasticidade do que os biscoitos elaborados com farinhas de sementes desengorduradas. Ademais, a utilização de farinhas de sementes desengorduradas produziu produtos com mais proteínas e fibras, e menores quantidades de carboidratos. Já os biscoitos produzidos com gergelim e linho alcançaram avaliações semelhantes às dos biscoitos de trigo. A cor dos biscoitos foi influenciada pela cor da farinha, os biscoitos mais escuros foram aqueles produzidos com chia e papoula. Assim, os produtos produzidos com

farinhas de chia e papoula não foram bem avaliados pelos consumidores em questões de odor e sabor, havendo a necessidade da inclusão de outros ingredientes para melhorar esses aspectos. Mediante isso, os autores concluíram que o uso de farinhas de sementes, como de linho e gergelim, representa uma considerável alternativa para produção de biscoitos sem glúten^[40].

Torres-Gallo *et al.*^[1] evidenciaram em seus achados um avanço no desenvolvimento de produtos alimentícios com ingredientes livres de glúten. A farinha da fruta de *ackee aril* (*Blighia sapida*) apresentou resultado satisfatório para ser utilizada em substituição à farinha de trigo, em produções que necessitam de altas temperaturas, como produtos de panificação, sopas, geleias, molhos, massas, enlatados, entre outros. Além de representar uma matéria-prima promissora em relação ao perfil nutricional, o emprego da farinha da fruta de *ackee* reduz o custo de produção, tornando o produto mais acessível à população de baixa renda.

Como concluíram Lerner *et al.*^[17] após analisarem os efeitos da ingestão de glúten por indivíduos celíacos e não celíacos, ainda são limitadas as evidências dos efeitos prejudiciais da ingestão do glúten em indivíduos não celíacos pois a maioria dos estudos foi implementada *in vitro* e em animais, existindo a necessidade de mais estudos controlados e bem planejados em humanos.

Porém, para indivíduos portadores de DC, a dieta isenta de glúten consiste no único tratamento eficaz para melhora do quadro clínico. Murray *et al.*^[47] concluíram em seu trabalho que eliminando o glúten da dieta de pacientes celíacos, há melhora substancial e rápida dos sintomas e que apesar da eficácia das dietas isentas de glúten nesse público, a maior dificuldade encontrada é mudar o hábito alimentar e principalmente manter essa mudança.

Desta forma, o uso das farinhas de diversos tipos de grãos distintos em produtos de panificação vem se expandindo, e sua utilização visa melhoria na qualidade nutricional e atendendo as exigências dos consumidores. No entanto, ainda é necessário prosseguir com as alternativas de ingredientes e combinações de farinhas que substituam o glúten, visando maior diversificação e aceitação de novos produtos^[33].

As maiores desvantagens no consumo de alimentos isentos de glúten são relativas ao acesso e custo, como descrevem Panagiotou & Kontogianni^[13]. Os autores registram que o alimento isento de glúten disponível no mercado tem o custo mais alto em comparação com suas contrapartes convencionais e destacam o ônus econômico imposto aos pacientes com DC, propondo que haja um subsídio mensal concedido a estes pacientes. O subsídio é necessário para cobrir o custo adicional de uma dieta isenta de glúten e assim contribuir para a melhor adesão dos pacientes à dieta alimentar, bem como ampliar e facilitar o acesso a um conjunto de alimentos básicos isentos de glúten.

Outra desvantagem é a dificuldade em atingir as mesmas características tecnológicas e organolépticas que o glúten proporciona na produção de alimentos, tendo grande importância nesse aspecto as pesquisas que analisam a viabilidade da troca de ingredientes que contenham glúten, por outros isentos de glúten. Khoury *et al.*^[48] afirmam que diferentes ingredientes e técnicas de processamento foram investigados até o momento, e, no entanto, a qualidade dos produtos sem glúten muitas vezes não é comparável aos produtos que contêm glúten. Sendo assim, mais esforços devem ser dedicados ao estudo de alimentos isentos de glúten.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de alimentos isentos de glúten é de suma importância para o tratamento de indivíduos portadores de DC, assim como outros distúrbios associados à sua presença. Ademais, a ampliação do acesso da população a esses alimentos, seja ampliando a disponibilidade física e acesso econômico, é imprescindível para a promoção de qualidade de vida e longevidade. Nesse contexto, é necessário um maior esforço no âmbito de pesquisas para desenvolvimento de alimentos com elevada aceitação, comparados aos alimentos preparados com ingredientes que contenham glúten.

Nessa perspectiva, pesquisas nas áreas da saúde clínica, coletiva, agricultura e ciência e tecnologia dos alimentos são essenciais para ampliar as possibilidades de tratamento e, inclusão na dieta de novos produtos alimentícios isentos de glúten, com elevada qualidade sensorial e tecnológica e com baixo custo de produção.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Longevidade (PPGNL), ofertado pela Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG).

FINANCIAMENTO

Este artigo foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

CONFLITO DE INTERESSE

Nada a declarar.

FUNÇÕES DOS AUTORES

FRFS e BMS: pesquisa bibliográfica e redação inicial. BMDP: pesquisa bibliográfica, redação final, revisão.

REFERÊNCIAS

- [1] Torres-Gallo R, Duran R, Garcia-Camargo J, Morales O, Acevedo D, Tirado DF. Pasting and Dough Rheological Properties of ackee (*Blighia sapida*) aril flour: a contribution to the search for wheat flour substitutes. *Int J Food Sci*. 2021(5526912). <https://doi.org/10.1155/2021/5526912>
- [2] Yano H. Recent practical researches in the development of gluten-free breads. *NPJ Sci. Food*. 2019; 7. <https://doi.org/10.1038/s41538-019-0040-1>
- [3] Bascunan KA, Vecchi M, Scricciolo A, Mascaretti F, Parisi M, Doneda L, et al. Mediterranean Gluten-Free Diet: Is It a Fair Bet for the Treatment of Gluten-Related Disorders? *Front Nutr*. 2020; 7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.583981>
- [4] Singh P, Arora A, Strand TA, Leffler DA, Catassi C, Green PH, et al. Global prevalence of celiac disease: Systematic review and meta-analysis. *Clin. Gastroenterol. Hepatol*; 16:823–836. <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2017.06.037>
- [5] Cohen IS, Day AS, Shaoul R. Gluten in Disease—More or Less? *Rambam Maimonides Med J*. 2019; 10(1). <https://dx.doi.org/10.5041/RMMJ.10360>
- [6] Biesiekierski JR; What is gluten? *J Gastroenterol Hepatol*. 2017, Suppl 1, 78-81. <https://doi.org/10.1111/jgh.13703>
- [7] Preichardt LD, Vendruscolo CT, Moreira AS, Gularte MA. Capítulo 6. Eficiência da xantana pruni na produção de bolos sem glúten. In: Andrade, DF et al., Ciência e tecnologia dos alimentos, Belo Horizonte – MG: Poisson, 2020.
- [8] Espinoza-Herrera J, Martínez LM, Serna-Saldívar SO, Chuck-Hernández C. Methods for the modification and evaluation of cereal proteins for the substitution of wheat gluten in dough systems. *Foods*. 2021; 10(8): 1-20. <https://doi.org/10.3390/foods10010118>
- [9] Babarinde GO, Adeyanju JA, Ogunleye KY, Edun AA, Wade D. Nutritional composition of gluten-free flour from blend of fonio (*Digitaria iburua*) and pigeon pea (*Cajanus cajan*) and its suitability for breakfast food. *J. Food Sci Technol*. 2020; 57(10): 3611-3620. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04393-7>
- [10] Adekunle AJ, Abiodun AV. Proximate Composition, physical and sensory quality of acha-moringa seed flour blends biscuits. *AFSJ*. 2018, 5(2):1–7. <https://doi.org/10.9734/AFSJ/2018/43365>
- [11] FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO cereal supply and demand brief: summary tables (world wheat market). Updated October 5, 2017. <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>
- [12] GVR – Gran View Research. Gluten-Free Products Market Size, Share & Trends Analysis Report by Product (Bakery Products, Dairy/Dairy Alternatives), by Distribution Channel (Grocery Stores, Mass Merchandiser), by Region, and Segment Forecasts, 2020–2027. Grand View Research; San Francisco, CA, USA: 2020. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/gluten-free-products-market>.
- [13] Panagiotou S, Kontogianni MD. The economic burden of gluten-free products and gluten-free diet: a cost estimation analysis in Greece. *J Hum Nutr Diet*. 2017. <https://doi.org/10.1111/jhn.12477>
- [14] Stevens L, Rashid M. Gluten-free and regular foods: a cost comparison. *Can J Diet Pract Res*. 2008; 69:147-150. <https://doi.org/10.3148/69.3.2008.147>
- [15] Singh J, Whelan K. Limited availability and higher cost of gluten-free foods. *J Hum Nutr Diet*. 2011; 24:479-486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-277X.2011.01160.x>
- [16] Burden M, Mooney P, Blanshard R, White W, Cambray-Deakin D, Sanders DS. Cost and availability of gluten-free food in the UK: in store and online. *Postgrad Med*. 2015; 91: 622-626. <https://dx.doi.org/10.1136/postgradmedj-2015-133395>
- [17] Lerner A, Shoenfeld T, Matthias T. Adverse effects of gluten ingestion and advantages of gluten withdrawal in

- nonceliac autoimmune disease. *Nutrition Reviews*. 2017; 75(12), 1046–1058. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux054>
- [18] Resende PVG, Silva NLM, Schettino GCM, Liu PMF. Gluten related disorders. *Rev Med Minas Gerais*, 2017; 27:51-58. <http://www.dx.doi.org/10.5935/2238-3182.20170030>
- [19] Santos EM, Campos LCB, Paulo BM, Felipe BS, Henriques BO. Utilização de amaranto como substituto do glúten. *Rev. Acad. Com. FASF*. 2017; 2(1):393-402. <http://revista.fasf.edu.br/index.php/conecta/article/view/73/pdf>
- [20] Mohan M, Chow C-ET, Ryan CN, Chan LS, Dufour J, Aye PP, et al. Dietary gluten-induced gut dysbiosis is accompanied by selective upregulation of microRNAs with intestinal tight junction and bacteria-binding motifs in rhesus macaque model of celiac disease. *Nutrients*. 2016; 8:684-701. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu8110684>
- [21] Dieterich W, Zopf Y. Gluten and FODMAPS—Sense of a restriction/when is restriction necessary? *Nutrients*. 2019; 11(1957). <https://doi.org/doi:10.3390/nu11081957>.
- [22] LIS D, Stellingwerf T, Kitic CM, Ahuja KDK, Fell J. No effects of a short-term gluten-free diet on performance in nonceliac athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2015; 47(12):2563-2570. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000699>.
- [23] Dickey W, Kearney N. Overweight in celiac disease: prevalence, clinical characteristics, and effect of a gluten-free diet. *American Journal of Gastroenterology*. 2006; 101(10): 2356-2359.
- [24] Makovick, P, Makovicky, P, Caja, F, Rimarova, K, Samasca, G, Vannucci, L. Celiac disease and gluten-free diet: past, present, and future. *Gastroenterology and Hepatology From Bed to Bench*. 2020; 13(1): 1-7.
- [25] Vici G, Belli L, Biondi M, Polzonetti V. A gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. *Clinical Nutrition*. 2016; 35(6):1236-1241. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.05.002>
- [26] Missbach, B, Schwingshackl, L, Billmann, A, Mystek, A, Hickelsberger, M, Bauer, G, Konig, J. Gluten-free food database: The nutritional quality and cost of packaged gluten-free foods. *PeerJ*. 2015; 3, e1337. <https://doi.org/10.7717/peerj.1337>
- [27] Brasil. Lei 10.064, de 16 de maio de 2003. Obriga a que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca. https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarti?codteor=440852&filename=Legislacao
- [28] Brasil. RDC nº 26, de 02 de julho de 2015. Dispõe sobre os requisitos para rotulagem obrigatória dos principais alimentos que causam alergias alimentares. Resolução RDC nº 26, de 2 de julho de 2015.pdf — Português (Brasil) (www.gov.br)
- [29] Mallet ACT, Oliveira RVA, Oliveira CF, Saron MLG, Costa LMAS. Adequação das rotulagens alimentícias frente à legislação vigente. *Cad UniFOA*. 2017; 35:101-110. <https://doi.org/10.47385/cadunifoa.v12.n35.432>
- [30] Câmara, MCC, Marinho CLC, Guilam MC, Braga AMCB. Produção acadêmica sobre a rotulagem de alimentos no Brasil. *Rev Panam Salud Publica*, 2008, 23(1):52-8. <https://www.scielosp.org/article/rpsp/2008.v23n1/52-58/>
- [31] Wieser H; Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiol*. 2007; 24:115-119. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>
- [32] Skendi A, Papageorgiou M, Varzakas T. High protein substitutes for gluten-free bread. *Foods*. 2021, 10(9). <https://doi.org/10.3390/foods10091997>
- [33] Capriles VD, Arêas JAG. Avanços na produção de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e nutricionais. *B.CEPPA*. 2011; 29(1):129-136. <https://dx.doi.org/10.5380/cep.v29i1.22765>
- [34] Bascunan KA, Vespa MC, Araya M. Celiac disease: Understanding the gluten-free diet. *Eur. J. Nutr*. 2017; 56:449-459. <https://doi.org/10.1007/s00394-016-1238-5>
- [35] Liu Y, Brown PN, Ragone D, Murch SJ. Breadfruit flour is a healthy option for modern foods and food security. *PLoS One*. 2020, 15(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236300>
- [36] Szablowska E, Tanska M. Acorn flour properties depending on the production method and laboratory baking test results: A review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*; 2020; 20(1). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12683>
- [37] Gunasekara D, Bulathgama A, Wickramasinghe I. Comparison of Different Hydrocolloids on the Novel Development of Muffins from “Purple Yam” (*Dioscorea alata*) Flour in Sensory, Textural, and Nutritional Aspects. *Int J Food Sci*. 2021, 9970291, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2021/9970291>
- [38] Nabeshimia EH, do Nascimento GC, Tagliapietra BL, Neves ECA, Ferrari MC, Moro TMA, de Melo BG, Brandão NA, Scarton M, Campelo PH, Clerici MTPS. Tecnologia de tubérculos. In: Dala-Paula BM, Clerici MTP. *Bioquímica e tecnologia de alimentos: produtos de origem vegetal*. 1 ed. v. 1, Alfenas: Editora Universidade Federal de Alfenas, 2022.
- [39] Piga A, Conte P, Fois S, Catzeddu P, Del Caro A, Sanguinetti AM. Technological, Nutritional and Sensory Properties of an Innovative Gluten-Free Double-Layered Flat

Bread Enriched with Amaranth Flour. *Foods*. 2021, 10(5).
<https://doi.org/10.3390/foods10050920>

[40] Martínez E, García-Martínez R, Álvarez-Orti M, Rabadan A, Pardo-Giménez A, Pardo JE. Elaboration of Gluten-Free Cookies with Defatted Seed Flours: Effects on Technological, Nutritional, and Consumer Aspects. *Foods*. 2021; 10(6).
<https://doi.org/10.3390/foods10061213>

[41] Pinto-Sánchez MI, Caudasa-Calo N, Bercik P, Ford AC, Murray JA, Armstrong D. et al. Safety of adding oats to a gluten-free diet for patients with celiac disease: Systematic review and meta-analysis of clinical and observational studies. *Gastroenterology*. 2017; 153, 395–409e3.
<https://doi.org/10.1053/j.gastro.2017.04.009>

[42] Hoffmanová I, Sánchez D, Szczepanková A, Tlaskalová-Hogenová H. The pros and cons of using oat in a gluten-free diet for celiac patients. *Nutrients*. 2019; 11(2345).
<https://doi.org/10.3390/nu1102345>

[43] Lionetti, E. Safety of oats in children with celiac disease: A double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *J. Pediatr.* 2018; 194, 116–122.e2.
<https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.10.062>

[44] Nylund, L, Hakkola, S, Lahti, L, Salminen, S, Kalliomaki, M, Yang, B, *et al.* Diet, perceived intestinal well-being and compositions of fecal microbiota and short chain fatty acids in oat-using subjects with celiac disease or gluten sensitivity. *Nutrients*. 2020; 12(2570).
<https://doi.org/10.3390/nu12092570>

[45] Tuire I, Marja-Leena L, Teea S, Katri H, Jukka P, Paivi S, et al. Persistent duodenal intraepithelial lymphocytosis despite a long-term strict gluten-free diet in celiac disease. *Am. J. Gastroenterol.* 2012; 107, 1563–1569. Disponível em:
<https://doi.org/10.1038/ajg.2012.220>

[46] Fardet A, Rock E. Ultra-processed foods and food system sustainability: What are the links? *Sustainability*. 2020; 12(6270):1-29. Disponível em:
<https://doi.org/10.3390/su12156280>

[47] Murray PR, Baron EJ, Jorgensen JH, Pfaller MA, Tenover FC, Tenover BC. *Manual of clinical microbiology* 8th edition. ASM Press. 2003; 2113 p. [https://doi.org/10.1016/S0732-8893\(03\)00160-3](https://doi.org/10.1016/S0732-8893(03)00160-3)

[48] Khoury DE, Balfour-Ducharme S, Joye IJ. A Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenges. *Nutrients*. 2018; 10(1410).
<https://doi.org/10.3390/nu10101410>