

**Carboidratos não digeríveis como alternativa para melhorar a qualidade tecnológica e nutricional de produtos cárneos e potencial aplicação em hambúrguer de peixe**

**Non-digestible carbohydrates as an alternative to improve the technological and nutritional quality of meat products and potential application in fish burgers**

**Carbohidratos no digeribles como alternativa para mejorar la calidad tecnológica y nutricional de los productos cárnicos y su potencial aplicación en hamburguesas de pescado**

Recebido: 22/11/2020 | Revisado: 02/12/2020 | Aceito: 03/12/2020 | Publicado: 06/12/2020

**Ana Vitória Silva Miranda**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3196-7962>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: [ana.miranda@ufvjm.edu.br](mailto:ana.miranda@ufvjm.edu.br)

**Marcio Schmiele**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8830-1710>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: [marcio.sc@ict.ufvjm.edu.br](mailto:marcio.sc@ict.ufvjm.edu.br)

## **Resumo**

A carne de peixe apresenta uma rica composição nutricional, mas o consumo per capita desse alimento é baixo. Uma estratégia para elevar a ingestão de pescados encontra-se no desenvolvimento de produtos à base de carne de peixe, como o hambúrguer. No entanto, a carne de peixe após cominuída, estruturada, congelada e descongelada apresenta uma alta sinérese. O uso de carboidratos não digeríveis apresenta uma alternativa para aumentar o teor de fibras alimentares e a capacidade de retenção de água em produtos cárneos como os hambúrgueres de peixe. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi efetuar uma revisão sistemática acerca das propriedades, aplicação e desempenho das fibras alimentares em produtos cárneos e hambúrguer de peixe disponíveis em importantes bases científicas, preferencialmente nos últimos cinco anos. Através dos estudos notou-se que as diversas fibras alimentares disponíveis para a indústria de alimentos e as características exibidas por cada uma, bem como a aplicação em produtos cárneos influenciam diretamente nas propriedades sensoriais, físico-químicas e microbiológicas. O equilíbrio entre as fibras solúveis e insolúveis

e a quantidade adicionada são essenciais para obter produtos com as características e qualidade desejada. Desse modo, a elaboração de hambúrgueres com adição de fibras alimentares pode ser vantajosa, elevando a ingestão de alimentos com ingredientes benéficos à saúde.

**Palavras-chave:** Fibras alimentares; Produtos cárneos; Pescado; Amido resistente; Fibras brancas.

### **Abstract**

Fish meat has a rich nutritional composition, but the per capita consumption of this food is low. A strategy to increase the intake of fish is found in the development of fish meat products, such as hamburgers. However, fish meat after comminuted, structured, frozen and thawed has a high syneresis. The use of non-digestible carbohydrates presents an alternative to increasing the dietary fiber content and the water retention capacity in meat products such as fish burgers. Therefore, the objective of the present study was to carry out a systematic review about the functional properties, application and performance of dietary fibers in meat products and fish hamburgers available on important scientific bases, preferably in the last five years. Through the studies, it was noted that the dietary fibers available for food industry and the characteristics exhibited by each one, as well as the application in meat products directly influence the sensory, physical-chemical and microbiological properties. The balance between soluble and insoluble fibers and the quantity added is essential to obtain products with the desired characteristics and quality. Thus, the formulation of hamburgers with the addition of dietary fiber can be advantageous, increasing the intake of foods with ingredients beneficial to health.

**Keywords:** Dietary fibers; Meat products; Fish; Resistant starch; White fibers.

### **Resumen**

La carne de pescado tiene una rica composición nutricional, pero el consumo per cápita de este alimento es bajo. Una estrategia para incrementar la ingesta de pescado se encuentra en la elaboración de productos cárnicos de pescado, como las hamburguesas. Sin embargo, la carne de pescado después de triturada, estructurada, congelada y descongelada tiene una alta sinéresis. El uso de carbohidratos no digeribles presenta una alternativa para aumentar el contenido de fibra dietética y la capacidad de retención de agua en las hamburguesas de pescado. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue realizar una revisión sistemática en importantes bases científicas, preferentemente de los últimos cinco años, sobre las

propiedades, aplicación y desempeño de las fibras dietéticas en hamburguesas de pescado. A través de los estudios se pudo constatar que las distintas fibras dietéticas existentes y las características que exhibe cada una, así como la aplicación en los productos cárnicos influyen directamente en las propiedades sensoriales, físico-químicas y microbiológicas. El equilibrio entre fibras solubles e insolubles y la cantidad agregada son fundamentales para obtener productos con características y calidad deseadas. Así, la preparación de hamburguesas con la adición de fibra dietética puede resultar ventajosa, aumentando la ingesta de alimentos con ingredientes beneficiosos para la salud.

**Palabras clave:** Fibras alimentarias; Productos de carne; Pescado; Almidón resistente; Fibras blancas.

## 1. Introdução

De acordo com o Decreto nº 9.013 do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), de 29 de março de 2017, “entende-se por pescado os peixes, os crustáceos, os moluscos, os anfíbios, os répteis, os equinodermos e outros animais aquáticos usados na alimentação humana” (Brasil, 2017). O pescado é considerado um dos alimentos mais importantes na dieta humana em muitos países por estarem interligados às questões culturais e sociais. Além disso, a ingestão de pescado pode estar relacionada com a busca por hábitos alimentares saudáveis, que contribuem para melhorar a qualidade de vida e reduzir o risco à saúde por estarem relacionados ao efeito protetor contra o desenvolvimento de doenças crônicas não degenerativas. Tais benefícios são devido à composição nutricional rica em proteínas de alta qualidade, lipídios (ricos em ácidos graxos essenciais), minerais e vitaminas (Gökoğlu & Yerlikaya, 2015; Lunkes, Paiva, Rubim, Ribeiro & Murgas, 2018). A qualidade proteica pode ser avaliada através do teor proteico, do balanço de aminoácidos (totais e essenciais), da digestibilidade de proteínas, do valor biológico da proteína, da razão de eficiência proteica (PER – protein efficiency ratio), pelo escore dos aminoácidos corrigidos pela digestibilidade da proteína (PDCAAS – protein digestibility-corrected amino acid score) ou pelo escore de digestibilidade de aminoácidos essenciais (DIAAS – digestible indispensable amino acid score) (Hayes, 2020; Mæhre, Dalheim, Edvinsen, Elvevoll & Jensen, 2018; Rutherford, Fanning, Miller & Moughan, 2015).

A fração da lipoproteína de alta densidade (HDL) representa o colesterol benéfico e as lipoproteínas de baixa densidade (LDL) corresponde ao colesterol ruim, logo, para a prevenção de doenças cardiovasculares são essenciais a presença de menor teor de LDL e

maior de HDL. Vale destacar que os ácidos graxos insaturados estão associados a diminuição de LDL e os saturados exibem capacidade de aumentar esse nível. Os peixes possuem índices de ácidos graxos poli-insaturados maiores, promovendo maiores concentração da fração HDL no organismo (Damodaran & Parkin, 2017) e menor teor de lipídeos em comparação com a carne vermelha e, por isso, estão associados à redução do risco de doenças cardiovasculares (Du et al., 2020). Além disso, o consumo da carne de peixe pode estar interligado à proteção contra o desenvolvimento de doenças, como a diabetes tipo 2 e alguns tipos de cânceres (Rondanelli et al., 2020).

Apesar dos benefícios à saúde promovidos pelo consumo de pescado, a ingestão desse alimento não é comum no Brasil e alguns fatores influenciam diretamente nesse baixo índice como a pouca variedade de subprodutos provenientes dessa matéria-prima, a localização geográfica de muitas cidades que não possuem litoral marítimo e a falta de praticidade no preparo (Delfino, Silva, Biassi, Poliseli-Scopel & Bairy, 2017). Segundo Gökoğlu e Yerlikaya (2015), outro fator que intervém diretamente é a deterioração dos produtos como consequência de fatores bioquímicos, rápido desenvolvimento microbiano e alterações químicas.

As principais espécies de peixes produzidas mundialmente em 2016 foram a carpa capim (*Ctenopharyngodon idellus*), a carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), a carpa comum (*Cyprinus carpio*) e a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), que representaram 11, 10, 8 e 8 % da produção total, respectivamente (FAO, 2018). Logo, a tilápia do Nilo está entre as espécies mais cultivadas no mundo, sendo que as principais formas de comercialização são os filés resfriados ou congelados, com rendimento correspondente a 35 % do peso total do peixe (Delfino et al., 2017). O congelamento é um método de conservação eficaz, mas não elimina todas as alterações indesejáveis, podendo induzir às modificações na estrutura muscular e alterações químicas, como: desnaturação de proteínas pelo frio, oxidação lipídica, encolhimento osmótico celular e danos mecânicos nos tecidos causados pela cristalização intracelular e extracelular da água (Gökoğlu & Yerlikaya, 2015). Um dos fatores que favorecem as reações nos processos metabólicos é o alto teor de água que a carne de peixe apresenta (aproximadamente 70 a 80 %), o que ocasiona a rápida deterioração em função da alta atividade de água (Gökoğlu & Yerlikaya, 2015; Rebouças et al., 2020).

Além disso, durante a etapa de descongelamento ocorrem danos aos alimentos, pois, a água rompe a ligação de hidrogênio com as proteínas e a parede celular devido aos cristais formados no interior das células. A perda de água (sinérese) e a redução da capacidade de retenção de água são os principais efeitos deletérios após o congelamento/descongelamento da

carne de peixe (Gökoğlu & Yerlikaya, 2015). A exudação da água está associada à baixa capacidade de retenção de água do pescado, ocasionando perda de massa, de qualidade tecnológica e de nutrientes importantes, diminuindo o valor de venda e causando perdas econômicas. A fim de aumentar a capacidade de retenção de água em produtos cárneos, alguns ingredientes ou aditivos alimentares podem ser adicionados, sendo os polifosfatos, os amidos (nativos e modificados) e as proteínas vegetais (soja) os mais utilizados (Daskalova, 2019).

Com o intuito de aproveitar melhor a carne de pescado, o desenvolvimento de processos e a produção de alimentos à base de peixe têm-se expandido industrialmente. O hambúrguer de peixe atende a essa demanda e apresenta preparo fácil e rápido, ressaltando a praticidade e a conveniência (Delfino et al., 2017). Como esclarece o Decreto nº 9.013, “hambúrguer é o produto cárneo obtido de carne moída das diferentes espécies animais, com adição ou não de ingredientes, moldado na forma de disco ou na forma oval e submetido à processo tecnológico específico” (Brasil, 2017). Conforme a Instrução Normativa nº 20 do MAPA, de 31 de julho de 2000, para garantia da qualidade e manutenção da identidade o produto deve conter obrigatoriamente carne, que pode ser de diferentes espécies, e apresentar ingredientes opcionais; além disso, deve atender as características sensoriais, físico-química e de acondicionamento adequado (Brasil, 2000b).

O perfil dos produtos à base de carne pode ser melhorado com a adição de ingredientes benéficos para o processamento e/ou para a saúde, como os de caráter funcional fisiológico e tecnológico. Dentre os ingredientes com propriedade funcional tem-se a fibra alimentar, a qual é vista como qualquer material comestível do qual as enzimas endógenas do sistema digestivo humano não são capazes de hidrolisar (Brasil, 2003). A adição de fibras alimentares nos produtos à base de carne, especialmente na carne moída, melhora as características sensoriais do produto acabado, a capacidade de retenção de água, ligação entre as partículas de carne e a vida de prateleira do produto cru (Balestra, Bianchi & Petracci, 2019). Vale ressaltar que o alimento é declarado fonte de fibra alimentar sempre que apresentar, no mínimo, 2,5 g de fibra por porção, e como alto teor de fibra alimentar quando possuir, no mínimo, 5 g de fibra por porção (Brasil, 2012); tendo como referência a porção de hambúrguer de 80 g/ml, correspondente à aproximadamente 125 kcal (Brasil, 2003).

No entanto, vale ressaltar que as fibras comuns podem influenciar as características sensoriais de maneira negativa. Logo, a substituição das fibras comuns pelas fibras brancas em produtos alimentícios é uma das opções para melhorar a aceitação, minimizando os efeitos sobre a cor, textura e aparência geral. A fibra insolúvel purificada de trigo, fibra insolúvel de

aveia, a  $\beta$ -glucana fibra solúvel de aveia, assim como fruto-oligossacarídeos, amidos resistentes e inulina são exemplos de fibras brancas (Ishida, 2012; Ishida & Steel, 2014).

Sendo assim, o principal objetivo do presente trabalho foi de realizar uma revisão sistemática sobre as propriedades das fibras alimentares, bem como a aplicação e o desempenho tecnológico e nutricional em hambúrguer de peixe.

## 2. Metodologia

O presente estudo trata-se de uma revisão sistemática de base qualitativa conforme proposto por Pereira, Shitsuka, Parreira e Shitsuka (2018). Visamos abordar as propriedades nutricionais e tecnológicas, a aplicação e o desempenho de fibras alimentares em produtos cárneos, em especial o hambúrguer a base de carne de peixe. Os estudos científicos foram selecionados através da realização de buscas em bases como ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com>), Scopus (<http://www.scopus.com>), Scielo – Scientific Electronic Library Online (<https://www.scielo.org/>), PubMed (MEDLINE) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>) e Portal de Periódicos CAPES/MEC (<http://www.periodicos.capes.gov.br>). Os artigos selecionados incluíram pesquisas científicas dos últimos cinco anos, ou quando apresentassem conteúdo específico da aplicação de fibras alimentares para o desenvolvimento de derivados cárneos.

## 3. Carnes

A “Carne” pode ser definida como os tecidos animais apropriados para a alimentação humana, sendo que o maior consumo é de carnes originárias de animais domésticos. As carnes são agrupadas em carnes vermelhas (bovinos, suínos, ovinos, caprinos, entre outras), carne de aves (por exemplo, frango, peru, patos), carne de caça (derivadas de animais não domesticados) (Koblitz, 2011) e de peixe, classificada de modo característico (Damodaran & Parkin, 2017).

De maneira geral, a carne apresenta composição muito variável (Tabela 1), sendo considerada uma importante fonte nutricional por apresentar elevada variedade e biodisponibilidade de nutrientes, destacável por ser fonte de proteínas de alta qualidade. A composição da carne e os atributos de qualidade dependem de fatores como espécie, raça, sexo, idade, estado nutricional e nível de atividade do animal. Além disso, o processo de pós-abate, área anatômica do corte, armazenamento e forma de cocção influenciam na composição

(Damodaran & Parkin, 2017).

**Tabela 1.** Composição aproximada de carnes (em %).

<b>Tipo</b>	<b>Identificação</b>	<b>Água</b>	<b>Proteínas</b>	<b>Lipídeos</b>	<b>Cinzas</b>	<b>Carboidratos</b>	<b>Referência</b>
<b>Bovina</b>	Músculo <i>psoas major</i>	74,35	16,93	2,72	1,27	4,73	Salim et al. (2019)
	Músculo <i>longissimus lumborum</i>	74,28	17,62	1,18	1,19	5,73	Salim et al. (2019)
	-	71,36	20,68	5,81	0,98	1,12	Schmiele et al. (2015)
	Lombo	71,11	22,06	5,93	1,05	0	USDA (2019)
	-	70,62	20,78	6,16	1,02	1,42	Damodaran e Parkin (2017)
	Costela	60,48	18,72	19,36	0,8	0,64	USDA (2019)
<b>Suína</b>	Lombo	76,00	20,95	2,17	1,03	0	USDA (2019)
	Paleta	72,63	19,55	7,14	1,02	0	USDA (2019)
	-	72,34	21,07	5,88	1,04	-	Damodaran e Parkin (2017)
	-	71,16	20,75	5,76	1,03	1,35	Schmiele et al. (2015)
	Costela	68,22	19,34	11,82	0,95	0	USDA (2019)

**Continuação da Tabela 1...**

	-	74,76	23,09	1,24	1,02	-	Damodaran e Parkin (2017)
<b>Ave</b>	Peito de frango	73,90	22,50	2,62	1,13	0	USDA (2019)
	Coxa	72,46	18,08	9,20	0,86	0,11	USDA (2019)
	Bacalhau	81,22	17,81	0,67	1,16	-	Damodaran e Parkin (2017)
	Tilápia	78,08	20,08	1,70	0,93	0	USDA (2019)
<b>Peixe</b>	Carpa	76,31	17,83	5,60	1,46	0	USDA (2019)
	Atum	68,09	23,33	4,90	1,18	2,5	Damodaran e Parkin (2017)

Fonte: Autores, (2020).

O tecido magro livre de lipídeos externos é constituído, aproximadamente, por 70 % de água, cerca de 18 a 23 % de proteína, e em torno de 1 a 1,2 % de minerais, sendo que a mudança da composição de lipídeos afeta a quantidade de água (Damodaran & Parkin, 2017). No filé de carne de peixe, a água representa cerca de 70 a 80 % (Gökoğlu & Yerlikaya, 2015).

Na carne, dentre os quatro componentes majoritários, a composição e a quantidade dos lipídeos são os mais variáveis, sendo que na carne bovina e de carneiro os ácidos graxos poli-insaturados estão presentes em menores índices e nos peixes em maiores índices (Tabela 2). A presença maior de ácidos graxos poli-insaturados é essencial, pois em temperaturas fisiológicas é necessária uma membrana celular fluida. No entanto, os ácidos graxos saturados são necessários para garantir a integridade dos tecidos adiposos. A natureza poli-insaturada dos fosfolipídios contribui para que seja bastante suscetível à oxidação o que favorece a deterioração da coloração e sabor da carne (Damodaran & Parkin, 2017). Ornaghi et al. (2016) citam que aproximadamente 48 % dos lipídeos da carne bovina é saturada e 52 % insaturada.



**Tabela 2.** Composição aproximada de lipídios (% da gordura total).

Espécie	Identificação	C18:1	C18:2	C18:3	EPA	DHA	Sat	MUFA	PUFA	Referência
<b>Bovina</b>	-	38,31	3,08	0,32	-	-	37,66	42,37	3,90	Damodaran e Parkin (2017)
	Lombo	37,07	3,47	0,22	0	0	36,95	40,20	4,32	USDA (2019)
	Costela	41,42	3,31	0,18	0,005	0,005	40,35	46,24	3,89	USDA (2019)
<b>Suína</b>	-	41,16	8,67	0,34	-	-	34,52	45,24	10,71	Damodaran e Parkin (2017)
	-	41,6	18,9	1,3			27,5	35,9	22,8	Bertol, Oliveira e Santos Filho (2019)
	Lombo	33,13	13,45	0,37	0	0	32,17	36,50	16,91	USDA (2019)
	Paleta	41,04	8,68	0,42	-	-	34,59	45,24	10,78	USDA (2019)
	Costela	21,79	7,51	0,35	0	0	20,05	23,37	8,17	USDA (2019)
<b>Ave</b>	-	20,16	13,71	0,81	-	-	26,61	24,19	22,58	Damodaran e Parkin (2017)
	Peito de Frango	22,25	12,10	0,50	0,115	0,153	21,49	26,30	16,18	USDA (2019)
	Coxa	33,87	18,42	0,96	0,033	0,076	26,73	40,42	21,36	USDA (2019)

**Continuação da Tabela 2...**

										Damodaran e Parkin (2017)
<b>Peixe</b>	Bacalhau	9,10	0,75	0,15	-	-	19,55	14,03	34,48	USDA (2019)
	Tilápia	22,29	9,29	1,94	0,294	5,06	34,41	29,29	21,35	USDA (2019)
	Carpa	20,54	9,23	4,82	4,25	2,04	19,34	41,57	25,55	USDA (2019)
	Atum	18,86	1,08	0,00	-	-	25,65	32,65	29,24	Damodaran e Parkin (2017)

C18:1 = ácido oleico; C18:2 = ácido linoleico; C18:3 = ácido linolênico; EPA = ácido ecosapentanoico; DHA = ácido docosahexanoico; Sat = ácidos graxos saturados; MUFA = ácidos graxos monoinsaturados; PUFA = ácidos graxos poli-insaturados. Fonte: Autores, (2020).

Os consumidores estão mais atentos à composição dos lipídeos na alimentação e alternativas têm sido estudadas a fim de melhorar essa composição na carne bovina, visto que a elevada ingestão de ácidos graxos saturados está relacionada à problemas com a saúde, como doenças cardiovasculares.

As carnes também são destinadas como matéria-prima para elaboração de novos produtos como os embutidos crus, cozidos ou emulsionados, os produtos reestruturados, empanados ou não, as carnes salgadas e secas, curadas ou não, àquelas curadas e cozidas, defumadas ou não, ou seja, as que são submetidas à processos tecnológicos que modificam as características originais de carne fresca, aumentando a vida de prateleira. Como exemplo de produtos derivados de carne têm-se os hambúrgueres, almôndegas, linguiças, salsichas, mortadelas, salames e outros (Koblitz, 2011).

De acordo com Instrução Normativa nº 20, almôndega e hambúrguer são produtos cárneos industrializados obtidos da carne moída dos animais de açougue e submetidos ao adequado processo tecnológico, classificados como produtos crus, semi-fritos, fritos ou cozidos. Sendo que para a almôndega, a carne pode ser de uma ou mais espécies, delineada na forma arredondada, adicionada de ingredientes e ser submetido ao processo de esterilização. O hambúrguer é moldado, sendo que os ingredientes e o tecido adiposo podem ou não serem adicionados e também pode se tratar de um produto congelado ou resfriado (Brasil, 2000b).

A mortadela e a linguiça, conforme a Instrução Normativa nº 4 do MAPA, de 31 de março de 2000, são produtos cárneos industrializados embutidos em envoltório artificial ou natural e classificado conforme a composição da matéria-prima e método de fabricação. A mortadela é obtida da emulsão das carnes de animais de açougue, adicionada de ingredientes, com adição de toucinho ou não, em formatos diferentes e submetida ao adequado tratamento térmico. Por outro lado, a linguiça pode ser classificada como produto seco, curado e/ou maturado, produto fresco, produto cozido e outros; obtida de carnes de animais de açougue, com adição ou não de tecidos adiposos, ingredientes e submetido ao adequado processo tecnológico (Brasil, 2000a). Vale ressaltar que no Decreto nº 9.013 do MAPA, de 29 de março de 2017, está incluso na definição de hambúrguer, mortadela, almôndega e linguiça que os mesmos são produtos cárneos obtidos de diferentes espécies animais, e não especifica o termo animais de açougue como descrito nas instruções normativas acima.

Em uma pesquisa realizada por Vessoni, Piaia e Bernardi (2019) com 505 consumidores, o hambúrguer se destacou em relação aos produtos cárneos, sendo consumido por 68,7 % dos indivíduos, seguido de presunto (57 %), salsicha (45,5 %), *nuggets* (38,8 %) e demais produtos. Os principais motivos indicados para consumo de hambúrguer foram sabor e praticidade, indicado por 66,1 % e 41,8 % dos participantes, respectivamente e apenas 1,4 % apontou que consome por ser saudável. Além disso, ainda sobre hambúrguer, 29,5 % relataram que o consumo ocorre uma vez por mês e 83,2% acreditam que o produto possui grande quantidade de lipídeos. Além disso, Trevisan, Bis, Henck e Barretto (2016) observaram que o hambúrguer cru congelado comercializado nos supermercados é a principal preferência dos consumidores.

No Brasil, o consumo per capita de carne bovina foi 42,12 kg/hab em 2018 (ABIEC, 2019), sendo que a carne de frango correspondeu à 41,99 kg/hab, a carne suína à 15,9 kg/hab (ABPA, 2020) e o consumo per capita de peixes correspondeu a menos que 10 kg/hab, como informa a Associação Brasileira de Piscicultura (Peixe BR, 2019). A praticidade é um dos requisitos que o consumidor tem almejado no preparo dos alimentos, por isso houve o aumento pela procura por alimentos semiprontos ou prontos. Os produtos à base de carne suína, bovina ou de aves tem atendido essa demanda através da oferta de alimentos como hambúrgueres, linguiças, almôndegas, salsichas e *nuggets*. Por outro lado, o peixe é comercializado principalmente in natura ou na forma de filé, sendo um dos fatores responsáveis para ser a fonte proteica de origem animal de menor consumo no país,

associados também à problemas na distribuição, rápida deterioração e falta de hábito dos consumidores (Caetano et al., 2020; Castro et al., 2020; Vieira et al., 2019).

Neste contexto, há a necessidade de alternativas que permitem a praticidade no preparo, que apresentem custo reduzido e valor nutricional agregado e que, conseqüentemente, contribuem para o aumento do consumo de peixes. O processamento do pescado possibilita o desenvolvimento de novos produtos, extensão da vida de prateleira e estimula o aumento do consumo, aproveitando completamente o pescado, até mesmo os de baixo valor comercial (Duran et al., 2017). O hambúrguer de peixe é um exemplo de derivado que apresenta boa aceitação sensorial, alto teor de proteínas e atende a necessidade de inovação para o setor cárneo (Serrão & Atayde, 2020).

Em produtos cárneos, o uso de agentes extensores é permitido e em muitas vezes necessário, desde que respeite à legislação. Os principais ingredientes utilizados para esta função são os amidos (nativos e modificados) e a proteína de soja, os quais podem ser aplicados em produtos como: salsichas, hambúrgueres, empanados e mortadelas. Vale ressaltar a importância tecnológica e que esses agentes apresentem propriedades de geleificação, hidratação, capacidade de retenção de água e emulsão, bem como alto valor nutricional e baixos custo e sabor residual. Estudos constataram que a elaboração de *fishburger* (hambúrguer de peixe) com adição de 2 % de proteína texturizada de soja e 1 % de amido de milho nativo manteve a qualidade sensorial e nutricional, bem como reduziu a perda de peso após a cocção e a tonalidade amarelada (Fay, Vieira, Silva, Veloso & Oliveira Filho, 2015).

Além desses, as maltodextrinas, que são obtidas da hidrólise incompleta de amidos, contribuem para o corpo e volume em matrizes alimentícias, além de serem insípidas, praticamente com ausência do sabor doce (Damodaran & Parkin, 2017).

Em relação à proteína não cárnea na forma agregada, a legislação estabelece limites para a adição em produtos cárneos. Por exemplo, em almôndega, hambúrguer e mortadela o máximo permitido é 4 %, sendo que nas mortadelas Bologna e Italiana apenas são permitidas as proteínas lácteas, e em linguça (com exceção de algumas) permite-se o teor máximo de 2,5 %. Como ingrediente opcional, a legislação deixa explícito que é permitido o uso de maltodextrina em hambúrguer e em almôndega como uso de extensor de massa (Brasil, 2000a; Brasil 2000b).

#### 4. Fibras Alimentares e suas Aplicações

A definição de fibra alimentar está em constante desenvolvimento e não há consenso mundial, sendo que as instituições e organizações possuem definições próprias. Por exemplo, o Codex Alimentarius (2017) considera fibra alimentar como os polímeros de carboidratos com dez ou mais unidades de monossacarídeos, resistentes à ação das enzimas endógenas no intestino delgado de humanos, ou seja, não são hidrolisados. Sendo esses polímeros de carboidratos presentes naturalmente nos alimentos ou extraídos de matérias-primas alimentares através de métodos enzimáticos, físicos ou químicos, e também os polímeros de carboidratos sintéticos, desde que comprovado o efeito fisiológico benéfico.

Vale ressaltar, que a decisão de considerar carboidratos de 3 a 9 unidades de monossacarídeos como fibra alimentar é atribuída as autoridades de cada país. Além disso, quando de origem vegetal a fibra pode incluir frações de lignina e/ou outros compostos associados aos polissacarídeos nas paredes celulares. Porém, a definição não engloba esses compostos quando são extraídos e reintroduzidos no alimento (Codex Alimentarius, 2017). No Brasil, conforme a Resolução nº 360 da ANVISA, de 23 de dezembro de 2003, fibra alimentar é definida como qualquer material comestível não hidrolisado pelas enzimas endógenas no intestino delgado humano (Brasil, 2003).

Em relação aos termos utilizados, o que corresponde melhor ao “dietary fiber” encontrado na literatura é o termo “fibra alimentar” ao invés de “fibra dietética”, visto que podem ocasionar interpretações equivocadas. Visto que, dietética pode remeter a ideia de refeições e dietas modificadas ou especiais (Catalani, Kang, Dias e Maculevicius, 2003).

As fibras alimentares podem ser categorizadas de acordo com a solubilização, fermentabilidade e estrutura ou origem (animal, vegetal ou sintética). Porém, para fins de classificação, essas informações não podem ser utilizadas de forma isolada por não englobar todos os aspectos das fibras (Mehta et al., 2019; Mudgil & Barak, 2019). No entanto, a classificação quanto a solubilidade em água e fermentabilidade no cólon humano são mais utilizadas. Sendo que, por natureza, as fibras fermentáveis são consideradas solúveis em água, enquanto as não fermentáveis ou menos fermentáveis são apontadas como insolúveis em água (Catalani et al., 2003; Mudgil & Barak, 2019).

As propriedades tecnológicas e efeitos fisiológicos são distintos para a fibra alimentar insolúvel e solúvel (Bis-Souza, Henck & Barretto, 2018). No entanto, no organismo humano, tanto as fibras solúveis quanto as insolúveis contribuem para aumentar a saciedade, evitar as dores causadas pela fome e reduzir o ganho de peso (Suharoschi et al., 2019).

As fibras solúveis são facilmente hidratáveis, com capacidade de formar gel, aumentar a viscosidade e possuem propriedades de emulsificação (Mehta et al., 2019). As gomas (guar, xantana, arábica, curdlana, ágar), pectina, inulina e  $\beta$ -glucana são exemplos de fibras solúveis (Mudgil & Barak, 2019). Os principais efeitos aos quais as fibras solúveis estão relacionadas são a diminuição do índice glicêmico, do colesterol e do risco de doenças cardíacas. São resistentes a digestão, mas são facilmente fermentáveis pelas bactérias do cólon em relação à fibra alimentar insolúvel. O processo de fermentação ocasiona a produção de ácidos graxos de cadeia curta (principalmente o ácido butírico), gases e outros metabólitos secundários que estimulam o crescimento de bactérias benéficas (Catalani et al., 2003; Menis-Henrique, Scarton, Piran & Clerici, 2020; Mudgil & Barak, 2019; Suharoschi et al., 2019). As fibras solúveis que proporcionam o crescimento de bactérias benéficas são chamadas de prebióticos, como por exemplo a inulina, os fruto-oligossacarídeos, os galacto-oligossacarídeos e os xilo-oligossacarídeos (Mudgil & Barak, 2019). Em relação a absorção de minerais pelo organismo humano, a presença dessas fibras pode gerar impacto positivo ou negativo, pois depende do tipo de fibra e da idade e da fisiologia dos indivíduos, entre outros fatores. O pH mais baixo devido a fermentação de algumas fibras alimentares, por exemplo, melhora a solubilidade mineral e aumenta o fluxo sanguíneo, promovendo a absorção de cátions (Verspreet et al., 2016). Entretanto, as fibras também estão associadas a ideia de diminuição na absorção de alguns minerais devido, por exemplo, a formação de quelatos (Catalani et al., 2003).

As fibras alimentares insolúveis (celulose, hemicelulose, lignina, entre outros) apresentam alta capacidade de retenção de água e são pouco ou não fermentáveis (Benito-González, Martínez-Sanz, Fabra & López-Rubio, 2019). Tais características provocam o aumento no volume fecal e na velocidade do trânsito no trato digestivo humano. Além disso, estão associadas à redução da resistência à insulina e do risco de diabetes tipo 2, além de melhorar os problemas de saúde correlacionados ao intestino e regularizar os movimentos intestinais (Suharoschi et al., 2019), proteger contra a infecção por vírus respiratórios (Antunes et al., 2019), proteger contra o desenvolvimento de alguns tipos de cânceres (Prado, Castro-Alves, Ferreira & Fabi, 2019), aumentar a imunidade do indivíduo e melhorar processos metabólitos do hospedeiro (Marques et al., 2020).

Os padrões de consumo alimentar estão em mudanças constantes. A principal tendência dos consumidores é a procura por alimentos que, além de seguros, ricos nutricionalmente e com alegações funcionais, também proporcionem bem estar e prazer. O aumento pela busca por alimentos com qualidade nutricional e sensorial que beneficiem a saúde estimula a realização de pesquisas sobre alimentos funcionais, como a aplicação de

fibras alimentares em alimentos. Visto que, além dos benefícios fisiológicos, devido as propriedades físico-químicas, a adição de fibras em produto alimentício influencia na qualidade do produto. As fibras solúveis nos alimentos, devido a capacidade de hidratação, melhoram propriedades tecnológicas e sensoriais (Menis-Henrique et al., 2020), assim como podem conferir estabilidade aos produtos pela capacidade de formação de gel (Vessoni et al., 2019). Também vale ressaltar que as fibras que exibem alta capacidade de retenção de água na matriz alimentar, proporcionam a melhora ou preservação da suculência (Carvalho et al., 2018). Além disso, podem conferir incremento nas propriedades de textura, gelificação, emulsificação, espessamento e estabilização em determinados alimentos (Hu & Yu, 2015).

A fim de obter produtos finais com as características desejáveis uma única fibra ou combinação de fibras podem ser inseridas na matriz alimentícia, pois, devido as características únicas de cada uma, quando combinadas se complementam. Além disso, alguns subprodutos agrícolas comuns são fontes de fibras e relativamente baratos o que beneficia a aplicação em alimentos (Balestra et al., 2019). As pesquisas tem analisado principalmente a introdução de fibras alimentares em produtos de farinha (como pão integral, macarrão e biscoitos), produtos à base de carne (como salsichas, surimi, almôndegas, emulsão de carne e outros produtos cárneos), laticínios (por exemplo, iogurte) ou utilização como aditivos (Yang, Ma, Wang & Zheng, 2017; Chagas et al., 2020).

Os produtos à base de carne são muito criticados pelo baixo teor de fibras e altos teores de lipídeos e sódio, sendo considerados prejudiciais à saúde. Neste sentido, as fibras têm sido introduzidas com o intuito de atuar como substituto de gordura (Schmiele, Mascarenhas, Barretto & Pollonio, 2015), mas também para agir como aglutinantes, extensores e enchimentos e, conseqüentemente, aumentar a quantidade de carboidratos não digeríveis (Balestra et al., 2019). A inserção de fibras em produtos cárneos pode influenciar nas propriedades físico-químicas dos produtos, como a capacidade de retenção de água, o pH e rendimento de cozimento, sendo que as variações desses parâmetros afetam as características gerais de qualidade. Vale destacar que as alterações dependem do processamento do produto à base de carne, das fontes e características da fibra (Mehta et al., 2019). Desse modo, promovem a elaboração de produtos mais saudáveis, mas sem alterar significativamente as propriedades tecnológicas e sensoriais (Bis-Souza et al., 2020), desde que seja realizada a combinação adequada conforme a necessidade de cada produto específico.

A capacidade de retenção de água em produtos à base de carne pode ser melhorada com a adição de fibras alimentares, o que implica no aumento da estabilidade da emulsão e do rendimento do cozimento (Mehta et al., 2019) ajudando no ganho econômico e podendo atuar como extensor. Além disso, a alta capacidade retenção de água pode auxiliar no controle da umidade e na formação de cristais de gelo, o que contribui para aumentar a estabilidade durante o congelamento/descongelamento, evitando a sinérese, e preservando a viscosidade e a textura de alguns produtos cárneos. Estes benefícios podem favorecer a qualidade do produto final, como a cor, a suculência, a aparência, a textura e o sabor (Balestra et al., 2019), influenciando na aceitabilidade dos produtos cárneos pelo consumidor, por estarem geralmente associados a esses parâmetros (Mehta et al., 2019). Vale ressaltar que a maioria das fibras devem possuir sabor neutro, contribuindo para melhorar a aceitação sensorial (Bis-Souza et al., 2020).

Outro fator que colabora com a aplicação das fibras alimentares em sistemas cárneos é a propriedade de gelificação, a qual favorece a viscosidade pela propriedade de ligação de hidrogênio polímero-água, diminuindo o encolhimento e estabilizando a estrutura, favorecendo a textura e a mastigabilidade, de maneira positiva. A capacidade de formação e características do gel pelas fibras alimentares são dependentes de alguns fatores como, por exemplo, o tamanho da partícula, a temperatura e o pH (Balestra et al., 2019).

Em produtos derivados de carne de peixe, a adição de fibra alimentar melhora as propriedades tecnológicas como gelificação e ligação com a água, complementando com as características de saudabilidade desses produtos. As fibras que apresentam perfil antioxidante quando inseridas em produtos de peixe reestruturados podem favorecer o atraso da oxidação lipídica de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), presentes nos peixes em quantidades consideráveis (Moreno, Herranz, Pérez-Mateos, Sánchez-Alonso & Borderías, 2014). Em produtos cárneos no geral, essa propriedade antioxidante de algumas fibras proporciona o prolongamento da vida de prateleira. Estudos para analisar a elaboração de produtos à base de peixes com adição de fibras tem sido realizado e observaram-se modificações no produto final (Figura 1) (Balestra et al., 2019).

A aplicação e desempenho de substâncias com considerável teor de fibra alimentar (como farelo de trigo e amido modificado) em hambúrguer de peixe foi alvo de alguns estudos. No entanto, quanto as outras fibras alimentares, como a inulina e o fruto-oligossacarídeo, foram localizadas estudos sobre a incorporação destas apenas em produtos à base de carne suína, bovina ou de aves. Porém, diante dos resultados apresentados nesses



produtos, pode ser promissor a inserção dessas fibras alimentares em produtos à base de carne de peixe.

**Figura 1.** Aplicação de fibras alimentares em hambúrguer de peixe.



Fonte: Autores, (2020).

#### 4.1. Amido Resistente

O amido é um polissacarídeo composto por monômeros de glicose, formado por dois polímeros: a amilose e a amilopectina. A amilose é uma molécula linear em que as glicoses estão unidas por ligações glicosídicas  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4), e a amilopectina é ramificada, as unidades de glicose estão conectadas por ligações glicosídicas  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) e  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6) (responsável pela ramificação) (Mudgil & Barak, 2019). Estão presentes em alimentos como cereais, batatas, bananas e legumes. Quanto à digestibilidade, o amido pode ser classificado como de digestão rápida, digestão lenta ou amido resistente (Lockyer & Nugent, 2017).

O amido resistente é aquele que resiste à digestão pelas enzimas amilolíticas do trato gastrointestinal superior composto pela boca, estômago e intestino delgado, no entanto, é fermentável no intestino grosso e está associado a diversos benefícios à saúde (Ashwar, Gani, Shah, Wani & Masoodi, 2015; Lockyer & Nugent, 2017), por exemplo, redução do índice glicêmico e dos níveis de colesterol (Ashwar et al., 2015). Logo, é considerado uma fibra alimentar e, apesar de algumas literaturas afirmarem que o amido resistente tem potencial prebiótico, mais estudos sobre a capacidade do amido resistente estimular o crescimento de bactérias benéficas são necessários para tal confirmação e reconhecimento pelos órgãos competentes. A resistência à digestão e taxa de fermentação provavelmente estão interligados ao tipo de amido resistente, que depende de fatores como a proporção de amilose e

amilopectina e outros. Sendo a amilose menos suscetível à hidrólise, o teor de amido resistente (AR) do amido está relacionado de maneira positiva à quantidade de amilose presente (Lockyer & Nugent, 2017).

Em relação à classificação, existem cinco tipos de amido resistente, sendo: amido resistente tipo 1 (AR1), tipo 2 (AR2), tipo 3 (AR3), tipo 4 (AR4) e tipo 5 (AR5). Sendo que o AR1 e AR2 podem ser encontrados em alimentos naturais e o AR3, AR4 e AR5 são preparados ou formados por meio de modificações químicas, físicas e/ou enzimáticas (Jaekel, Schmiele & Chang, 2020). Entretanto, apesar da classificação, dentro de um único grupo pode não haver homogeneidade das características (Ma & Boye, 2017).

O amido resistente tipo 1 é inacessível fisicamente às enzimas digestivas e pode ser aplicado em diversos alimentos convencionais (grãos, sementes, folhas) e processados (macarrão). O amido resistente tipo 2 é constituído por grânulos nativos, em que a estrutura cristalina proporciona a resistência à digestão e estão presentes em alimentos como batata crua, amido de banana verde e amido de milho com elevado teor de amilose (um AR2 em especial, que apresenta estabilidade para maioria das operações de cozimento). O amido retrogradado, ou seja, submetido à gelatinização com posterior resfriamento para favorecer a retrogradação. Desta forma ocorre a formação de hélices duplas resistentes à digestão, sendo assim denominado de amido resistente tipo 3. O amido resistente tipo 4 é aquele modificado quimicamente através reticulação, eterização ou esterificação, tais modificações proporcionam a resistência à digestão. O amido resistente tipo 5 é definido como o complexo amilose-lipídio, formado durante o processamento e alterações após o cozimento (Ashwar et al., 2015).

No geral, o amido resistente apresenta comportamento de fibra alimentar insolúvel, mantendo a sensação na boca e a palatabilidade (Mehta, Ahlawat, Sharma & Dabur, 2013) e não promove modificações sensoriais como as fibras de fontes tradicionais quando incorporado em alimentos. O uso de amido resistente comercial em produtos alimentícios é promissora devido à algumas características que favorecem a aceitabilidade e palatabilidade, como sabor suave, baixa capacidade de retenção de água (dependendo do tipo de amido resistente), além de apresentar cor branca e serem partículas pequenas, que proporciona textura suave e adequada (Ma & Boye, 2017). Vale destacar a complexidade da utilização do amido resistente de ocorrência natural em alguns sistemas alimentares, visto que podem ser danificados devido ao método de processamento do alimento, como por exemplo àquelas submetidas à altas temperaturas (Lockyer & Nugent, 2017). Em particular, o AR3 apresenta

estabilidade térmica durante o cozimento, desse modo a aplicação em alimentos é ampliada (Ma & Boye, 2017).

Os amidos modificados e nativos, principalmente de arroz, batata, milho e tapioca são aplicados em alguns alimentos por exibirem propriedades gelificantes e espessantes (Pop et al., 2019). Em produtos assados, pães, macarrão e bebidas preparados com amido resistente, os estudos apontam que pode haver melhora no sabor, cor, sensação na boca, expansão e/ou crocância (Ma & Boye, 2017). O AR4 tipo de amido resistente preparado por reticulação (do amido de milho e tapioca) tem sido aplicado a fim de proporcionar maciez, fluidez e textura polpuda, em alimentos submetidos à alta temperatura e pH baixo (Ashwar et al., 2015). Em produtos à base de peixes, em geral, há poucos estudos sobre a incorporação de amidos modificados (Acosta-Pérez et al., 2019).

Acosta-Pérez et al. (2019) realizaram a incorporação de amidos nativos e modificados de raiz de chuchuzeiro - *chayotextle* (*Sechium edule*) e batata em hambúrgueres de peixe de truta arco-íris e, desse modo, durante 21 dias de armazenamento a 0 °C efetuou-se análises de pH, conteúdo de amido resistente, capacidade de retenção de água, textura, conteúdo de malonaldeído e propriedades sensoriais. O hambúrguer de peixe de truta de arco-íris com adição de amidos modificados e nativos resultou em melhor capacidade de retenção de água, textura e estabilidade de pH, além de exibir valores de oxidação lipídica inferior ao comparar com o de formulação controle. Especificamente o elaborado com amido modificado com ácido apresentou alto teor de amido resistente e maior aceitabilidade sensorial. Logo, a adição de amidos modificados apresentou resultados benéficos, com melhorias sensoriais e das propriedades físico-químicas.

O AR5 é tradicionalmente obtido pela desramificação das cadeias lineares da amilopectina pela pululanase, com posterior complexação das dextrinas com ácidos graxos (BeMiller, 2020). Método emergente de processamento ambientalmente amigável tem sido proposto por Schmiele e colaboradores para a obtenção de AR5 por meio de extrusão termoplástica, onde o extrusor atua como um reator para promover a termodextrinização do amido e, ao mesmo tempo, promove a formação do complexo dextrina-lipídeo (Schmiele, Hori, Clerici & Chang, 2017).

#### **4.2. Inulina e oligossacarídeos**

Os oligossacarídeos são biopolímeros de carboidratos compostos por 2 a 10 unidades de monossacarídeos, podendo ser lineares ou ramificadas, interligados por ligações

glicosídicas. Os fruto-oligossacarídeos, galacto-oligossacarídeos (GOS), xilo-oligossacarídeos (XOS), manano-oligossacarídeos (MOS), lactulose, estaquiose e rafinose estão entre os principais oligossacarídeos (Zhao et al., 2017).

O fruto-oligossacarídeo está presente naturalmente em alimentos como cebola, alcachofra, alho, chicória, aspargo e em alguns micro-organismos; são pertencentes ao grupo dos frutanos (Zhao et al., 2017). Considerado um carboidrato de cadeia curta ou média, o fruto-oligossacarídeo é formado por oligômeros de frutose, principalmente, de 1-kestose, nistose e 1-frutofuranosil-nistose cujas unidades de frutofuranosil estão ligadas por ligações  $\beta$ -(2 $\leftrightarrow$ 1) na molécula da sacarose (Passos & Park, 2003). Sendo que esse tipo de ligação glicosídica na forma  $\beta$  confere resistência à hidrólise pelas enzimas salivares e digestivas, ou seja, não são digeridas no organismo humano, mas podem ser fermentados no cólon pelas bactérias anaeróbias endógenas (as bifidobactérias) ou servirem de substratos para micro-organismos probióticos adicionados intencionalmente aos alimentos. Principalmente pelas características funcionais, essa fibra demonstrou benefícios à saúde, aliados na prevenção de doenças crônicas não degenerativas, contribuindo para a redução dos teores de glicose pós-prandial e níveis de colesterol, além de não serem cariogênicos (Rosa & Cruz, 2017).

Rosa e Cruz (2017) relatam ainda que o fruto-oligossacarídeo apresenta propriedades físico-químicas favoráveis à aplicação em alimentos. São consideradas fibras estáveis, altamente higroscópicas e resistentes a tratamento térmico brando, como o processo de pasteurização. Além disto, estas fibras mantem a viscosidade, não precipitam e cristalizam, são isentas ou apresentam baixas calorias e possuem ausência de sabor residual. Nas indústrias alimentícias, os fruto-oligossacarídeos podem ser acrescentados em barras de cereais, biscoitos, bebidas lácteas e leites fermentados, sorvetes, cremes vegetais, patês e sobremesas. Na forma comercial, os fruto-oligossacarídeos são ingredientes caros e podem ser obtidos por dois processos distintos, por hidrólise enzimática da inulina ou transfrutossilagem enzimática da sacarose.

A inulina é um polissacarídeo que está presente em aproximadamente 36.000 espécies de plantas, sendo a raiz de chicória a fonte mais abundante e usada para a extração comercial; quando obtida das raízes da chicória é constituída, em média, por 2 a 60 unidades de frutose. Essa fibra é categorizada como biopolímero de carboidrato não digerível, os chamados frutanos, composta por unidades de  $\beta$ -D-frutofuranosil ligadas por meio da ligação  $\beta$ -(2 $\leftrightarrow$ 1). Como dito, a inulina não é digerível devido ao fato da hidroxila do carbono anomérico possuir configuração  $\beta$ ; porém, a substância é fermentada no intestino grosso. A inulina tem sido utilizada para desenvolvimento de produtos alimentícios funcionais (por exemplo, barras

nutricionais, matinais e energéticas e hambúrguer vegetal como fonte de fibra alimentar). Além disso, no setor alimentício é usada para substituição de gordura e alteração da textura em alguns produtos, pois gelifica quando soluções quentes são resfriadas. A inulina pode ser obtida através de fontes vegetais ou bacterianas e a funcionalidade está relacionada com o grau de polimerização e ramificação (Mudgil & Barak, 2019).

A quantidade de moléculas de frutose que constitui a inulina e o fruto-oligossacarídeo é o que diferencia essas duas fibras (Rosa & Cruz, 2017). Ambas são solúveis em água e beneficiam a saúde do ser humano, contribuindo para a redução da concentração de colesterol LDL no sangue evitando o progresso de doenças crônicas não transmissíveis; além de promover o crescimento e a atividade de bactérias benéficas no intestino humano, sendo denominadas de prebióticos (Bis-Souza et al., 2018).

Devido a todas as questões abordadas, essas fibras têm sido utilizadas em diversos estudos para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios. Um desses trabalhos foi realizado com o objetivo de analisar as propriedades sensoriais, microbiológicas e físico-químicas de hambúrgueres bovino com baixo teor de gordura elaborados com a adição das fibras: fruto-oligossacarídeo, inulina, fibra de aveia e fibra de trigo. No que se refere ao fruto-oligossacarídeo e à inulina, neste estudo foram preparados hambúrgueres com redução de 50 % de gordura de porco (em relação a formulação controle) e adição de 3 e 6 % de fruto-oligossacarídeo ou inulina. O desempenho foi avaliado em relação ao rendimento e os valores de TBARS (substâncias reativas do ácido tiobarbitúrico), o qual avalia o grau de oxidação dos lipídeos. As quatro formulações citadas anteriormente não apresentaram diferença com a adição das fibras quanto à formação de hidroperóxidos. As fibras solúveis apresentaram maior aceitação sensorial, com destaque para o produto que possuía em sua composição 6 % de inulina, a qual demonstrou ser a melhor alternativa para aplicação em hambúrguer de carne com baixo teor de gordura (Bis-Souza et al., 2018).

Bis-Souza et al. (2020) também realizaram estudos para verificar os efeitos da substituição parcial da gordura de porco por fibras alimentares de cadeia curta (inulina, fruto-oligossacarídeos e  $\alpha$ -dextrina) sobre as características tecnológicas e sensoriais do salame italiano com baixo teor de gordura. A partir das análises realizadas observaram que a atividade de água ( $a_w$ ), a perda de peso e o pH durante a maturação não foram afetados, mas a aceitação sensorial, a textura e a tonalidade vermelha do produto em que ocorreu a adição de até 2 % de inulina ou fruto-oligossacarídeo resultaram em uma melhora considerável. Em contrapartida, a adição de até 2 % de  $\alpha$ -dextrina apresentou uma redução na tonalidade vermelha e amarela e aumento da luminosidade. Quando usadas de forma combinada, as três

fibras resultaram no aumento da tonalidade amarela dos hamburques. Portanto, a inulina ou o fruto-oligosacarídeo apresentaram-se como uma boa estratégia para substituição parcial da gordura de porco, com características sensoriais e tecnológicas favoráveis, além de proporcionarem um produto fermentado com propriedade funcional e mais saudável aos consumidores.

### 4.3. Quitosana

A quitosana é um biopolímero de origem animal derivado da desacetilação da quitina, constituído por unidades de 2-amino-2-deoxi-D-glicopiranosose (D-glucosamina) e 2-acetamido-2-deoxi-D-glicopiranosose (N-acetil-D-glucosamina) conectados através de ligações glicosídicas  $\beta$ -(1→4) (Barros et al., 2020; Chagas et al., 2020). Devido ao tipo de ligação, a quitosana não pode ser hidrolisada no organismo humano, logo é denominada como fibra alimentar (Chagas et al., 2020).

As fontes de quitina e, conseqüentemente, de quitosana são os insetos, os fungos, as leveduras e, principalmente, o exoesqueleto de crustáceos (Barros et al., 2020; Chagas et al., 2020), sendo essa fonte usualmente utilizada pelo baixo custo de produção, visto que a maioria é obtida dos resíduos de crustáceos descartados após o processamento (Fráguas et al., 2015). Em nível industrial, a quitosana geralmente é extraída do exoesqueleto de crustáceos através da hidrólise alcalina da quitina. Quando o grau de desacetilação é maior que 50 %, a quitina apresenta perfil solúvel em meio aquoso produzindo a quitosana. A obtenção também pode ser a partir da desacetilação microbiológica, porém é menos usual por causa do custo elevado (Barros et al., 2020).

Os benefícios à saúde pelo consumo da quitosana estão associados à perda de peso corporal, visto que a fibra alimentar aumenta a saciedade, e à prevenção de doenças, devido à redução dos níveis de colesterol no sangue (Chagas et al., 2020). Tanto que a Instrução Normativa nº 28, da ANVISA, de 26 de julho de 2018, permite a seguinte alegação funcional em suplementos alimentares que forneçam, no mínimo, 3 g de quitosana na recomendação diária de consumo: “A quitosana auxilia na manutenção dos níveis de colesterol sanguíneo” (Brasil, 2018).

Essa fibra apresenta ação antimicrobiana, capacidade de formação de gel, boas propriedades mecânicas, biocompatibilidade, efeito antioxidante, além de atuação como emulsificante e estabilizante. Devido às propriedades da quitosana, esta fibra alimentar apresenta versatilidade tecnológica e funcional, expandindo a utilização em alimentos. Nesse

contexto, a aplicação de quitosana é promissora na conservação dos produtos alimentícios, formação de filmes biodegradáveis e revestimentos comestíveis, promovendo melhor segurança alimentar e prolongamento da vida útil (Barros et al., 2020; Chagas et al., 2020).

A quitosana pode ser empregada em produtos alimentícios como: macarrão, biscoitos dietéticos, produtos à base de vinagre, mistura de farinhas com baixo teor ou isentos de glúten e snacks extrusados (Chagas et al., 2020), e também pode ser utilizado na clarificação de sucos e na encapsulação de aromas (Barros et al., 2020; Resende, 2016) e na produção de filmes (Zhang, Dong, Gao, Chen & Vasanthan, 2020). Assim como ajuda na conservação de bacalhau, sardinha, molho de soja, patê de carne, macarrão, alho e frutas (como, manga, maçã, morango, banana, mamão papaia, uvas, pêssego dourado e goiaba) (Barros et al., 2020).

A incorporação da quitosana em produtos derivados de pescados pode apresentar benefícios pelas características antioxidante e antimicrobiana, influenciando na conservação e favorecendo a vida de prateleira (Farias, Ambrósio, Vieira, Menezes & César, 2019). Han et al. (2018) avaliaram os efeitos da adição de quitosana em emulsão de carne de porco, para isso foram realizadas análises de oxidação proteica e lipídica, bem como a avaliação da textura, microestrutura, mobilidade e distribuição de água. A incorporação da fibra resultou em melhor capacidade de ligação à água, textura mais firme e redução, em média de até duas vezes, dos produtos de oxidação lipídica.

Farias et al. (2019) analisaram a adição de quitosana como substituto de gordura em hambúrgueres elaborados com filé de tilápia a fim de averiguar as características sensoriais, microbiológicas e de cocção dos produtos. Para isso, foram preparadas duas formulações, a controle, com ausência de quitosana e adição de 3,75 % de óleo de soja, e outra com substituição do óleo por 3,75 % de quitosana. Ambas apresentaram resultados microbiológicos conforme limite indicado pela legislação e exibiram semelhanças nas características sensoriais, logo, não houve interferência significativa. No entanto, a presença de fibra no hambúrguer de peixe e ausência de óleo influenciaram as características de cocção, reduzindo a umidade e a capacidade de retenção de água.

#### **4.4. Fibras lignocelulolíticas**

##### **4.4.1. Celulose**

Cruz-Requena et al. (2019) indicaram que a celulose é talvez a mais abundante substância orgânica da natureza e a principal componente das paredes celulares das plantas,

principalmente em cereais e vegetais, e normalmente associada com hemicelulose e lignina. A celulose é classificada como um homopolissacarídeo formado pela polimerização de monômeros de  $\beta$ -D-glicopiranosil conectados através de ligações glicosídicas  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4), sendo uma fibra insolúvel e, conseqüentemente, não fermentável, apresentando regiões cristalinas e amorfas. Na forma nativa é uma cadeia linear composta de 10.000 a 15.000 unidades de glicose, estabilizadas por ligações de hidrogênio intramoleculares que, conseqüentemente, geram microfibrilas rígidas, não flexíveis e cristalinas. A estrutura fibrosa possibilita a alta capacidade de absorção de água, sendo responsável pela densidade, cristalinidade e resistência à hidrólise enzimática e química (Mudgil & Barak, 2019). Seres humanos não metabolizam a celulose, pois não possuem enzimas endógenas que hidrolisam ligações  $\beta$ -D-(1 $\rightarrow$ 4) glicosídicas.

#### **4.4.1.1. Carboximetilcelulose (CMC)**

As propriedades da CMC dependem do grau e grupos de substituição, bem como do peso molecular (Gibis, Schuh & Weiss, 2015). Han et al. (2018) investigou os efeitos da adição de carboximetilcelulose (CMC) (2 % m/m) a um produto preparado com carne de porco, a fim de avaliar a mobilidade e distribuição da água, oxidação proteica e lipídica, textura e na microestrutura essencial na carne triturada. A adição de CMC melhorou a capacidade de retenção de água, não obteve efeito expressivo na oxidação lipídica e em relação a textura ocorreu a redução na dureza.

#### **4.4.1.2. Celulose microcristalina (MCC)**

A celulose microcristalina (MCC) pode ser obtida por meio da hidrólise da celulose com ácidos, sob condições controladas, que resulta na decomposição das regiões amorfas da celulose e liberação das regiões cristalinas estáveis e resistentes. Sua conformação depende do grau de substituição, tamanho das partículas, viscosidade e características de hidratação (Fani, 2018). As propriedades da MCC dependem do grau e grupos de substituição, bem como do peso molecular (Gibis, Schuh & Weiss, 2015).

Como indicou Fani (2018), a MCC é um ingrediente multifuncional, atuando como modificador de textura, inibidor na formação de cristais de gelo, controlador de viscosidade, agente de geleificação, estabilizador de suspensão e de formas, substituto de gordura, emulsificador e na absorção e retenção de água e óleo, entre outros. Devido a sua



multifuncionalidade, a MCC tem alta aplicabilidade em produtos alimentícios, sendo que pode ser encontrada no comércio em pó, em pasta ou na forma coloidal.

Uma das principais aplicações da celulose microcristalina é como substituto de gorduras em produtos de panificação, molhos, coberturas e glacês, sobremesas geladas, produtos cárneos, frituras e sopas. A MCC não é calórica e sua capacidade em agir como estabilizante é muito útil para substituições de gordura favorecendo formulações com baixo teor de gordura. Além disso, proporciona textura semelhante à dos alimentos que contêm óleo ou gordura. A estrutura de rede tridimensional das partículas de MCC assegura estabilidade térmica e alta capacidade de retenção de água, evitando a sinérese (Fani, 2018).

#### **4.4.1.3 Celulose amorfa**

A fibra de celulose amorfa é uma fibra insolúvel que pode ser encontrada no pericarpo ou na casca de aveia, soja, grãos de arroz, trigo ou milho, bem como na parte vegetativa (folhas e caule). Na forma comercial se encontra em pó e quando reidratado forma gel, apresentando aproximadamente a proporção de 80:20 de celulose:hemicelulose. No setor alimentício é utilizado em produtos de panificação, lácteos e como substituto da gordura em produtos à base de carne (Schmiele et al., 2015).

A aplicação da fibra de celulose amorfa em sistema modelo a base de carne (bovina e suína) emulsionada e cozida foi estudada por Schmiele et al. (2015) com o intuito de substituir a gordura pela fibra de celulose amorfa, visto que a ingestão de gordura está relacionada com o aumento do risco de doenças cardiovasculares, obesidade e diabetes. A fibra utilizada proporcionou um produto final com redução significativa de gordura (em média, 50 %) com o uso de 1,3 g / 100 g de fibra de celulose amorfa, mantendo as propriedades tecnológicas semelhantes. Os resultados indicaram que não houve interferência na força de cisalhamento, mas resultou no aumento da estabilidade da emulsão, na dureza, na consistência, na coordenada  $b^*$  da cor instrumental e na perda de peso (devido ao armazenado por 14 dias). Portanto, o uso da fibra de celulose amorfa em produtos à base de carne mostrou-se vantajoso e promissor.

#### **4.4.2. Hemicelulose**

A hemicelulose é um heteropolissacarídeo constituído por 50 a 200 monossacarídeos e uma estrutura mais complexa em comparação com a celulose. Desta forma, apresenta várias

cadeias laterais ligadas na cadeia principal, sendo constituída por diferentes tipos de monômeros. Os resíduos monoméricos são compostos por seis (glicose, galactose, manose, ácido glucurônico) ou cinco (arabinose, xilose) carbonos, principalmente, podendo possuir ainda a fucose e a ramnose na estrutura química. Estes monossacarídeos estão conectados entre si por ligações glicosídicas  $\beta$ -(1→2; 1→4; 1→6) (Mudgil & Barak, 2019).

A hemicelulose se encontra na parede celular das plantas e está interligada a outros componentes, podendo ser isolada a partir da remoção da pectina, seguida pela extração da hemicelulose das paredes celulares das plantas utilizando solução alcalina. As hemiceluloses não estão disponíveis de forma pura para a comercialização, pelo fato de que o processo de extração e remoção das substâncias com as quais estão ligadas ainda é um processo complexo e de alto custo (Mudgil & Barak, 2019).

A hemicelulose está presente no farelo de arroz, sendo que este é obtido após o beneficiamento do arroz, resultando em duas frações: o farelo de arroz, subproduto obtido das camadas externas do arroz sendo fonte de proteínas, fibras alimentares, minerais e ácidos graxos; e o arroz branco polido, fonte de amido e principal precursor de energia na dieta humana (Mudgil & Barak, 2019).

O farelo de arroz é utilizado na alimentação animal em pequenas proporções, mas principalmente é utilizado como fonte de energia nas próprias unidades de beneficiamento de arroz (Hu & Yu, 2015). Como citado por Mudgil e Barak (2019), o farelo de arroz tem aplicações em alimentos preparados e funcionais, destacando-se: salgadinhos, produtos de panificação, massas alimentícias, alimentos sem glúten, bebidas e produtos à base de carne. Tendo conhecimento das propriedades funcionais pode-se elevar as aplicações do farelo em produtos alimentares que contribuem para melhor aceitação dos alimentos pelos consumidores.

Hu e Yu (2015) extraíram a hemicelulose B (RBHB) do farelo de arroz, para isso os lipídios, as proteínas e o amido foram removidos, e a hemicelulose B extraída com hidróxido de sódio. Do farelo de arroz também houve a extração da fibra alimentar insolúvel (RBDF), primeiramente, o farelo foi embebido com água deionizada e depois realizaram a remoção do amido e das proteínas. A partir disso, a hemicelulose B (RBHB) e a fibra alimentar insolúvel (RBDF) foram utilizadas para a elaboração de almôndega de vitela com baixo teor de gordura, sendo três formulações: almôndegas com 2, 4 e 6 % de hemicelulose B ou fibra alimentar insolúvel. Os resultados indicaram que a hemicelulose B e a fibra alimentar insolúvel favorecem a alta capacidade de retenção de água, e ainda que a hemicelulose B exibe alta capacidade de absorção de gordura. As formulações com 2, 4 e 6 % hemicelulose B foram

globalmente aceitas pelas análises sensoriais e apontaram concentrações menores de ácidos graxos trans e de gordura total em relação à amostra controle (formulação com 10 % de teor de gordura). Tais resultados confirmam a melhora nutricional do alimento, proporcionando benefícios à saúde pela adição da hemicelulose B do farelo de arroz. Dentre estes benefícios está incluso a diminuição do colesterol no sangue e a prevenção do câncer de cólon.

## **4.5. Cereais e Pseudocereais**

### **4.5.1. Cereais**

Os cereais podem ser definidos como a semente ou grão comestível oriundos das gramíneas cultivadas (Jaekel & Schmiele, 2015), são alimentos que se destacam mundialmente, em especial o trigo, o arroz e o milho. É notório a elevada ingestão de produtos de cereais refinados, porém o estímulo ao consumo de farelo de cereais ou grãos inteiros tem aumentado pelo reconhecimento como fonte de fibra alimentar, além da presença de outros compostos bioativos. Os grãos inteiros são ricos em fibras, que se concentram no pericarpo, também denominado de farelo. O farelo de cereais é obtido a partir do processo de moagem dos grãos e tem sido utilizado amplamente como ração animal. No entanto, houve uma intensificação do uso desta fração morfológica do grão no desenvolvimento de produtos alimentícios mais saudáveis. O farelo de cereais apresenta uma composição química complexa, visto que além de proteínas, amido, minerais, vitaminas e lipídeos, também possui fibras alimentares, polifenóis, fitoesteróis e ácidos fenólicos benéficos à saúde. Entretanto essa composição varia conforme as características do grão, etapas de moagem e condições de armazenamento (Menis-Henrique et al., 2020).

#### **4.5.1.1. Fibra de trigo**

O farelo corresponde a aproximadamente 14,5 % do grão de trigo, é uma importante fonte de fibras alimentares (Jaekel & Schmiele, 2015). Conforme os dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TBCA (2020), as fibras correspondem a 46,4 g a cada 100 g de farelo. Sendo que as principais fibras presentes são arabinosilanas (36,5 %), celulose (11 %) e lignina (3 a 10 %) (Santos & Medeiros, 2016).

O farelo de trigo é obtido através da moagem do grão de trigo e considerado a melhor fonte de fibra alimentar insolúvel (Balestra et al., 2019), que estão associadas a prevenção de

constipação quando associadas à ingestão adequada na quantidade de água, redução do risco do câncer de colón e regulação do peso corporal (Bis-Souza et al., 2018).

A fibra de trigo apresenta pouco sabor (Balestra et al., 2019). As arabinosilanas do farelo de trigo possuem alta capacidade de retenção de água e propiciam a formação de adequada viscosidade em soluções aquosas. Além disso, possuem compostos fenólicos bioativos (principalmente o ácido ferúlico) apresentando dessa maneira propriedades antioxidantes (Santos & Medeiros, 2016).

Os derivados do trigo são utilizados na alimentação humana, principalmente na preparação de massas alimentícias, bolos e pães (Jaekel & Schmiele, 2015). Em produtos cárneos, o farelo de trigo pode ser incorporado, por exemplo, com a finalidade de substituir a gordura e aumentar a capacidade de retenção de água, favorecendo o desenvolvimento de textura adequado e aumentando o rendimento durante a etapa de produção. Além disso, pode favorecer a formação e estabilidade de emulsões (Balestra et al., 2019).

Os efeitos da aplicação do farelo de trigo em produtos à base de carne de peixe foram avaliados por Raúl et al. (2018). Os autores elaboraram hambúrgueres de filé de biquara com 0, 1, 2 e 3 % de farelo de trigo e realizaram análises sensoriais, físico-químicas e microbiológicas. Em geral, houve redução da dureza e da coesividade e aumento no encolhimento durante o cozimento. Os resultados indicaram que quanto maior a porcentagem de farelo de trigo menor a umidade e maior o nível de fibras alimentares, carboidratos, proteínas, cinzas e valor energético (em função do balanço de massa). Além disso, os hambúrgueres que continham maiores níveis de farelo de trigo exibiram tonalidade amarelo avermelhada. Em relação as análises microbiológicas, todos apresentaram valores inferiores ao limite máximo tolerado pela legislação brasileira vigente. Os hambúrgueres adicionados até 2 % de farelo de trigo obtiveram a melhor aceitação global pelos julgadores. Dentre todos, o hambúrguer de peixe elaborado com filé de biquara com adição de 2 % de farelo de trigo manifestou aceitação sensorial satisfatória, composição físico-química adequada e boa qualidade higiênico-sanitário.

Outro estudo envolvendo a inclusão de fibras em produto cárneo foi desenvolvido por Bis-Souza et al. (2018), que elaboraram hambúrgueres de carne bovina com 3 e 6 % de fibras insolúveis (fibra de aveia e fibra de trigo) e de fibras solúveis (fruto-oligossacarídeo e inulina), a fim de realizar análise sensorial, físico-química e microbiológica. Em relação aos hambúrgueres elaborados com 3 e 6 % de fibra de trigo e redução de 50 % de gordura de porco observaram aumento na dureza. O hambúrguer bovino com incorporação de 6 % de fibra de trigo apresentou redução no encolhimento, mas exibiu a menor aceitação global. Em

geral, a adição das fibras não interferiu nos valores de TBARS e as fibras insolúveis contribuíram para o aumento da dureza, da elasticidade, da coesividade e do rendimento.

#### **4.5.1.2. Fibra de aveia**

A aveia é um cereal com ótimo valor nutricional, apresenta aproximadamente 15 % de proteínas de elevada digestibilidade e equilíbrio na composição de aminoácidos essenciais, 9 a 13 % de fibras alimentares, 3 a 11 % de lipídeos com prevalência de ácidos graxos insaturados e 60 % de amido. Esse cereal é composto por fibras insolúveis e solúveis, com destaque para a  $\beta$ -glucana. Além disso, contém vitaminas, minerais e compostos bioativos com propriedades antioxidantes (Jaekel & Schmiele, 2015).

A fibra de aveia contribui para a redução de colesterol e, conseqüentemente, com a prevenção no desenvolvimento de doenças cardiovasculares (Almeida et al., 2020), regulação do peso corporal, constipação intestinal e proteção contra o câncer de cólon, sendo dessa maneira considerado um alimento funcional (Bis-Souza, Henck & Barretto, 2018).

Além do caráter funcional, a fibra de aveia pode possuir a capacidade de absorção e/ou retenção de água, pouco sabor e a coloração que varia de branco à castanho claro, sendo que essas características dependem do nível de extração realizado (Balestra et al., 2019).

Esse cereal apresenta múltiplas aplicações em diversos setores. Na alimentação humana pode ser utilizado na elaboração de cereais matinais, alimentos infantis, barra de cereais, molhos, sopas, produtos cárneos e produtos forneados ou assados, como por exemplo os bolos (Malanchen, Silva, Gottardi, Terra & Bernardi, 2019).

As fibras alimentares presentes neste cereal são também utilizadas na elaboração de produtos cárneos. Sendo que a incorporação da fibra de aveia pode ser favorável na redução do teor de gordura na formulação e na perda de peso por cozimento, mantendo a aceitabilidade sensorial, sendo que tais efeitos estão associados à capacidade de absorção de água. Vale ressaltar que ao considerar para a fibra de aveia, a diferenciação entre  $\beta$ -glucana purificada, fibra insolúvel refinada extraída da casca da aveia e farelo de aveia moído. Esta informação é importante para a compreensão das propriedades e aos efeitos proporcionados aos produtos quando aplicados em sistemas alimentícios (Balestra et al., 2019).

Bis-Souza et al. (2018) analisaram as características sensoriais, físico-químicas e microbiológicas de hambúrgueres bovino elaborados com 3 e 6 % de fibra de aveia e verificaram um retardo na oxidação lipídica, com um produto final de maior coesividade, elasticidade, dureza e rendimento.

#### **4.5.2. Pseudocereais**

Os pseudocereais são considerados falsos cereais, o grão é pequeno e exibem dois cotilédones (Jaekel & Schmiele, 2015). Esses grãos são semelhantes aos cereais, devido à proximidade da composição e proporção de carboidratos, proteínas e lipídeos. Além de apresentar maior quantidade de minerais e vitaminas, alto teor de proteínas de excelente qualidade nutricional e não possuir proteínas formadoras da rede de glúten. O amaranto, a chia, o trigo sarraceno, o fonio, a *kañihua*, o *teff* e a quinoa são exemplos de pseudocereais (Silva, Medeiros, Nimitt, Senger & Rosa, 2017).

##### **4.5.2.1. Farinha de chia**

A semente de chia apresenta alto teor de fibras (34,4 g de fibras alimentares a cada 100 g) (TBCA, 2020), ácidos graxos poli-insaturados (principalmente,  $\alpha$ -linolênico) e compostos fenólicos, favorecendo a atividade antioxidante. O alto teor de fibras possibilita a atuação dessa semente na estabilização e texturização de produtos alimentícios (Riernersman & María, 2016).

A mucilagem da chia é um heteropolissacarídeo de caráter aniônico solúvel em água, obtido através da imersão da semente em água, composto por  $\alpha$ -D-glucopiranosil e  $\beta$ -D-xilopiranosil na cadeia principal e ramificações de 4-O-metil- ácido  $\alpha$ -D-glucopiranosilurônico. Esse heteropolissacarídeo é considerado fonte de fibra solúvel que apresenta propriedades como capacidade de absorção de água e produção de dispersões viscosas, mesmo em concentrações baixas (Lazaro, Puente, Zúñiga & Muñoz, 2018), além de exibir propriedade espessante (Capitani et al., 2015; Menga et al., 2017) e atuar como agente de revestimento e controle de sinérese (Timilsena, Adhikari, Kasapis & Adhikari, 2015), formadora de filmes (Muñoz, Aguilera, Rodriguez-Turienzo, Cobos & Diaz, 2012), emulsificante (Capitani, Nolasco & Tomás, 2016) e substituto de gordura (Felisberto et al., 2015; Gomes, Silva & Schmiele, 2019). Além disso, a proteína do grão possui propriedade surfactante (Timilsena, Adhikari, Barrow & Adhikari, 2016).

Tanto a mucilagem de chia isolada como também a semente, no organismo, influencia na redução do colesterol e aumento da sensação de saciedade, visto que são capazes de formar géis altamente viscosos (Capitani et al., 2015). Tais características torna a mucilagem um ingrediente funcional atraente para a indústria alimentícia, pois proporciona o desenvolvimento de produtos com benefícios à saúde (Lazaro et al., 2018). Pode ser

promissor a utilização da mucilagem de chia em produtos cárneos como substituto de gordura, exibindo características funcionais (Câmara et al., 2019).

A farinha de chia exibe, aproximadamente, 29,17 % de fibra alimentar, 31,95 % de proteína, 7,66 % de minerais e 8,75 % de lipídeos, do qual 2,59 % é  $\alpha$ -linolênico e 0,81 % linoleico (Coorey, Tjoe & Jayasena, 2014). Vale ressaltar que a porção insolúvel da farinha de chia, a parte desidratada e desengordurada, também exibe potencial ação antioxidante (Riernersman & María, 2016)

Riernersman e colaboradora (2016) realizaram um estudo sobre os efeitos da incorporação de 15 g de água e 5,92 g de farinha de chia integral (obtida através da moagem das sementes), em 100 g de hambúrgueres de carne de peixe (surubi) pré-cozido. Para isso foram analisados o rendimento, a estabilidade oxidativa, o teor de ômega 3 e as capacidades de retenção de água e de óleo. Os resultados indicaram aumento no teor de ômega 3, melhorando a qualidade e o perfil lipídico, o valor nutricional e boa estabilidade lipídica após 30 dias de armazenamento congelado, possivelmente em razão da presença de fibra alimentar que contém compostos polifenólicos, apresentando efeito antioxidante sobre os lipídeos. A adição da farinha de chia integral e água ocasionou também o aumento na retenção de água e óleo, bem como no rendimento. Portanto, é notável que a adição de farinha de chia integral, como fonte de fibra alimentar e alto teor de ômega 3, em produto à base de carne de peixe reflete em modificações tecnológicas favoráveis e potencializa as características benéficas à saúde.

## **5. Considerações Finais**

Considerando o exposto, é notável que o consumo de carne de peixe está relacionado aos benefícios à saúde humana, no entanto, alguns fatores contribuem para a baixa ingestão desse alimento. Assim, destacam-se as diversas propriedades e benefícios aos quais os carboidratos não digeríveis estão associados, bem como ao desempenho tecnológico e nutricional em produtos cárneos. Além disso, o desenvolvimento de produtos à base de carne de peixe com adição de fibras alimentares pode influenciar nos aspectos sensoriais, físico-químicos e microbiológicos do alimento. Alguns estudos abordaram sobre a utilização de carboidratos não digeríveis em produtos à base de carnes de demais espécies animais, sendo que os resultados são promissores para a possível inserção em produtos à base de carne de peixe. Além disso, vale ressaltar que a escolha da fibra alimentar e a quantidade é muito importante para que se alcance o desempenho desejado, ou seja, a combinação e o equilíbrio

adequado das fibras e os demais ingredientes utilizados na formulação são essenciais. Por exemplo, fibras que exibem alta capacidade de retenção de água são interessantes em produtos à base de carne de peixe a fim de reduzir ou evitar a exsudação e/ou sinérese, mas de forma que se mantenha o equilíbrio para conservar as propriedades sensoriais. Portanto, o desenvolvimento de hambúrguer de peixe é promissor, visto que potencializa o consumo de ambas as matérias-primas que são benéficas à saúde, podendo atingir o desempenho nutricional e tecnológico almejado.

Em nosso grupo de pesquisa no Laboratório Integrado de Cereais e Lipídeos estamos desenvolvendo um projeto de pesquisa no qual exploramos o potencial desempenho de fibras brancas para ser utilizada como dois objetivos principais, sendo: (i) aprimorar a capacidade de retenção de água em hambúrguer de peixe (tilápia); e (ii) favorecer o perfil nutricional pelo aumento do teor de fibras alimentares (solúveis e insolúveis), o que tem sido um fator limitante para este tipo de produto cárneo.

## Referências

ABIEC. (2019). Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. *Beef REPORT Perfil da Pecuária no Brasil*. Recuperado de <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2019/>.

ABPA. (2020). Associação Brasileira de Proteína Animal. *Relatório Anual 2020*. Recuperado de <http://abpa-br.org/relatorios/>.

Acosta-Pérez, V., Zamudio-Flores, P. B., Ornelas-Paz, J. D., Palma-Rodríguez, H. M., Juárez-Muñoz, J., & Vargas-Torres, A. (2019). Effects of native and modified starches on the physicochemical and textural properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fish burgers. *CyTA - Journal of Food*, 17(1), 207-213. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2019.1574903>. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2019.1574903>

Almeida, R. L., Santos, N. C., Pereira, T. D., Silva, V. M., Cavalcante, J. D., Pinheiro, W. S., . . . Muniz, C. E. (2020). Centesimal composition and rheological behavior of oat extract (*Avena sativa*). *Research, Society and Development*, 9(3), e31932329. Recuperado de



<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/2329>. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2329>

Antunes, K., Fachi, J., de Paula, R., Silva, E. F., Pral, L. P., Santos, A. Á., . . . Ajami, N. J. (2019). Microbiota-derived acetate protects against respiratory syncytial virus infection through a GPR43-type 1 interferon response. *Nature Communications*, *10*, 3273. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/s41467-019-11152-6>. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-019-11152-6>

Ashwar, B. A., Gani, A., Shah, A., Wani, I. A., & Masoodi, F. A. (2015). Preparation, health benefits and applications of resistant starch - a review. *Starch - Stärke*, *68*(3-4), 287-301. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/star.201500064>. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/star.201500064>

Balestra, F., Bianchi, M., & Petracci, M. (2019). Applications in meat products. In C. M. Galanakis (ed.), *Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications* (pp. 313-344). Viena: Academic Press. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-816495-2.00010-1>

Barros, D. M., Silva, A. P. F., Moura, D. F., Melo, M. A., Silva, J. H. L., Rocha, T. A., Fonte, R. A. B. (2020). Utilização de quitosana na conservação dos alimentos. *Brazilian Journal of Development*, *6*(4), 17717-17731. Recuperado de <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/8498>. doi: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n4-081>

BeMiller, J. N. (2020). Resistant starch. In J. Welti-Chanes, S. Serna-Saldívar, O. Campanella, & V. A. T. Ortigoza, (eds.), *Science and Technology of Fibers in Food Systems* (pp. 153-186). Cham: Springer. doi: [http://doi.org/10.1007/978-3-030-38654-2\\_7](http://doi.org/10.1007/978-3-030-38654-2_7)

Benito-González, I., Martínez-Sanz, M., Fabra, M. J., & López-Rubio, A. (2019). Health effect of dietary fibers. In C. M. Galanakis, (ed), *Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications* (pp. 125-163). Viena: Academic Press. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816495-2.00005-8>

Bertol, T. M., Oliveira, E. A., & Santos Filho, J. I. (2019). Composição e aspectos de qualidade da carne suína. In T. M. Bertol, (ed), *Estratégias nutricionais para melhoria da*

*qualidade da carne suína* (pp. 12-38). Brasília: Embrapa. Recuperado de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/206384/1/final8892.pdf>.

Bis-Souza, C. V., Henck, J. M., & Barretto, A. C. (2018). Performance of low-fat beef burger with added soluble and insoluble dietary fibers. *Food Science and Technology*, 38(3), 522-529. Recuperado de [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612018005012103&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612018005012103&script=sci_abstract). doi: <https://doi.org/10.1590/fst.09217>.

Bis-Souza, C. V., Ozaki, M. M., Vidal, V. A., Pollonio, M. A., Penna, A. L., & Barretto, A. C. (2020). Can dietary fiber improve the technological characteristics and sensory acceptance of low-fat Italian type salami? *Journal of Food Science and Technology*, 57, 1003–1012. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-019-04133-6#:~:text=Up%20to%202%25%20of%20inulin,good%20technological%20and%20sensorial%20results>. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04133-6>

Brasil (2000a). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000. *Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Lingüiça e de Salsicha*. Recuperado de <[www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)>.

Brasil (2000b). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução normativa nº 20, de 31 de julho de 2000. *Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresuntado, de Fiambre, de Hambúrguer, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto*. Recuperado de [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br).

Brasil (2003). Ministério da Saúde. Resolução nº 360, de 23 de dezembro de 2003. *Aprovar o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados*. Recuperado de <http://www.anvisa.gov.br>.

Brasil (2012). Ministério da Saúde. Resolução nº 54, de 12 de novembro de 2012. *Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar*. Recuperado de <http://www.anvisa.gov.br>.

Brasil (2017). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. *Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal*. Recuperado de [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br).

Brasil (2018). Ministério da Saúde. Instrução Normativa nº 28, de 26 de julho de 2018. *Estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares*. Recuperado de <http://www.anvisa.gov.br>.

Caetano, A., Silva, G. S., Santos, É. F., Santos, P. T., Carneiro, T. S., Costa, R. I. S. A., Constant, P. B. L. (2020). Desenvolvimento e análise sensorial de *fishbúrguer* adicionado de diferentes emulsificantes. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 43964-43974. Recuperado de <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/12771>. doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-131>

Câmara, A. K. F. I., Geraldí, M. V., Okuro, P. K., Maróstica Júnior, M. R., Cunha, R. L., & Pollonio, M. A. R. (2019). Satiety and in vitro digestibility of low saturated fat Bologna sausages added of chia mucilage powder and chia mucilage-based emulsion gel. *Journal of Functional Foods*, 65, 103753. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464619306772>. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103753>

Capitani, M. I., Corzo-Rios, L. J., Chel-Guerrero, L. A., Betancur-Ancona, D. A., Nolasco, S. M., & Tomás, M. C. (2015). Rheological properties of aqueous dispersions of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. *Journal of Food Engineering*, 149, 70–77. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026087741400421X>. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.043>

Capitani, M. I., Nolasco, S. M., & Tomás, M. C. (2016). Stability of oil-in-water (O/W) emulsions with chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. *Food Hydrocolloids*, 61, 537–546. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X16302570#:~:text=The%20results%20suggested%20that%20the,oil%20droplets%20in%20the%20e> mulsions. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.06.008>

Carvalho, L. T., Pires, M. A., Baldin, J. C., Munekata, P. E. S., Carvalho, F. A. L., Rodrigues, I., . . . Trindade, M. A. (2018). Partial replacement of meat and fat with hydrated wheat fiber in beef burgers decreases caloric value without reducing the feeling of satiety after consumption. *Meat Science*, 147, 53-59. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174018301785>. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.010>

Castro, L. E. N., Colpini, L. M. S., Dias, P. S., Coutinho, M., Oliveira, A. C., & Meurer, F. (2020). Physical and chemical evaluation of Nile tilapia fillet hamburgers prepared with flaxseed flour and breadcrumbs and submitted to different thermal processes. *Brazilian Journal of Development*, 6(6), 38662-38676. Recuperado de <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/11857>. doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-420>

Catalani, L. A., Kang, É. M., Dias, M. C., & Maculevicius, J. (2003). Fibras alimentares. *Revista Brasileira de Nutrição Clínica*, 18, 178-182.

Chagas, A. A. A., Santos, R. R., Nascimento, K. O., Santana, R. F., Azeredo, D. R. P., Carlos, L. A., & Trombete, F. M. (2020). Bioactive compounds of interest to the food industry: properties, applications and perspectives for the consumer market. *Research, Society and Development*, 9(10), e3469108094. Recuperado de <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8094>. doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8094>

Codex Alimentarius. (2017). *Guidelines On Nutrition Labelling CAC/GL 2-1985*. Recuperado de <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>.

Coorey, R., Tjoe, A., & Jayasena, V. (2014). Gelling properties of chia seed and flour. *Journal of Food Science*, 79(5), E859–E866. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1750-3841.12444#:~:text=The%20extracted%20chia%20gels%20from,to%20guar%20gum%2C%20and%20gelatin>. doi: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12444>

Cruz-Requena, M., Escobedo-García, S., Salas-Tovar, J. A., Mora-Cura, Y., Chávez-González, M. L., Castillo-Reyes, F., & ... Rodríguez-Herrera, R. (2019). Definitions and regulatory perspectives of dietary fibers. In C. M. Galanakis, (ed), *Dietary Fiber: Properties,*

*Recovery, and Applications* (pp. 1–25). Viena: Academic Press. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128164952000010>. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816495-2.00001-0>

Damodaran, S., & Parkin, K. L. (2017). *Fennema's Food Chemistry* (5th ed.). Boca Raton: CRC Press.

Daskalova, A. (2019). Farmed fish welfare: stress, post-mortem muscle metabolism, and stress-related meat quality changes. *International Aquatic Research*, 11, 113–124. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s40071-019-0230-0>. doi: <https://doi.org/10.1007/s40071-019-0230-0>

Delfino, L. A., Silva, L. S., Biassi, D. C., Poliseli-Scopel, F. H., & Bainy, E. M. (2017). Elaboração de hambúrguer empanado de tilápia aplicando diferentes sistemas de coberturas comerciais. *Brazilian Journal of Food Research*, 8(2), 32-45. Recuperado de <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa/article/view/4877>. doi: <https://doi.org/10.3895/rebrapa.v8n2.4877>

Du, H., Guo, Y., Bennett, D. A., Bragg, F., Bian, Z., Chadni, M., . . . Chen, Z. (2020). Red meat, poultry and fish consumption and risk of diabetes: a 9 year prospective cohort study of the China Kadoorie Biobank. *Diabetologia*, 63, 767-779. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00125-020-05091-x>. doi: <https://doi.org/10.1007/s00125-020-05091-x>

Duran, N. M., Maciel, E. S., Galvão, J. A., Savay-da-Silva, L. K., Sonati, J. G., & Oetterer, M. (2017). Availability and consumption of fish as convenience food – correlation between market value and nutritional parameters. *Food Science and Technology*, 37(1), 65-69. Recuperado de [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612017000100065](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612017000100065). doi: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.04416>

Fani, M. (2018). A celulose microcristalina na indústria de alimentos. *Aditivos Ingredientes*. Recuperado de <https://aditivosingredientes.com.br/revistas/maio2018/mobile/index.html#p=50>.

FAO. (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 23. Recuperado de <http://www.fao.org/home/en/>.

Farias, M. D. P., Ambrósio, L. S. A., Vieira, R. M., Menezes, L. M. F., & César, L. T. (2019). Adição de quitosana em fishburger: características microbiológicas, sensoriais e de cocção. *Conexões Ciência e Tecnologia*, 13(5), 55-60. Recuperado de <http://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/1795>. doi: <https://doi.org/10.21439/conexoes.v13i5.1795>

Fay, J. F. A., Vieira, P. H. S., Silva, B. W., Veloso, R. R., & Oliveira Filho, P. R. C. (2015). Fishburger de biquara (*Haemulon Plumierii* - Lacepède, 1801) com adição de diferentes extensores. *Acta Tecnológica*, 10(2). Recuperado de <https://portaldeperiodicos.ifma.edu.br/index.php/actatecnologica/article/view/379>. doi: <https://doi.org/10.35818/acta.v10i2>

Felisberto, M. H. F., Wahanik, A. L., Gomes-Ruffi, C. R., Clerici, M. T. P. S., Chang, Y. K., & Steel, C. J. (2015). Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 1049–1055. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815002686>. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.114>

Fráguas, R. M., Simão, A. A., Faria, P. V., Queiroz, E. R., Oliveira Junior, Ê. N., & Abreu, C. M. P. (2015). Preparation and characterization chitosan edible films. *Polímeros*, 25, 48-53. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/po/v25nspe/0104-1428-po-25-spe-48.pdf>. doi: <https://doi.org/10.1590/0104-1428.1656>

Gibis, M., Schuh, V., & Weiss, J. (2015). Effects of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) as fat replacers on the microstructure and sensory characteristics of fried beef patties. *Food Hydrocolloids*, 45, 236-246. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X14004317>. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.11.021>

Gökoğlu, N., & Yerlikaya, P. (2015). *Seafood chilling, refrigeration and freezing: science and technology*. Turquia: Wiley-Blackwell.

Gomes, P. T., Silva, J. D., & Schmiele, M. (2019). Farinha de chia desengordurada e hidratada e amido de milho fosfatado como substituto de gordura em bolo. In: Anais da IV jornada regional sudeste de engenharia de alimentos. *Anais...Diamantina(MG) UFVJM*. Recuperado de <https://www.even3.com.br/anais/IVJEA/145442-FARINHA-DE-CHIA-DESENGORDURADA-E-HIDRATADA-E-AMIDO-DE-MILHO-FOSFATADO-COMO-SUBSTITUTO-DE-GORDURA-EM-BOLO>.

Han, M., Clausen, M. P., Christensen, M., Vossen, E., Hecke, T. V., & Bertram, H. C. (2018). Enhancing the health potential of processed meat: Effect of chitosan or carboxymethyl cellulose enrichment on inherent microstructure, water mobility and oxidation in a meat based food matrix. *Food & Function*, 9(7), 4017-4027. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29978871/>. doi: <https://doi.org/10.1039/C8FO00835C>

Hayes, M. (2020). Measuring protein content in food: An overview of methods. *Foods*, 9(10), 1340. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7597951/>. doi: <https://doi.org/10.3390/foods9101340>

Hu, G., & Yu, W. (2015). Effect of hemicellulose from rice bran on low fat meatballs chemical and functional properties. *Food Chemistry*, 186, 239-243. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814614010966>. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.063>

Ishida, P. M. G. (2012). Efeito de diferentes fontes de fibras brancas na qualidade de pão de forma. Campinas, SP. Recuperado de <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/256001>.

Ishida, P. M. G., & Steel, C. J. (2014). Physicochemical and sensory characteristics of pan bread samples available in the Brazilian market. *Food Science and Technology*, 34(4), 746–754. Recuperado de [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612014000400015](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612014000400015). doi: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6453>

Jaekel, L. Z., & Schmiele, M. (2015). Tecnologia de Cereais. In: M. da S. Fernandes, & R. de K. de A. Garcia, (eds), *Princípio e Inovações em Ciência e Tecnologia de Alimentos* (pp. 75-110). Rio de Janeiro: AMCGuedes.

Jaekel, L. Z., Schmiele, M., & Chang, Y. K. (2020). Impacts of resistant starch and the enzyme transglutaminase on the technological characteristics of spaghetti. *Research, Society and Development*, 9(8), e891986219. Recuperado de <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/6219>. doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6219>

Koblitz, M. G. (2011). *Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Lazaro, H., Puente, L., Zúñiga, M. C., & Muñoz, L. A. (2018). Assessment of rheological and microstructural changes of soluble fiber from chia seeds during an in vitro micro-digestion. *LWT - Food Science and Technology*, 95, 58-64. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002364381830358X>. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.052>

Lockyer, S., & Nugent, A. P. (2017). Health effects of resistant starch. *British Nutrition Foundation*, 42(1), 10-41. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/nbu.12244>. doi: <https://doi.org/10.1111/nbu.12244>

Lunkes, L. C., Paiva, I. M., Rubim, F. M., Ribeiro, A. O., & Murgas, L. S. (2018). Meat consumption and perception of the university students of Lavras-MG in relation to fish meat and its health benefits. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 68(4), 295-301. Recuperado de <https://www.alanrevista.org/ediciones/2018/4/art-2/>.

Ma, Z., & Boye, J. I. (2017). Research advances on structural characterization of resistant starch and its structure-physiological function relationship: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(7), 1059–1083. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27646607/>. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1230537>



Mæhre, H. K., Dalheim, L., Edvinsen, G. K., Elvevoll, E. O., & Jensen, I-J. (2018). Protein determination - Method matters. *Foods*, 7(1), 5. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5789268/>. doi: <https://doi.org/10.3390/foods7010005>

Malanchen, B. E., Silva, F. A., Gottardi, T., Terra, D. A., & Bernardi, D. M. (2019). Composição e propriedades fisiológicas e funcionais da aveia. *Fag Journal of Health*, 1(2), 185-200. Recuperado de <https://fjh.fag.edu.br/index.php/fjh/article/view/86#:~:text=A%20aveia%20possui%20uma%20composi%C3%A7%C3%A3o,amino%C3%A1cidos%2C%20fibras%2C%20e%20carboidratos>. doi: <https://doi.org/10.35984/fjh.v1i2.86>

Marques, C. G., Cruz, E. M. R. M., Bezerra, V. M., Costa, J. T. G., Lira, S. M., Holanda, M. O., . . . & Guedes, M. I. F. (2020). Prebiotics and probiotics in health and treatment of gut diseases: an integrative review. *Research, Society and Development*, 9(10), e6459109071. Recuperado de <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/9071/8032>. doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.9071>

Mehta, N., Ahlawat, S. S., Sharma, D. P., & Dabur, R. S. (2013). Novel trends in development of dietary fiber rich meat products - a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 633-647. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25694673/>. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1010-2>

Mehta, N., Chatli, M. K., Kumar, P., Malav, O. P., Verma, A. K., Kumar, Y., & Kumar, D. (2019). Development of dietary fiber-rich meat products: Technological advancements and functional significance. In J.-M. Mérillon, & K. G. Ramawat, (eds), *Bioactive Molecules in Food* (pp. 763-795). Cham: Springer. Recuperado de [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-319-78030-6\\_9](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-319-78030-6_9). doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6_9)

Menga, V., Amato, M., Phillips, T. D., Angelino, D., Morreale, F., & Fares, C. (2017). Gluten-free pasta incorporating chia (*Salvia hispanica* L.) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility. *Food Chemistry*, 221, 1954–1961. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616320003>. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.151>

Menis-Henrique, M. E. C., Scarton, M., Piran, M. V. F., & Clerici, M. T. P. S (2020). Cereal fiber: extrusion modifications for food industry. *Current Opinion in Food Science*, 33, 141-148. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214799320300436>. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.05.001>

Moreno, H. M., Herranz, B., Pérez-Mateos, M., Sánchez-Alonso, I., & Borderías, A. J. (2014). New alternatives in seafood restructured products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(2), 237-248. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25000341/>. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.719942>

Mudgil, D., & Barak, S. (2019). Classification, technological properties, and sustainable sources. In C. M. Galanakis, (ed), *Dietary fiber: properties, recovery, and applications* (pp. 27-58). Viena: Academic Press. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128164952000022>. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816495-2.00002-2>

Muñoz, L. A., Aguilera, J. M., Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., & Diaz, O. (2012). Characterization and microstructure of films made from mucilage of *Salvia hispanica* and whey protein concentrate. *Journal of Food Engineering*, 111(3), 511–518. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877412001112>. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.02.031>

Ornaghi, M. G., Eira, C. E., Barrado, A. G., Torrecilhas, J. A., Passetti, R. A. C., Mottin, C., & Prado, I. N. (2016). Glicerina como substituto do milho na nutrição de bovinos e influência na composição de ácidos graxos da carne: revisão. *Pubvet*, 10(4), 334-342. Recuperado de <https://www.pubvet.com.br/artigo/2753/glicerina-como-substituto-do-milho-na-nutriccedilatildeo-de-bovinos-e-influencia-na-composiccedilatildeo-de-aacutecidos-graxos-da-carne-revisatildeo>. doi: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n4.334-342>

Passos, L. M. L., & Park, Y. K. (2003). Fructooligosaccharides: implications in human health being and use in foods. *Ciência Rural*, 33(2), 385-390. Recuperado de [scielo.br/pdf/cr/v33n2/15236.pdf](https://scielo.br/pdf/cr/v33n2/15236.pdf). doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000200034>

Peixe BR. (2009). Associação Brasileira de Piscicultura. Como aumentar o consumo de peixes de cultivo no brasil? *Anuário Peixe Br da Piscicultura 2019*. Recuperado de <https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/>.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica* (1a ed.). Santa Maria: UAB/NTE/UFSM.

Pop, O. L., Salanța, L.-C., Pop, C. R., Coldea, T., Socaci, S. A., Suharoschi, R., & Vodnar, D. C. (2019). Prebiotics and dairy applications. In C. M. Galanakis, (ed), *Dietary fiber: Properties, recovery, and applications* (pp. 247-277). Viena: Academic Press. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128164952000083?via%3Dihub>. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816495-2.00008-3>

Prado, S. B. R., Castro-Alves, V. C., Ferreira, G. F., & Fabi, J. P. (2019). Ingestion of non-digestible carbohydrates from plant-source foods and decreased risk of colorectal cancer: A review on the biological effects and the mechanisms of action. *Frontiers in Nutrition*, 6, 72. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6529955/>. doi: <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00072>

Raúl, L. J., Araújo, I. B., Barbosa, R. C., Maciel, M. I. S., Shinohara, N. K. S., & Oliveira Filho, P. R. C. (2018). Manufacture of biquara (*Haemulon Plumierii* - Lacepède, 1801) fishburger with addition of wheat bran. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27(5), 544-556. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10498850.2018.1461159?journalCode=wafp20>. doi: <https://doi.org/10.1080/10498850.2018.1461159>

Rebouças, L. O. S., Figueiredo, J. P. V., Alves, V. C. F., Campêlo, M. C. S., Oliveira, P. V. C., Souza, J. T., . . . Lima, P. O. (2020). Different salting processes in the quality of tilapia fillets (*Oreochromis niloticus*). *Research, Society and Development*, 9(10), e1029108251. Recuperado de <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8251/7407>. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8251>

Resende, R. R. (2016). *Biotecnologia aplicada à agro&indústria : fundamentos e aplicações*. São Paulo: Blucher.

Riernersman, C. N., & María, R. A. (2016). Whole chia flour as yield enhancer, potential antioxidant and input of n-3 fatty acid in a meat product. *Food and Nutrition Sciences*, 7(10), 855-865. Recuperado de <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=70037>. doi: <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2016.710085>

Rondanelli, M., Rigon, C., Perna, S., Gasparri, C., Iannello, G., Akber, R., & ... Freije, A. M. (2020). Novel insights on intake of fish and prevention of sarcopenia: All reasons for an adequate consumption. *Nutrients*, 12(2), 307. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31991560/>. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/nu12020307>

Rosa, L. P. S., & Cruz, D. J. (2017). Applicability of fructooligosaccharides as functional food. *Nutrivisa*, 4(1), 68-79. Recuperado de <http://www.revistanutrivisa.com.br/wp-content/uploads/2018/04/nutrivisa-vol-4-num-1-09.pdf>.

Rutherford, S. M., Fanning, A. C., Miller, B. J., & Moughan, P. J. (2015). Protein digestibility-corrected amino acid scores and digestible indispensable amino acid scores differentially describe protein quality in growing male rats. *The Journal of Nutrition*, 145, 372-379. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25644361/>. doi: <http://dx.doi.org/10.3945/jn.114.195438>

Salim, A. P. A. A., Suman, S. P., Canto, A. C. V. C. S., Costa-Lima, B. R. C., Viana, F. M., Monteiro, M. L. G., & ... Conte-Junior, C. A. (2019). Influence of muscle source on proximate composition, texture profile and protein oxidation of beef from grain-finished *Bos indicus* cattle. *Ciência Rural*, 49(4), e20180996. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/cr/v49n4/1678-4596-cr-49-04-e20180996.pdf>. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20180996>

Santos, F. S., & Medeiros, S. R. A. (2016). Prospecção tecnológica sobre o uso do farelo de trigo na alimentação humana. *Revista Geintec - Gestão, Inovação e Tecnologias*, 6(1), 2861-2873. Recuperado de <http://www.revistageintec.net/index.php/revista/article/view/658>. doi: <http://dx.doi.org/10.7198/S2237-0722201600010010>

Schmiele, M., Hori, L. K., Clerici, M. T., & Chang, Y. K. (2017). *Brasil Patente Nº WO2018112576A1*. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/WO2018112576A1/en?inventor=schmiele&oq=schmiele>.

Schmiele, M., Mascarenhas, M. C. C. N., Barretto, A. C. S., & Pollonio, M. A. R. (2015). Dietary fiber as fat substitute in emulsified and cooked meat model system. *LWT - Food Science and Technology*, 61(1), 105-111. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643814007403>. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.037>

Serrão, L. C. N., & Atayde, H. M. (2020). Hambúrguer de peixe: Transferência tecnológica e seu impacto na renda dos participantes. *Revista Brasileira de Extensão Universitária*, 11(1), 73-85. Recuperado de <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RBEU/article/view/11127>. doi: <http://dx.doi.org/10.36661/2358-0399.2020v11i1.11127>

Silva, A. F., Medeiros, R. B., Nimitt, J. L., Senger, A. L., & Rosa, T. D. (2017). Pseudocereais: distribuição e origem dos produtos comercializados na cidade de São Luiz Gonzaga - RS. *Anais do 9º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão - SIEPE*. Recuperado de <http://200.132.146.161/index.php/siepe/article/view/29374>.

Suharoschi, R., Pop, O. L., Vlaic, R. A., Muresan, C. I., Muresan, C. C., Cozma, A., . . . Iuga, C. A. (2019). Dietary fiber and metabolism. In C. M. Galanakis, (ed), *Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications* (pp. 59-77). Viena: Academic Press. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128164952000034?via%3Dihub>. doi: <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-816495-2.00003-4>

TBCA. (2020). *Composição Química (Informação Estatística)*. Recuperado de <http://www.tbca.net.br/>.

Timilsena, Y. P., Adhikari, R., Barrow, C. J., & Adhikari, B. (2016). Physicochemical and functional properties of protein isolate produced from Australian chia seeds. *Food Chemistry*, 212, 648–656. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616309104>. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.017>

Timilsena, Y. P., Adhikari, R., Kasapis, S., & Adhikari, B. (2015). Rheological and microstructural properties of the chia seed polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 81, 991-999. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813015006558>. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.09.040>

Trevisan, Y. C., Bis, C. V., Henck, J. M., & Barretto, A. C. S. (2016). Effect of the addition of oat fiber on the physicochemical properties of cooked frozen hamburger with reduced fat and salt. *Brazilian Journal of Food Technology*, 19, e2015079. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/bjft/v19/1981-6723-bjft-1981-67237915.pdf>. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.7915>

USDA. (2019). Department of Agriculture. *United States USDA national nutrient database for standard reference*. Release 28. Washington. Recuperado de <https://ndb.nal.usda.gov/fdc-app.html#/>.

Verspreet, J., Damen, B., Broekaert, W. F., Verbeke, K., Delcour, J. A., & Courtin, C. M. (2016). A critical look at prebiotics within the dietary fiber concept. *Annual Review of Food Science and Technology*, 7, 167-190. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26735801/>. doi: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-food-081315-032749>

Vessoni, N. G., Piaia, A. F., & Bernardi, D. M. (2019). Beef meat, meat products, hamburger, functional food consumer research. *Fag Journal of Health*, 1(4), 25-37. Recuperado de <https://fjh.fag.edu.br/index.php/fjh/article/view/88/122>. doi: <http://dx.doi.org/10.35984/fjh.v1i4.88>

Vieira, E. L. P., Atayde, H. M., Faria Junior, C. H., Brito, L. S., Castro, L. A., & Pereira, M. F. (2019). Triturados de pescado amazônico – uma alternativa de renda e consumo. *Revista de Extensão da Integração Amazônica*, 1(2), 105-108. Recuperado de <http://www.ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/extensaodaintegracaoamazonica/article/view/1188>.

Yang, Y.-Y., Ma, S., Wang, X.-X., & Zheng, X.-L. (2017). Modification and application of dietary fiber in foods. *Journal of Chemistry*, 2017, 9340427. Recuperado de

<http://downloads.hindawi.com/journals/jchem/2017/9340427.pdf>. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2017/9340427>

Zhang, Q., Dong, H., Gao, J., Chen, L., & Vasanthan, T. (2020). Field pea protein isolate/chitosan complex coacervates: Formation and characterization. *Carbohydrate Polymers*, 250, 116925. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861720310985>. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116925>

Zhao, C., Wu, Y., Liu, X., Liu, B., Cao, H., Yu, H., & ... Xiao, J. (2017). Functional properties, structural studies and chemo-enzymatic synthesis of oligosaccharides. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 135-145. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224417302273>. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.008>

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Ana Vitória Silva Miranda – 50%

Marcio Schmiele – 50%