



Ayrlana da Silva Fonseca

Avaliação de Compostos Bioativos em Farinhas de Trigo Melhoradas Geneticamente: Fibra e Arabinoxilanos

Dissertação de Mestrado em Segurança Alimentar, orientada pelo Professor Doutor Fernando Jorge dos Ramos e pela Professora Doutora Virginia Fernández Ruiz e apresentada à Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra

Julho 2015



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Ayrlana da Silva Fonseca

Avaliação de Compostos Bioativos em Farinhas de Trigo Melhoradas Geneticamente: Fibra e Arabinoxilanos

Dissertação de Mestrado em Segurança Alimentar, orientada pelo Professor Doutor Fernando Jorge dos Ramos e pela Professora Doutora Virginia Fernández Ruiz e apresentada à Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra

Julho 2015



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

*Aos meus pais, Airton e Eliana,
pelo incentivo e apoio em todas as minhas
escolhas e decisões.*

“A maior recompensa do nosso trabalho não é o que nos pagam por ele, mas aquilo em que ele nos transforma”.

John Ruskin

Agradecimentos

Experimentei, na vida, todos os tipos de sensações e provações. Trilhei caminhos que ora foram acolhedores, ora, profundamente dolorosos. Ritualizei momentos. No momento atual, celebro a conclusão da minha dissertação de mestrado, que me permite completar mais uma etapa de vida, um verdadeiro sonho realizado. E neste momento único e especial, necessito tecer agradecimentos aos que se fizeram presentes, aos que me ajudaram ou contribuíram de alguma forma para que hoje eu estivesse recebendo tamanha honra com este título.

Sou eternamente grata ao meu Deus que de maneira tão infinita me escolheu e agraciou com as suas bênçãos, não só nas vitórias, mas nos fracassos e nas dificuldades, pois serviram para construir forças e trilhar novos caminhos.

Agradeço ao Professor Doutor Fernando Jorge Ramos a sua disponibilidade em me ajudar sempre que necessitava e, principalmente, possibilitar a oportunidade de realizar a pesquisa em Madrid.

À Professora Doutora Montaña Cámara Hurtado pela confiança depositada para participar desta pesquisa, e a Professora Doutora Virginia Fernández Ruiz, minha orientadora externa, pela receptividade e acolhida na Universidade Complutense de Madrid. Muito obrigada pelas orientações e ensinamentos repassados com tanta gentileza e dedicação.

Às companheiras de laboratório no Departamento de Nutrição e Bromatologia II, Erika Carrossa e Laura Cebadera, pelos meses de aprendizado e por dividirem seus conhecimentos comigo.

Aos meus pais, Airton e Eliana, e ao meu irmão Ayrton pelo exemplo divino de amor, doação e união, que sempre fizeram o melhor por mim. Vocês me ensinaram a entender que a presença e o amor são maiores que a saudade.

Não poderia deixar de agradecer a minha grande família, base de amizade e exemplos de amor, humildade, generosidade, honestidade e carinho. Amo cada um destes que são parte da minha história: cunhada, tios e tias, primos e primas. Obrigada pelo incentivo, pois, apesar da distância, sempre se fizeram presentes no meu dia a dia.

Dirijo o meu muito obrigado aos amigos que dividiram essa experiência em Coimbra, Thaíssa Neves, Thássio Alvão, Marco Antônio Rabelo e Catarina Lobo, pelo aprendizado e convivência diária que ajudaram não só no crescimento interior, mas nas dificuldades de viver em outro país. Obrigada por estarem sempre comigo, demonstrando o real valor de uma amizade.

À Guida e sua família, um anjo que surgiu na minha vida em um dos momentos mais difíceis que passei longe de casa. Obrigada pela sua bondade, pois me acolheu como se fosse um dos seus. Serei eternamente grata pela atenção, amizade e por me mostrarem que ainda podemos encontrar pessoas boas neste mundo.

“Acima de tudo, na vida, temos necessidade de alguém que nos incentive a realizar aquilo de que somos capazes”. Por me fazer entender diariamente o significado desta frase, agradeço ao meu namorado e companheiro de vida Ian Pimentel que, sem sombra de dúvidas, foi, e é o meu maior incentivador e o grande responsável pela minha vinda a Coimbra. Por toda paciência, companheirismo, capacidade de motivação e por me alegrar tanto com todo seu amor em momentos difíceis. Sem você, eu não teria conseguido e não teria me tornado metade do que sou hoje! Muito obrigada meu amor!

Palavras foram escritas, mas, por mais que eu tente, não conseguirei expressar o enorme sentimento de gratidão que trago no coração. Com tudo isso que vivi, aprendi que não importa o que eu fiz, mas sim como eu fiz! Por isso, de uma maneira bem feliz, hoje digo, muito obrigada a todos que contribuíram para a realização deste trabalho!

Resumo

Os trigos comerciais atuais pertencem as espécies *Triticum turgidum* var, como *Durum*, trigo duro ou trigo de sêmola, cujo principal produto comercial é a massa e seus derivados e *T. aestivum* trigo para panificação, trigo farinheiro ou trigo mole, principalmente destinado à elaboração de pães. A fibra de trigo apresenta efeitos benéficos a nível gastrointestinal, relacionados com a absorção de nutrientes, metabolismo lipídico, entre outros. A farinha, procedente de ambas as espécies de trigo, é rica em fibra e base para a elaboração de diferentes produtos alimentícios que se podem considerar fonte de fibra. Os arabinoxilanos compõem a parte da fibra dietética dos cereais e leguminosas, principalmente formando parte dos componentes do farelo, parede celular do endosperma, capa de aleurona e pericarpo. A atividade biológica dos arabinoxilanos está relacionada com a sua capacidade antioxidante. O trigo e o centeio são cereais com maior conteúdo de arabinoxilanos, enquanto que entre os legumes se destacam os feijões. O principal objetivo do presente estudo foi a avaliação da fibra (solúvel, insolúvel e total) e do método de extração de arabinoxilanos em diferentes farinhas de trigo comercial e duro.

Palavras-chave: farinhas de trigo, compostos bioativos, fibra, arabinoxilanos.

Abstract

Current commercial wheats belong the species *Triticum turgidum* var as Durum, durum wheat or semolina wheat, the main commercial product is the mass and its derivatives and *T. aestivum* baker wheat, farinha wheat or soft wheat, mainly for the bread preparation. The wheat fiber has beneficial effects on gastrointestinal, related to nutrient uptake, lipid metabolism, among others. The flour, coming from both species of wheat, is rich in fiber and basis for the preparation of different food products that can be considered a source of fiber. The arabinoxylans make up part of the dietary fiber cereals and legumes, mainly forming part of salvaged components, cell wall of the endosperm, aleurone layer and pericarp. The biological activity of arabinoxylans is related to their antioxidant capacity. The wheat and rye are cereals with higher content of arabinoxylans, while among the vegetables stand out beans. The main objective of this study was the evaluation of fiber (soluble, insoluble and total) and arabinoxylans extraction method in different commercial and durum wheat flours.

Keywords: wheat flours, bioactive compounds, fiber, arabinoxylans.

Índice

Agradecimento	iii
Resumo	v
Abstract	vi
Índice de Figuras	ix
Índice de Quadros	x
Índice de Tabelas	xi
Lista de Abreviaturas	xii
I Introdução	I
1.1 Importância da farinha de trigo na alimentação	3
1.2 Farinha de trigo e a saúde	8
1.3 Fibra dietética	17
1.3.1 Fibra solúvel e insolúvel	23
1.4 Arabinoxilanos	24
2 Objetivos	26
3 Materiais e Métodos	27
3.1 Amostras Analisadas	27
3.2 Determinação da Humidade	28
3.2.1 Materiais	28
3.2.2 Equipamentos	28
3.2.3 Metodologia da Humidade	29
3.3 Extração de arabinoxilanos	30
3.3.1 Materiais	30
3.3.2 Reagentes	30
3.3.3 Equipamentos	30
3.3.4 Metodologia	31
4 Resultados e Discussão	35
4.1 Avaliação da fibra nas farinhas de trigo	35
4.2 A humidade das farinhas analisadas	42
4.3 Conteúdo de arabinoxilanos em farinhas comerciais	44
4.4 Conteúdos de arabinoxilanos em farinhas de trigo de programas de melhora genética	47

4.5 Arabinoxilanos e saúde _____	51
5 Conclusão _____	60
6 Referências bibliográficas _____	63

Índice de Figuras

Figura 1- Relações evolutivas e genômicas entre o trigo duro e cultivado e plantas silvestres diploides relacionadas (Sherwry, 2009).....	3
Figura 2- Produção de farinha de trigo mole 1995 – 2012 (t.) (AFHSE, 2015).....	4
Figura 3- Produção de cereais de outono/inverno (INE, 2014).....	5
Figura 4- Pirâmide dos alimentos saudáveis (SENC, 2004).....	7
Figura 5- Estrutura anatômica do grão de cereal. Corte transversal (A) e longitudinal (B) de um grão de trigo (Ruiz e Hernández, 2010).....	9
Figura 6- Associação entre a fibra dietética e a saúde.....	20
Figura 7- Estrutura química dos arabinoxilanos (Capdevila, 2003).....	25
Figura 8- Farinhas de trigo comerciais analisadas.....	27
Figura 9- Procedimento de determinação da humidade.....	29
Figura 10- Esquema da metodologia de análises de arabinoxilanos	33
Figura 11- Imagens dos materiais e equipamentos utilizados.....	34
Figura 12- Reta de calibração da xilose.....	35
Figura 13- Conteúdo de arabinoxilanos totais e solúveis em farinhas de Trigo Comercial (sss: g/100g).....	47
Figura 14- Conteúdo de arabinoxilanos totais e solúveis em farinhas de trigo duro Endural (sss; g/100g).....	50
Figura 15- Conteúdo de arabinoxilanos totais e solúveis em farinhas de trigo duro Aldura (sss; g/100g).....	51

Índice de Quadros

Quadro 1- Estruturas, características e componentes químicos do grão (cariópse) do trigo (Ruiz e Hernández, 2010).....	10
Quadro 2- Percentagem dos principais componentes da farinha de trigo de alimentos (Ruiz, 2009).....	13
Quadro 3- Composição de Alimentos derivados do trigo (Ortega et al., 2004).....	15
Quadro 4- Composição química da farinha de trigo com diferentes graus de extração (% de extrato seco).....	16
Quadro 5- Os principais efeitos fisiológicos atribuídos à fibra alimentar.....	21
Quadro 6- Fibra: tipos, fontes e ações que ocorrem no organismo com os diferentes tipos de fibra (Food Ingredients Brasil, 2008; Montes, Islán e Molina, 2007).....	23

Índice de Tabelas

Tabela 1- Farinhas de trigo procedentes de programas de melhora genética de duas variedades de trigo duro.....	28
Tabela 2- Dados bibliográficos dos conteúdos de fibra dietética g/100g em diferentes farinhas de trigo, frações e produtos elaborados com farinhas de trigo e a contribuição para as RDAs para homens e mulheres.....	38
Tabela 3- Conteúdo de humidade (ssf) em diferentes tipos de farinhas comerciais espanholas.....	42
Tabela 4- Conteúdo de humidade (ssf) em diferentes tipos de farinhas de trigo duro das variedades Endural e Aldura.....	44
Tabela 5- Conteúdo de arabinosídeos totais e solúveis em farinhas de trigo comercial (ssf; g/100g).....	45
Tabela 6- Conteúdo de arabinosídeos totais e solúveis em diferentes frações de farinha de trigo duro (ssf; g/100g).....	47
Tabela 7- Alegações da saúde relacionadas com arabinosídeos produzidos a partir do endosperma de trigo, incluindo as condições de uso como se propõe na lista consolidada (EFSA, 2011).....	59

Lista de abreviaturas

ADA: Associação Dietética Americana

AGCC: Ácidos Gordos de Cadeia Curta

AHB: Farinha Branca Aldura

AHI: Farinha Integral Aldura

ASA: Farelo Aldura

ASE: Sêmola Aldura

AX: Arabinoxilanos

AXOS: Arabinoxilanos-oligossacarídeos

ECA: Ensaio Controlado Aleatórios

EFSA: Autoridade Europeia de Segurança Alimentar

EHB: Farinha Branca Endural

EHI: Farinha Integral Endural

EMP: Estação de Melhoramento de Plantas

ESA: Farelo Endural

ESE: Sêmola Endural

FA: Fibra Alimentar

FAO: Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação

FD: Fibra Dietética

FI: Fibra Insolúvel

FS: Fibra Solúvel

FT: Fibra Total

HBC: Farinha de Trigo Branca

HC: Hidrato de Carbono

HIC: Farinha de Trigo Integral

HFRC: Farinha de Trigo para Fritos e panados

HRC: Farinha de Trigo para Pastelaria

IDR: Ingestão Diária Recomendada

INIAV: Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária

LDL: Lipoproteína de Baixa Densidade

Lip: Lípidos

NDA: Painel de Produtos Dietéticos, Nutrição e Alergias da EFSA

OMS: Organização Mundial da Saúde

P_{tna}: Proteína
P_c: Peso da cápsula vazia
P_m: Peso da amostra de farinha
P_{c+m}: Peso da cápsula + amostra sem humidade
RDAs: Requerimentos Diários de Fibra
RG-AX: Gordura Suplementada com arabinosilanos
SIC: Síndrome do Cólon Irritado
SSF: Sobre Substância Fresca
SSS: Sobre Substância Seca
TO-AX: Arabinosilanos totais
WS-AX: Arabinosilanos extraíveis em água
WU-AX: Arabinosilanos não extraíveis em água
XOS: Xilo-oligosacarídeos

I Introdução

A melhoria genética de plantas no início da agricultura ocorreu de forma instintiva, mas a crescente procura da produção de alimentos levou ao conhecimento da genética que se converteu na melhoria de um conjunto de técnicas e permitiu grandes saltos na produtividade. Se compararmos as antigas variedades de trigo com as atuais, podem-se observar grandes diferenças, tais como a tolerância ao alumínio, resistência a doenças, a seleção de cultivares com maior potencial de rendimento e a melhoria da qualidade industrial (Rodrigues et al., 2007).

Através da melhoria genética, junto com as melhorias das técnicas de cultivo, a produtividade do trigo tem crescido ao longo dos anos. Os programas de melhorias atuais do trigo acrescentam genótipos de um conjunto de características que os tornam superiores aos do mercado, apontando principalmente, a um maior rendimento de grão, a maior estabilidade e capacidade de adaptação, maturidade precoce, tamanho pequeno, resistência às principais doenças, alta resistência a temperaturas e melhoria da qualidade de cocção de forma a conseguir alimentar uma população que aumenta exponencialmente (Boschini et al., 2011; Sánchez, 2008).

Os resultados benéficos da ingestão de trigo, base da alimentação de grande parte da humanidade, são conhecidos pela riqueza deste cereal em hidratos de carbono, proteína e diferentes minerais, tornando-se imprescindível o seu consumo para uma alimentação sã e equilibrada. Contudo, a sua importância vem não somente do seu valor nutritivo (conteúdo em macro e micronutrientes), mas também pela presença de “compostos bioativos” que se repercutem de forma direta na qualidade nutricional do trigo. Sob a denominação de “compostos bioativos” englobam-se em todos aqueles nutrientes ou não-nutrientes (como as vitaminas, elementos minerais, fibra alimentar, compostos fenólicos e outros compostos capazes de atuar sobre os mecanismos fisiológicos do corpo humano), que fornecem um benefício para a saúde para além das considerações próprias da nutrição básica como, por exemplo, a melhoria de funções fisiológicas ou a redução do risco de ter algumas doenças (Shewry, 2009).

Na atualidade, é amplamente aceito considerar que a alimentação influencia decisivamente na saúde das pessoas e das populações, desempenhando um papel crucial na manutenção e na prevenção de diversas doenças. A globalização do mundo atual e a industrialização das técnicas de processamento de alimentos expõem os consumidores a um grande número de perigos. Percebe-se, ao mesmo tempo, uma crescente atenção dos

consumidores para a segurança e qualidade dos alimentos que compram. Assim, o conceito de segurança alimentar tem evoluído com o tempo, seguindo o desenvolvimento da sociedade e da modernização das técnicas utilizadas na indústria alimentar. Atualmente este conceito é transversal a toda cadeia alimentar, desde a produção primária (pecuária, frutas e verduras) até ao consumidor final.

O setor alimentar requer exigências muito altas de competitividade, em que a segurança alimentar é um pilar fundamental no movimento dos produtos num mercado cada vez mais globalizado. A indústria de processamento de alimentos acompanha as necessidades cada vez mais exigentes dos consumidores, mediante a introdução de uma ampla gama de produtos no mercado (Lopes, 2013). Garantir a segurança dos alimentos nos níveis exigidos pelos consumidores requer o compromisso absoluto dos setores produtivo, transformador e comercial. É afirmar que se considera como aspecto fundamental, a integridade da cadeia alimentar, desde o produtor até o consumidor. “Do campo à mesa” deve ser entendido de forma unitária (Moreiras, 2013).

O conceito de alimentação saudável enfatiza o equilíbrio e proporção de nutrientes existentes nos alimentos, incluindo, também, a segurança dos mesmos como exigência prévia a qualquer outra consideração. Porém, não tem sido possível evitar que continuem surgindo problemas e desafios relacionados com a alimentação, o que constitui uma grande preocupação para os organismos responsáveis pela saúde e produção, como a Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) (AES, 2003).

A missão da segurança alimentar tem sido adequar os produtos alimentícios e seus processos de elaboração a um marco de referência exigente com a proteção da saúde dos cidadãos, baseando-se nas melhores evidências científicas. As decisões em segurança alimentar devem ter como base a análise de risco, que se deve ajustar a um método estruturado que compreenda os três componentes diferentes, mas intimamente vinculados na análise de riscos (avaliação, gestão e comunicação) (Moreiras, 2013).

Existe segurança alimentar quando todas as pessoas têm, a todo o momento, acesso físico e econômico a suficientes alimentos inócuos e nutritivos para satisfazer as suas necessidades alimentares e as suas preferências em relação aos alimentos, a fim de levar uma vida ativa e saudável. Os quatro pilares da segurança alimentar são, uma oferta e disponibilidade de alimentos adequados; a estabilidade da oferta sem flutuações e escassez em função da estação do ano; o acesso a alimentos ou a capacidade para adquiri-los; a boa qualidade e inocuidade dos alimentos (AES, 2003).

I.1 Importância da farinha de trigo na alimentação

O trigo pertence à divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, ordem Poales (Graminales), família Gramíneas (Poaceas), subfamília Festucoidae, tribu Triticaceae (Hordeae), gênero *Triticum*. Isto inclui cerca de 30 tipos de trigo que possuem diferenças genéticas suficientes para serem consideradas espécies diferentes ou subespécies (Mac Key, 2005).

Os trigos comerciais atuais pertencem às espécies *Triticum turgidum* var. *durum* (tetraploide, $2n=28$, genoma AABB) (Figura 1), trigo duro ou trigo de sêmola, cujo principal produto comercial é a massa e seus derivados, e *T. aestivum* (hexaploide, $2n=42$, genoma AABBDD), trigo para panificação, trigo farinheiro ou trigo mole, por contraposição aos outros tipos de trigos, mas que pode levar a confusão ao traduzir nomes comerciais internacionais, já que dentro desta espécie se comercializam trigos “hard” (duros) y “soft” (moles) (Carrillo et al., 2006).

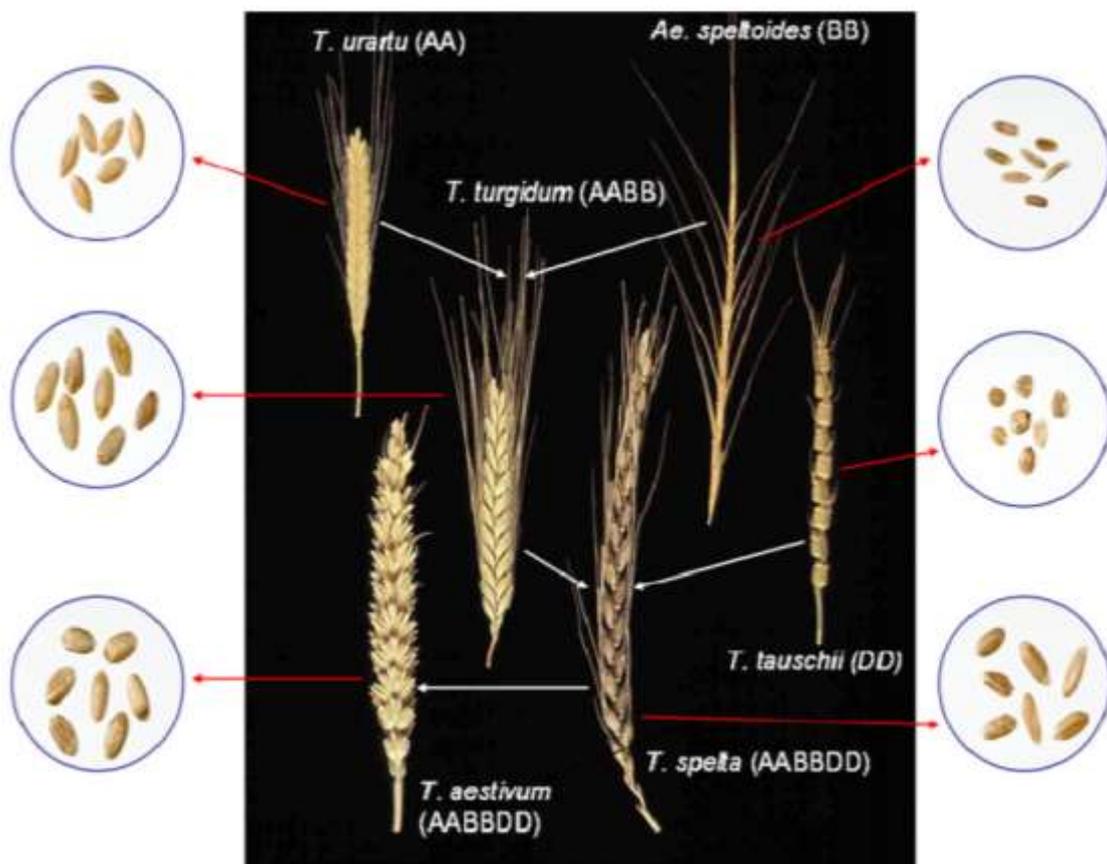


Figura 1- Relações evolutivas e genômicas entre o trigo duro e cultivado e plantas silvestres diploides relacionadas (Sherwry, 2009).

Existem múltiplas subespécies de trigo por todo o mundo, adaptadas a diferentes condições climáticas e do solo. Em função do comportamento na moagem, assim se fala de trigos moles e trigos duros. Tal divisão baseia-se principalmente na força de aderência entre a proteína e o amido das células do endosperma. Este grau de união está determinado geneticamente (Alonso, 2008).

O trigo é uma das culturas mais importantes a nível mundial, considerado como um cereal de grande valor nutricional básico na alimentação humana. O trigo é o terceiro cereal enquanto produção mundial, embora seja o primeiro no que se refere à superfície cultivada e a intercâmbios comerciais, destacando-se China, Estados Unidos, Índia, Rússia e Europa como zonas produtoras (Alonso, 2008).

Um desafio preponderante para a investigação e a prática agrícola no século XXI será produzir mais alimentos com menos investimentos nos solos, mão de obra, capital e (particularmente) recursos hídricos. Isto deve ser cumprido no contexto de condições climáticas menos favoráveis para a grande parte, se não a maioria, do nosso planeta, já que a mudança e a variabilidade climática estão demonstrando serem as limitantes, cada vez mais evidentes, para os investigadores, políticos e agricultores (Uphoff, 2012).

Segundo os dados do Instituto de Estatística de Espanha, a produção de farinha de trigo mole tem se estabilizado durante a última década, situando-se em 2012 em 3.052.717 toneladas. Sua evolução é representada graficamente na figura 2.

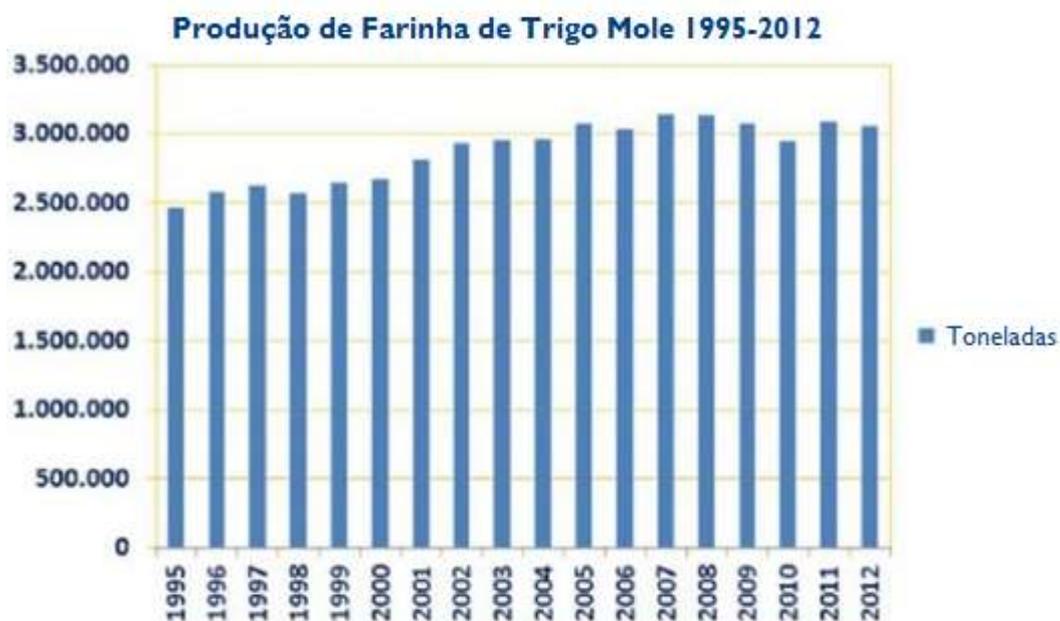


Figura 2- Produção de farinha de trigo mole 1995 – 2012 (t.) (AFHSE, 2015).

De acordo com os dados de consumo fornecidos por Magrama (2012), na Espanha, durante 2011, cada espanhol consumiu, em média, 35,6 quilos de pão, 13 quilos de bolos e produtos de pastelaria, o que em termos de gastos per capita, se estimou em 85,4 euros e 59,3 euros, o que representou um gasto de 5,8 e 4% do total da alimentação, respectivamente. Na Espanha o cereal mais consumido é o trigo com 72,5kg/pessoa/ano.

O destino desta produção de farinha é, principalmente, o mercado interno, embora o setor no seu conjunto tenha uma capacidade instalada excedente, pelo que também poderia abastecer mais ainda o mercado externo (AFHSE, 2015).

Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE, 2014) de Portugal, a produção de cereais de outono/inverno (Figura 3) tem ocorrido um aumento significativo na produção de todos os cereais, com exceção do trigo duro em comparação com o ano anterior (muito penalizado pelas condições de seca extrema, afetando todas as regiões do continente). Já no que se refere ao trigo mole, apesar da redução na área de 12,5%, foi possível registrar um aumento na produção de 42,9%. Em contraste, a produção de trigo duro reduziu 37,2%, devido a forte diminuição da superfície semeada (-61,7%), embora nas produções de triticales (+175,6%), de cevada (+44,1%) e de centeio (+23,2%) se tivesse alcançado um aumento quer na área cultivada, quer na produtividade alcançada.

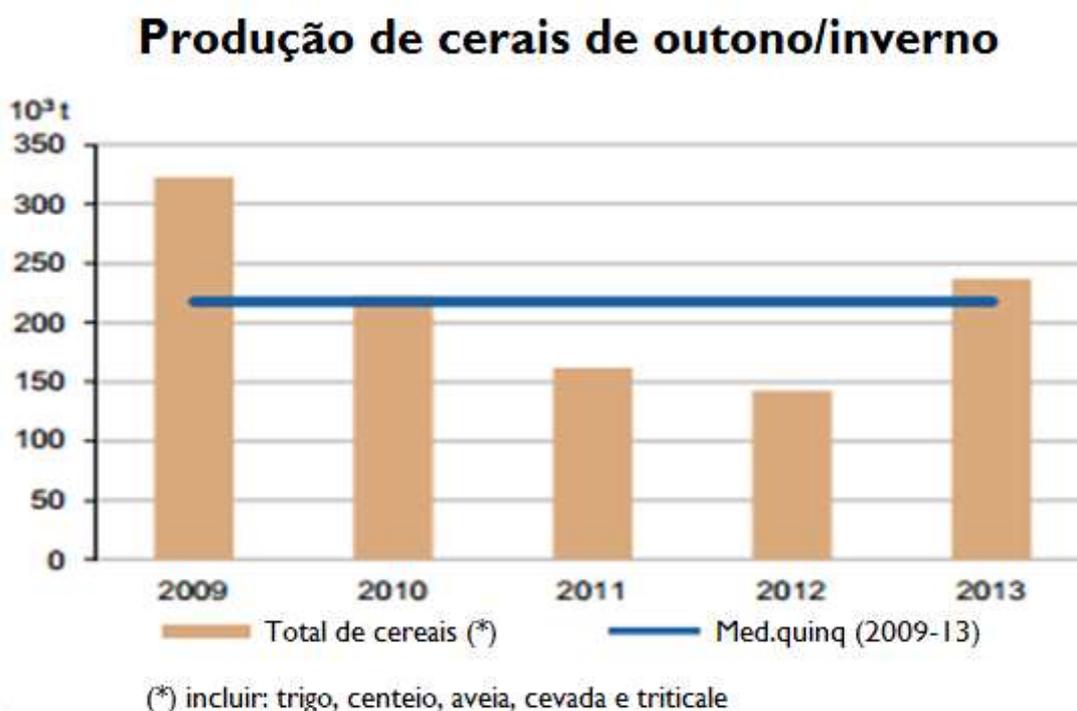


Figura 3- Produção de cereais de outono/inverno (INE, 2014).

A preservação dos recursos naturais (terra e água), a conservação e melhoria da fertilidade do solo ao aumentar o conteúdo de matéria orgânica, a redução da erosão e a perda da biodiversidade natural, devem constituir preocupações de quem é responsável pelos sistemas de produção e pelos programas de melhoria genética das plantas. Os produtos agrícolas, incluindo os cereais de outono-inverno (trigo, trigo duro, triticale, cevada e aveia) são um grupo importante de espécies que ocupam uma área significativa das zonas rurais em Portugal e que, desde há muitos anos, são objeto de estudo. A melhoria e obtenção de novas variedades é um objetivo que vem sendo perseguido e alcançado, na Estação de Melhoramento de Plantas (EMP) em Elvas, que faz parte do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV) do Ministério de Agricultura e o Mar (Coutinho et al., 2014).

O trigo duro é a espécie mais cultivada de trigo tetraploide (originado pela duplicação espontânea dos cromossomos procedentes do cruzamento natural de um trigo diploide, *Triticum urartu* com outra espécie diploide próxima a *Aegilops speltoides* da seção *Sitopis* do gênero *Aegilops*) (Mac Key, 2005). Atualmente a FAO estima que a área mundial cultivada com trigo duro compreende aproximadamente 13 milhões de hectares. Isso quer dizer que seja 24% da área total do trigo, com uma produção de 26 milhões de toneladas para o ano de 2006 (FAO, 2007). A área de cultivo do trigo duro é tipicamente mediterrânea, já que mais de 60% da produção mundial se localiza nesta região, sendo a União Europeia a principal produtora mundial (Sánchez, 2008).

Os cereais têm um papel fundamental na nutrição humana, como importante fonte de nutrientes e fibra, e tecnologicamente, devido às diversas formas que podem ser utilizados para o consumo humano. O trigo ocupa o primeiro lugar em volume da produção mundial de cereais, devido à sua importância em termos comerciais e sua ampla aplicabilidade, as investigações científicas são cada vez mais incentivadas com o propósito de melhorias de execução, centradas em certas áreas de atuação, como a nutrição e a saúde, investigação e desenvolvimento de novos produtos e a ciência e a tecnologia. O trigo é a matéria-prima para a fabricação dos alimentos consumidos diariamente, em forma de pão, biscoitos, bolos e pastéis, alimentos que formam parte da base da nossa alimentação, como se mostra na representação gráfica da pirâmide dos alimentos (SENC, 2004) (Figura 4).

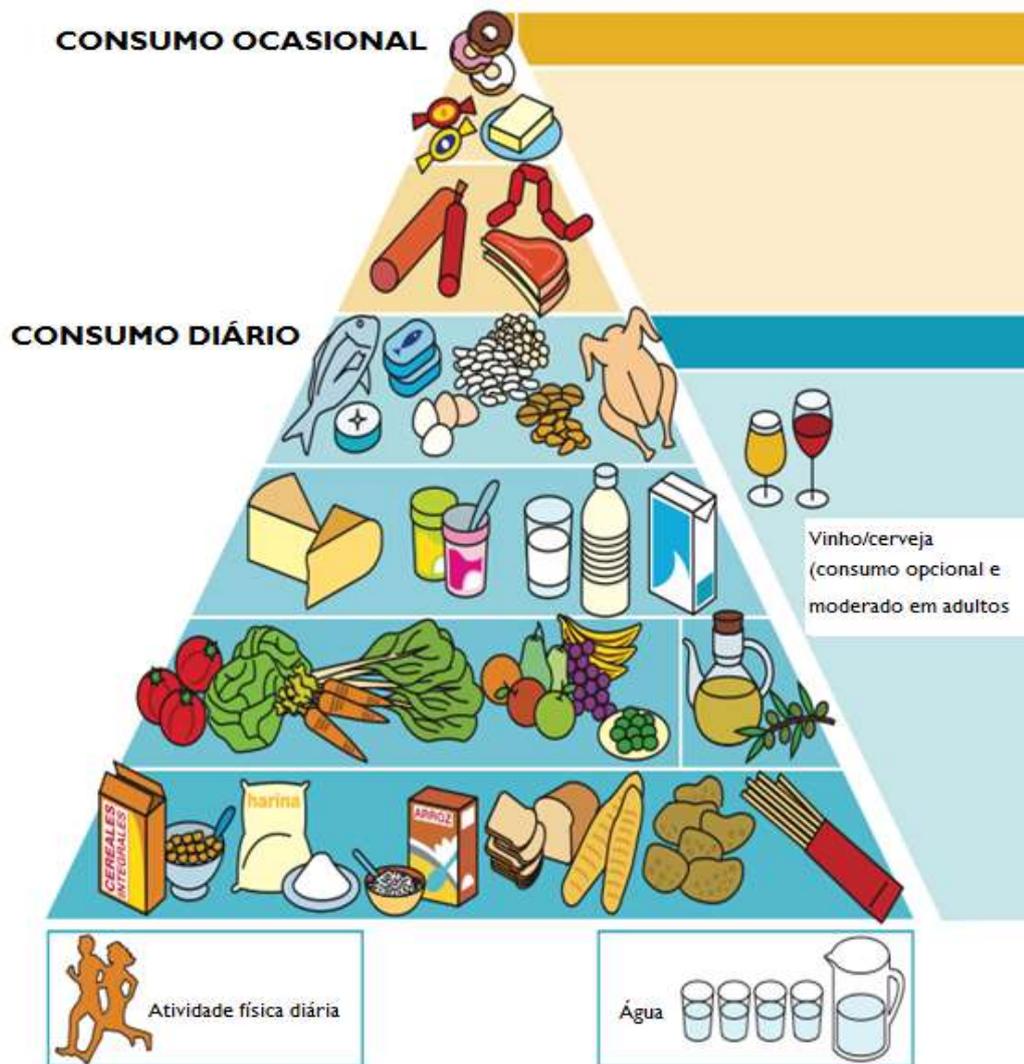


Figura 4- Pirâmide dos alimentos saudáveis (SENC, 2004).

Apesar da panificação se realizar fundamentalmente com o trigo mole, o trigo duro também é utilizado tradicionalmente nos países mediterrâneos, na fabricação de pão comum e em pães especiais. O pão procedente da farinha de trigo duro tem características diferentes, é amarelado, tem sabor muito próprio, migalha fina e uniforme e maior vida útil que o de pão comum. De fato, neste contexto, o uso de pão de trigo duro tem aumentado nos últimos anos, pois existe um considerável interesse na produção de pão usando este tipo de trigo. O trigo duro de boa qualidade pode ser disponibilizado em anos de boas colheitas, para os mercados alternativos, sozinho ou em mistura com o trigo mole (Monho, 2013).

O trigo é um dos principais cereais da dieta de grande parte da população mundial, portanto, é uma contribuição importante para a saúde humana. Durante muitos anos o pão tem sido um dos principais constituintes da dieta, sendo o trigo o cereal mais importante na elaboração do pão, embora em algumas partes do mundo o uso de centeio seja bastante considerado, bem como outros cereais, em menor extensão. Assim, o estudo das características do trigo e suas aplicações são de destacada importância, já que é amplamente consumido, constituindo um pilar básico da alimentação (Scheuer et al., 2011).

1.2 Farinha de trigo e a saúde

Enquanto a maioria dos frutos de plantas que contém uma ou mais sementes em maturação se extraem facilmente dos restantes tecidos dos frutos, na família das gramíneas (Poaceae), a parede dos frutos e a semente estão unidas, visto que as sementes e os frutos não podem ser separados. Este tipo de fruto, característico de todas as gramíneas (incluindo os cereais), tem a designação de cariopse. O grão de trigo é geralmente ovalado, embora, diferentes espécies e/ou variedades tem o grão de forma ligeiramente diferente (Šramková, Gregová e Šturdíka, 2009).

Em termos gerais, o grão de trigo consiste de embrião (2-3%), que se localiza perto da base do grão, unindo-se ao endosperma através do escutelo; do endosperma (80-85%), que constitui o núcleo central do grão, e que, do ponto de vista botânico, é amiláceo e se encontra rodeado por uma camada de aleurona; e, ainda, as coberturas externas, de carácter fibroso e indigeríveis, que se conhecem habitualmente com o nome de farelo e que estão formadas por várias capas que constituem o pericarpo e o tegumento (12-18%). O endosperma é de vital importância por dar origem a farinha, depois de separado dos componentes restantes (Figura 5) (Bagulho, 2008; Fariza, 2003).

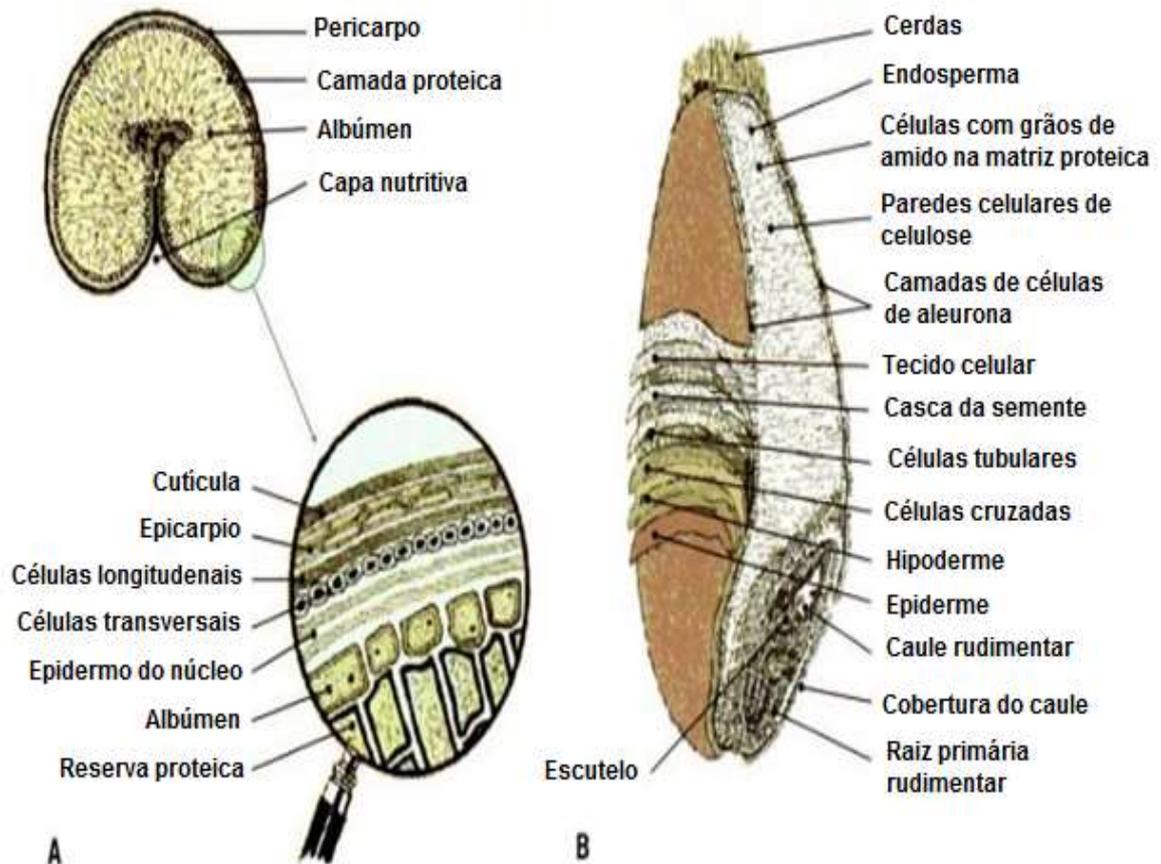


Figura 5- Estrutura anatômica do grão de cereal. Corte transversal (A) e longitudinal (B) de um grão de trigo (Ruiz e Hernández, 2010).

Do ponto de vista estrutural, (Quadro 1) as células do endosperma contém os seguintes componentes: a parede celular, os grânulos de amido, a matriz e corpos proteicos. As paredes das células tem um alto conteúdo de fibra (celuloses, β - glucanas e pentosanas) e encerram os outros constituintes. Os grânulos de amido ocupam a maior parte do espaço celular, estão rodeados pela matriz proteica e por corpos proteicos, na sua maioria grânulos de amido incorporado. As células do endosperma proporcionam as reservas necessárias para o desenvolvimento da semente quando germina o embrião, formado por hidratos de carbono (principalmente amido) e outros componentes minoritários, lípidos e minerais (Carrillo et al., 2006).

Quadro I- Estruturas, características e componentes químicos do grão (cariopse) do trigo (Ruiz e Hernández, 2010).

F A R E L O	<p>Pericarpo</p> <p><u>Exterior</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Epiderme (epicarpo) • Hipoderme • Resíduos celulares de paredes delgadas <p><u>Interior</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Células intermediárias • Células cruzadas • Células tubulares 	Fibra insolúvel (xilanos, celulose e lignina) e ácido fenólico.
	<p>Semente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura da semente e zona pigmentada • Camada nuclear (camada hialina) • Endosperma 	Alquilresorcinois: são um grupo de metabolitos secundários não isoprenoides, pertencentes à família dos fenóis, ao qual estão atribuídas propriedades biologicamente importantes tais como: antifúngica, antibacteriana, citotóxica, antitumoral, antioxidante e como biomarcadores.
	<ul style="list-style-type: none"> • Camada de aleurona 	Fibra solúvel e insolúvel (xilanas e β -glucanas), proteínas, ácidos fenólicos, vitaminas do grupo B e E, minerais, ácido fítico e enzimas.
FARINHA	<ul style="list-style-type: none"> • Endosperma com amido 	Amido e proteínas.
G E R M E	<p>Germe (embrião)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escutelo • Eixo embrionário <ul style="list-style-type: none"> - Plúmula coberta pelo coleóptilo - Raiz primária coberta pela coleorriza - Raízes secundárias laterais • Epiblasto 	Lípidos, antioxidantes, vitaminas de grupo B e E, minerais, fitosteróis, enzimas.

Os cereais são, principalmente, fonte de hidratos de carbono provenientes do endosperma do grão, de onde se obtém a maioria dos produtos industriais, como a farinha de trigo ou o arroz. Porém, também são uma fonte importante de outros componentes favoráveis para a saúde, como a fibra dietética, os prebióticos, os minerais, os lípidos, as

vitaminas e as lenhinas, localizados principalmente na casca e no germe do grão o que, em muitos casos, constituindo subprodutos dos processos de moagem, se destinam a alimentação animal (Flores, 2012).

A farinha é o produto obtido após a moagem dos grãos de cereais. Independentemente do grau de sofisticação do sistema usado, a moagem normalmente realiza-se mediante um sistema de rolos que trituram e moem os grãos. A farinha pode ser integral (se incluir o pericarpo, camada de aleurona e, em alguns cereais, outras camadas aderidas ao pericarpo (Alonso, 2008)). O processo de moagem do grão de trigo permite separar as suas principais partes anatômicas (farelo, endosperma e germe). O farelo contém, tanto aderido como livre, material procedente do endosperma amiláceo e é de uma grande riqueza em fibra (Ruiz e Hernández, 2010).

A farinha de trigo mole provém do endosperma do grão e a composição química do grão varia durante o processo de moagem. A modificação mais importante que se produz é a diminuição do conteúdo proteico médio-baixo (7 a 10%) e um aumento na concentração de amido, sendo utilizado tanto a nível industrial, como doméstico na produção de biscoitos, bolos, bolachas, etc. As farinhas de trigo duro tem um conteúdo em proteína médio-alto (10 a 16%). As de maior conteúdo são úteis na panificação industrial devido a sua maior concentração de glúten, que lhe confere maior elasticidade e resistência ao processamento mecânico. As de menor conteúdo proteico são vendidas como farinha para uso doméstico (pão ou uso geral), já que são mais fáceis de trabalhar manualmente (Steffolani, 2010).

Habitualmente, os cereais são processados antes de sua utilização, sendo a moagem o principal processo, especialmente para trigo e centeio. Nela e mediante um processo de trituração com um rolo de estrias e peneira, são separados o farelo e a farinha; de acordo com o tamanho deste último, ele é chamado de sêmola e farinha propriamente dita, se seu tamanho for inferior a 180 μm . Os tratamentos a que os cereais são submetidos para os tornarem aptos para o consumo, podem alterar sua composição química. Assim, durante a moagem podem ser eliminadas algumas frações (farinhas de diferente grau de extração), enquanto o tratamento com vapor pode produzir a translocação de determinados componentes de uma estrutura anatômica a outras (Ruiz e Hernández, 2010).

O primeiro passo no processo de moagem é uma boa seleção de matéria-prima. Hoje em dia, a indústria de moagem deve produzir uma ampla variedade de farinhas adaptadas para as necessidades dos seus clientes. Estas farinhas têm uma composição química diferente dependendo do uso final da farinha e do país em que é produzida. Entre as determinações analíticas principais é frequente fixar limites de proteína, glúten, força, dureza, extensibilidade, cinzas e atividade da amilase. Para conseguir estas farinhas, o moleiro deve

eleger trigos que se ajustem às características finais do produto; deve-se realizar a mistura de trigos e, em alguns casos de farinhas, a fim de se conseguir o produto que melhor se adapte às necessidades dos seus clientes (Pallarés, León e Rosell, 2007).

No processo de produção da farinha de trigo formam-se diversos subprodutos, entre eles o farelo ou camada exterior do grão de trigo. Porém, o farelo de trigo é rico em vários compostos bioativos, cuja recuperação seria um valor adicionado para o setor da farinha, além de fornecer antioxidantes naturais para a indústria alimentar (Rebolleda et al., 2015).

Segundo o Real Decreto Espanhol 1286/1984, de 23 de maio, foi aprovado o regulamento Técnico sanitário para a elaboração, circulação e comércio das farinhas e sêmolos de trigo e outros produtos da moagem, para consumo humano (BOE, núm. 161, de 6 de julho de 1984, pág. 19801) e posteriores modificações (Real Decreto 176/2013) entende-se por:

Produtos de moagem: Os produtos obtidos por moagem do grão de trigo maduro, inteiro, sadio e seco, industrialmente limpo e que se destinem ao consumo humano. Classificam-se em dois grupos:

- Produtos integrados fundamentalmente pelo endosperma dos grãos.
- Outros produtos formados essencialmente pelas camadas externas do grão, incluindo o germe.

Moagem ou trituração: É a operação mediante na qual os grãos de trigo são triturados e reduzidos a partículas de diversos tamanhos, separados um dos outros por meios mecânicos.

A farinha de trigo (Quadro 2) é composta principalmente de amido (aproximadamente 70-75%), água (14%) e proteína (10-12%). Porém, os polissacarídeos sem amidos (ao redor de 2-3%), a fibra e em particular os arabinoxilanos e os lípidos (aproximadamente 2%) são, também, importantes constituintes da farinha para a produção e a qualidade do pão (Goesaert et al., 2005; Ruiz, 2009).

Quadro 2- Percentagem dos principais componentes da farinha de trigo de alimentos (Ruiz, 2009).

Componente	Percentagem (%)
Amido	70 – 75
Água	14
Proteínas	10 – 12
Polissacarídeos não amiláceos	2 – 3
Lípidos	2

A farinha de trigo contém aproximadamente 2,5% de lípidos, e quase 1% de lípidos não polares (triglicerídeos, diglicerídeos, ácidos gordos livres e ésteres de esterol), além disso, tem propriedades tecnológicas específicas para a produção de diferentes produtos. Entre estas características, uma das principais é a força da massa, que está relacionada com a quantidade de proteínas que formam glúten, e a atividade da enzima α -amilase. Os fatores que determinam a qualidade da farinha podem ser inerentes ao trigo, resultante das condições de crescimento, ou induzidos pelo processamento de conversão de trigo em farinha (Aquino, 2012).

A qualidade de farinha depende, portanto, da variedade e do tipo de trigo, do processo, dos aditivos agregados, bem como do conteúdo de cinzas, de proteínas e qualidade do glúten (Moreno 2012). O trigo duro possui uma semente dura que produz farinha com grande quantidade de glúten e conseqüentemente um alto conteúdo de proteína (Ojeda, 2013).

O cereal integral inclui grãos que consistem nos frutos dos grãos intactos, moídos, quebrados ou em flocos, cujos principais componentes (o endosperma do amido, o germe e o farelo) estão presentes nas mesmas proporções relativas das do grão intacto. Os aspectos de saúde dos cereais integrais são conhecidos já há bastante tempo. Os médicos e os investigadores nos anos de 1800 até meados de 1900 recomendavam os cereais integrais para prevenir a “prisão de ventre”. A “hipótese da fibra”, publicada nos inícios de 1970,

sugeriu que os alimentos integrais, tais como os cereais integrais, as frutas e as verduras, contribuíam com a fibra e outros componentes para benefícios na saúde (Slavin, 2004).

A farinha integral é o produto resultante da moagem do grão de trigo inteiro, sem separação de nenhuma parte dele. A diferença da farinha branca ou refinada, da farinha integral, é que a farinha integral conserva a cobertura externa do grão de trigo (o farelo) e o germe de trigo, componentes que contêm uma grande quantidade de fibra, ácidos gordos essenciais, minerais, vitaminas do complexo B e ferro. A farinha branca, pelo contrário, obtém-se, unicamente, por moagem do endosperma, parte interna do grão de trigo formado, na sua maioria, por amido e algo de proteínas (Slavin, 2004). Esta diferença na sua elaboração faz com que a farinha branca e a integral, assim como os produtos derivados delas, sejam diferentes a nível nutricional.

Farelo de trigo é o produto da casca do grão de trigo, separado do grão durante a elaboração da farinha. Nutricionalmente falando, as frações de farelo produzidas por moinhos, estão compostas, fundamentalmente, por hidratos de carbono (hemicelulose, celulose, amido, açúcares e lenhina), proteínas e gorduras. São ricas em fibra (9-12%), a maior de todas as frações do trigo (Ruiz e Hernández, 2010), minerais, vitamina B6, tiamina, folato e vitamina e alguns fitoquímicos, em particular antioxidantes, tais como compostos fenólicos (Fariza, 2003). Porém, a biodisponibilidade é afetada pela matriz dos alimentos, assim como pelas condições de processamento (Stevenson et al., 2012).

É importante destacar que o farelo de trigo é um ingrediente alimentício abundante e de fácil aquisição, que influencia importantes funções fisiológicas benéficas à saúde e de prevenção de algumas doenças crônicas. Estudos têm demonstrado que o farelo de trigo pode prevenir doenças, incluindo alguns tipos de cancro (em particular cancro do cólon retal), doenças cardiovasculares, obesidade e algumas doenças gastrointestinais, incluindo a doença diverticular, prisão de ventre e síndrome do cólon irritável (SIC) (Fardet, 2010). A parede celular do farelo lenhificado dos grãos de trigo contém quantidades apreciáveis de celulose e é, por conseguinte, bastante diferente da parede celular do endosperma. Em contraste, as arabinosas da parede celular do endosperma são predominantemente gluco-arabinosilanos, e os arabinosilanos estão ligados a outras moléculas, à lenhina ou proteína, ou à ambas (Farías, 2004).

A sêmola ou semolina, cuja nomenclatura depende do grão utilizado para sua produção, é o nome dado ao resultado da moagem de grãos incompletos, em que a textura é granulada, geralmente espessa, obtida da moagem, principalmente, de grãos duros, ou seja, da parte nobre do trigo, do milho ou do arroz. A sêmola de trigo é uma excelente matéria-prima para a produção de massa fresca e seca de alta qualidade (macarrão, esparguete,

espirais), já que tem um bom cozimento, um sabor neutro e uma consistência porosa que promove a absorção do molho (Kill e Turnbull, 2004).

A massa produzida com a sêmola do trigo duro é preferida devido à sua qualidade superior, porque depois do cozimento, conserva sua forma, firmeza e uma cor amarela brilhante do agrado do consumidor. Para obter uma massa de boa qualidade é importante que a variedade de trigo duro seja de boa qualidade e uniforme (Manzano, 2007).

A farinha integral destaca-se por possuir uma quantidade de fibra, quase três vezes superior a da farinha branca: a farinha integral contém 9g de fibra/100 gramas (sss) e a farinha branca contém somente 4,28g de fibra/100g (sss). Sendo que nas suas frações, o farelo apresenta um maior conteúdo de fibra 42,8g de fibra/100g (sss), diferente da semolina que tem o conteúdo de 7,2g de fibra/100g (sss) (Quadro 3).

Quadro 3- Composição de Alimentos derivados do trigo (Ortega et al., 2004).

Aporte por 100g de porção comestível													
Tipo	Kcal	Água (g)	Ptña (g)	HC (g)	Líp (g)	Fibra (g)	Ca (mg)	Fe (mg)	Mg (mg)	Zn (mg)	Na (mg)	K (mg)	P (mg)
Farinha de Trigo Branca	341	14,1	9,86	70,6	1,2	4,28	17	1	23	0,78	2	146	108
Sêmola	351	10,1	12,68	69	1,05	7,2	17	1,23	47	1,05	1	186	136
Farelo	273	9,9	15,55	21,72	4,25	42,8	73	10,57	611	7,27	2	1182	1013
Farinha de Trigo Integral	322	17,8	12,7	58,28	2,2	9	38	3,9	120	2,9	3	340	320

O grão de trigo inteiro proporciona a farinha integral (100% de extração); as farinhas mais brancas são obtidas separando o farelo e o germe do endosperma amiláceo. O grau de extração refere-se ao rendimento de farinha obtido do trigo durante sua moagem. O 100% de extração ou farinha integral é a farinha completa de todo o grão, as farinhas de grau de extração mais baixo são aqueles para as quais foram extraídos mais farelo e germe do grão, até de um grau de 72% que corresponde à farinha branca normal (Bender, 1994).

O quadro 4 indica diferentes componentes químicos do grão de trigo em função do grau de extração.

Quadro 4- Composição química da farinha de trigo com diferentes graus de extração (% de extrato seco).

	Grau de extração (%)						
	100	95	91	87	80	75	66
Cinzas	1,8	1,5	1,4	1,0	0,7	0,6	0,5
Proteínas	14,2	13,9	13,8	13,8	13,4	13,5	12,7
Lípidos	2,7	2,4	2,3	2,0	1,6	1,4	1,1
Amido e açúcares	69,9	73,2	75,3	77,2	80,8	82,9	84,0
Fibra bruta	2,4	2,1	1,5	1,5	1,1	0,3	0,2
Fibra dietética	12,1	9,4	7,9	5,5	3,0	2,8	2,8
Energia (kcal/100g)	361	370	377	382	391	398	397
*Proteínas = N x 6,25							

Considera-se componente bioativo de um alimento, aquele que fornece um benefício para a saúde, além dos considerados como nutrição básica. Estes componentes encontram-se, em geral, em pequenas quantidades em produtos de origem vegetal, como é a farinha de trigo e em alimentos ricos em lípidos. Dentro do termo global de atividade biológica devem-se diferenciar três aspectos importantes: as funções (papel essencial), as ações (respostas, benéficas ou adversas, fisiológicas ou farmacológicas) e as associações (correlações dos componentes dos alimentos com algum aspecto ou finalidade fisiológica ou clínica que pode não mostrar uma relação causal)(Slavin, 2004).

É crescente o número de compostos bioativos da dieta que se utilizam com o propósito de melhorar o estado de saúde ou de reduzir o risco de doenças crônicas de maior incidência em países desenvolvidos (Chalé, Ancona e Campos, 2014). Numerosos compostos bioativos, alguns comuns em muitos alimentos vegetais (fitatos e compostos fenólicos) e outros exclusivos dos produtos de cereal (avenantramides e ácido avenulâmico), são responsáveis pela alta atividade antioxidante dos alimentos a base de cereal integral (Slavin, 2004).

No trigo, certos nutrientes e compostos bioativos se concentram no farelo e germe, de modo que as farinhas brancas contém uma proporção menor destes componentes

comparando com as farinhas integrais. Em alguns países é habitual enriquecer as farinhas brancas com vitaminas e minerais para compensar as perdas sofridas, quando se elimina o farelo e o germe. Apesar desse enriquecimento se produzir em épocas de penúria econômica e em países em vias de desenvolvimento, outros têm conservado esta prática, depois de se recuperarem das épocas problemáticas. Contudo, as farinhas brancas não incorporam a fibra nem as substâncias antioxidantes, presentes no farelo e germe (Pallarés, León e Rosell, 2007).

De acordo com muitos estudos, é necessário reunir esforços que visem a melhoria da qualidade dos alimentos que consumimos diariamente como parte de nossa dieta. A incorporação no cotidiano de alimentos que contenham substâncias capazes de exercer uma ação fisiológica preventiva ou corretiva de certas doenças, tais como as doenças coronárias, diabetes, obesidade, é de vital importância no mundo de hoje. Podem-se utilizar diferentes componentes que integram a fibra dietética, como por exemplo, os ingredientes utilizados no preparo do pão e tortilhas (Fariás, 2004).

1.3 Fibra dietética

O conceito atual de fibra dietética (FD) ou alimentar (FA) não corresponde a um grupo químico definido, mas, na realidade, faz referência a uma mistura de substâncias quimicamente heterogêneas. Têm sido propostas várias definições, atendendo a diferentes critérios, tais como, as propriedades biológicas e fisiológicas, e seus compostos físico-químicos (Egea e Eleguezua, 2008).

O que se denomina de fibra da dieta ou fibra alimentar é uma definição da parte não digerível dos alimentos de origem vegetal, que resiste à digestão e absorção intestinal por parte das enzimas digestivas, mas com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. Apesar das discussões entre grupos de acadêmicos, a maioria deles considera que os oligossacarídeos, celulose, hemicelulose, pectinas, gomas, lenhina, polissacarídeos não digeríveis e não amiláceos, além de outras substâncias inerentes às plantas, devem ser classificadas como fibra alimentar, embora a sua definição seja complexa e esteja em constante evolução. Recentemente, a classificação da Comissão para a Nutrição e Alimentos para Usos Especiais na Dieta estabeleceu que a fibra alimentar é constituída por "polímeros de hidratos de carbono com dez ou mais unidades monoméricas, que não são hidrolisadas pelas enzimas endógenas no intestino dos seres humanos, pertencentes às seguintes categorias: 1) polímeros de hidratos de carbono comestíveis inerentes aos alimentos que se consomem; 2) polímeros de hidratos de carbono que se obtêm a partir de matéria-prima

alimentar usando procedimentos enzimáticos, físicos ou químicos que têm demonstrado algum efeito fisiológico benéfico para a saúde através de evidência científica aceita pelas autoridades competentes; 3) polímeros de hidratos de carbono sintéticos que têm, também, mostrado algum efeito fisiológico sobre a saúde através de meios científicos a já referidos em 2)" (Mello e Laaksonen, 2009).

A fibra é caracterizada pela sua resistência à ação de enzimas digestivas e isto faz com que não seja digerida, absorvida e metabolizada como um nutriente, de modo a que na atualidade existe controvérsia para considerá-la como tal. Com efeito, a fibra é imprescindível na alimentação devido à regulação do trânsito intestinal, retardamento da digestão e posterior absorção de determinados nutrientes, bem como ao favorecimento da eliminação daqueles compostos não digeridos procedentes da dieta (Egeas e Elguezua, 2008).

A Associação Americana de Químicos de Cereais (AACC, 2001) define a fibra alimentar como: “a parte comestível das plantas ou hidratos de carbono análogos que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. A fibra alimentar inclui polissacarídeos, oligossacarídeos, lenhina e substâncias associadas das plantas. As fibras alimentares promovem efeitos benéficos fisiológicos como laxante, e/ou atenuam os níveis de colesterol e de glicose no sangue”.

Uma definição mais recente acrescenta à definição prévia de fibra alimentar o conceito novo de fibra funcional, que inclui outros hidratos de carbono absorvíveis como o amido resistente, a inulina, diversos oligossacarídeos e dissacarídeos como a lactulose, definindo como fibra total a soma de fibra alimentar mais fibra funcional (Alvaréz e Sánchez, 2006).

O Real Decreto Espanhol 1669/2009, de 6 de novembro, através do qual se modifica a norma de rotulagem sobre propriedades nutritivas dos produtos alimentares, e o Regulamento (UE) N° 1169/2011 definem a fibra alimentar como “os polímeros de hidratos de carbono comestíveis com três ou mais unidades monoméricas, que não são digeridos nem absorvidos no intestino delgado humano e que podem estar presentes de modo natural nos alimentos tal como se consomem; ou o que foi obtido a partir de matéria-prima alimentar por meios físicos, enzimáticos ou químicos e que tenham um efeito fisiológico benéfico demonstrado mediante provas científicas geralmente aceites; ou sintéticos, sempre e quando se demonstre que tenham um efeito fisiológico benéfico”. Esta definição teve em conta o trabalho do Codex Alimentar e a declaração relativa a fibra alimentar que realizou em 6 de julho de 2007 no painel científico de produtos dietéticos, nutrição e alergias da Autoridade Europeia de Segurança Alimentar (EFSA).

Dentro deste conjunto heterogêneo de moléculas que conformam a fibra alimentar encontram-se as seguintes frações (Gray, 2006):

- Polissacarídeos do amido
 - Celulose: polissacarídeo linear não ramificado formado por unidade de glucose unidas por laços glicosídicos β -D-(1-4), cuja função é fundamentalmente estrutural, para além de ser o elemento maioritário da parede celular.
 - Hemicelulose: heteropolissacarídeos com estruturas complexas que podem conter glucose, xilose, manose, galactose, arabinose, frutose, ácido glucorónico e ácido galacturónico, em função das diferentes fontes. É o segundo grupo de biopolímeros mais abundante no reino vegetal, depois da celulose.
 - Polissacarídeos pécticos: polímeros complexos do ácido α -(1-4)-D galacturónico (poliurónidos), unidos mediante laço α -(1-4), com um grupo carboxílico parcialmente metilado, e com possíveis ramificações de galactose, arabinose e fructose.
 - Gomas ou mucilagens; polissacarídeos do amido, mas diferentes da celulose, hemicelulose e substâncias pécticas: são polímeros não estruturais, presentes nos alimentos vegetais, que não se dispõem na parede celular, mas sim no citoplasma celular.
- Oligossacarídeos resistentes: não são digeríveis por parte das enzimas endógenas que existem no trato digestivo humano.
- Hidratos de carbono análogos: a este grupo pertencem substâncias como o amido resistente à hidrólise por amilase, dextrinas indigeríveis, hidratos de carbono sintéticos, etc.
- Lenhina: Não é um polissacarídeo, mas sim um polímero complexo formado por unidades de fenilpropano como os álcoois coniferílico, p-cumarílico e sinapílico.
- Outras substâncias associadas: glicoproteínas, ceras, cutina, suberina e compostos fenólicos.

No Real Decreto Espanhol 1669/2009 e no Regulamento (UE) N° 1169/2011 especifica-se, também, o valor energético médio para a fibra alimentar em 2 kcal/g (8 kJ/g). O referido Real Decreto faz alusão à informação técnica da FAO intitulada “Energia dos alimentos, métodos de análises e fatores de conversão”, em que se considera fermentável 70% da fibra alimentar dos alimentos tradicionais. A partir da referida fermentação pode-se

obter certas moléculas (como ácidos) aproveitáveis como fontes energéticas por algumas células do organismo.

A fibra pode ser obtida dos alimentos que a contém de forma natural (frutas, legumes, frutos secos e cereais inteiros) ou ingerindo outros com a inserção deste alimento como ingrediente adicional. Sabe-se que o consumo deficiente de fibra nas sociedades ocidentais está estreitamente relacionado a problemas de saúde, como as denominadas enfermidades das sociedades desenvolvidas. (Cámara, Sánchez-Mata e Ruiz, 2011; Roso, 2007; Egea e Elguezua, 2008).

Existem evidências científicas que relacionam o consumo de alimentos ricos em fibra, como cereais integrais, frutas e verduras, com mais de 25g de fibra/dia, com a melhoria do controle de peso e redução do risco de doenças do coração e diabetes tipo 2 (Figura 6). Por isso, recomenda-se ter em conta estes valores de fibra quando se estabelecem estratégias nutricionais (EFSA, 2010).

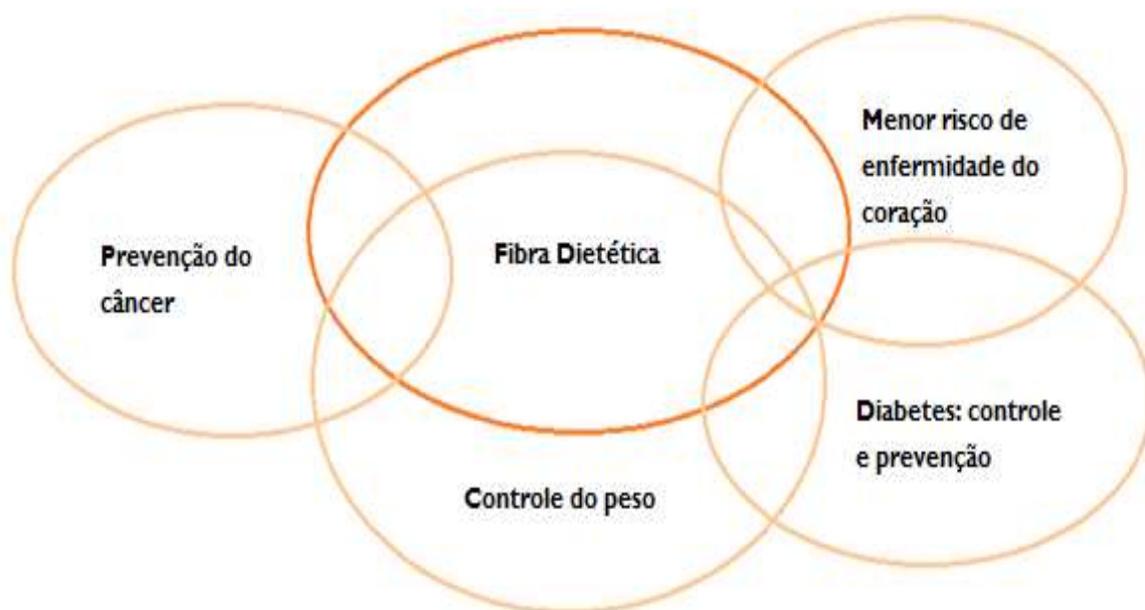


Figura 6- Associação entre a fibra dietética e a saúde (Mendis e Simsek, 2014).

O consumo médio atual de fibra alimentar na Espanha é de 18,9g/pessoa/dia, sendo a fração solúvel de 7,13g. Ambas as cifras são muito inferiores às recomendações dietéticas que aconselham um consumo médio deste alimento total, não inferior a 30g/pessoa/dia, com um conteúdo nas frações solúvel e insolúvel de 25 e 75% respectivamente.

Nos últimos anos pode-se observar como o consumo de fibra dietética diminuiu significativamente, visto que em 1991, tal consumo total era de 22,4g/pessoa/dia, dos quais 38,8% correspondiam à fração solúvel. Portanto, nota-se que a queda experimentada pela fibra dietética solúvel é muito mais acentuada (40%), apesar do mercado dos produtos

dietéticos que contêm fibra ter crescido nos últimos anos. Por essa razão, ao menos em parte, a deficiência de ingestão de fibra contida nos alimentos poderia ser suprida com a fibra dietética contida nos preparados comerciais, embora representem um modelo de consumo diferente: menos natural, mais caro e, sobretudo, menos agradável. Deve-se ter em conta que uma dieta rica em fibra, a partir dos alimentos, é uma dieta rica em cereais, legumes, hortaliças e frutas, mas pobre em gorduras e produtos de origem animal. Já com suplementos, consegue-se que uma dieta rica em produtos de origem animal também seja rica em fibra, e este é um padrão de consumo diferente do comprovado como benéfico nos estudos epidemiológicos, ainda desconhecido no campo científico (Roso, 2007).

Na atualidade, a fibra dietética é um considerável campo de investigação em todo o mundo. Sua importância para a saúde está crescendo gradualmente e supõe um desafio à indústria da alimentação e agricultura pela oportunidade que pressupõe de modificar os hábitos alimentares e formular novos tipos de alimentos (Bañares e Duro, 1999). O quadro 5 indica os principais efeitos fisiológicos atribuídos ao consumo de fibra alimentar.

Quadro 5- Os principais efeitos fisiológicos atribuídos à fibra alimentar (Marlett, McBurney e Islavin 2002).

Os principais efeitos fisiológicos atribuídos à fibra alimentar afetam a	
Função intestinal	A fibra alimentar, especialmente a fibra insolúvel, ajuda a prevenir a prisão de ventre ao incrementar o peso das fezes e reduzir a duração do trânsito intestinal. Este efeito é ainda maior se o consumo de fibra acompanha um aumento da ingestão de água. Ao melhorar a função intestinal, a fibra alimentar pode reduzir o risco de enfermidades e transtornos, tais como a doença diverticular ou as hemorroidas, e pode ter um efeito protetor contra o cancro do cólon.
Os níveis de glicose no sangue	A fibra solúvel pode desacelerar a digestão e a absorção de hidratos de carbono e, por conseguinte, reduzir o aumento de glicose no sangue que é produzido após a alimentação (pós-prandial) e a resposta insulínica. Isto pode contribuir para que pessoas diabéticas tenham um melhor controle da glicemia.

<p>O colesterol sanguíneo</p>	<p>Os resultados de vários estudos epidemiológicos revelam outra função da fibra alimentar na prevenção da doença cardíaca coronária (DCC), a da melhora dos perfis lipídicos no sangue. Os ensaios clínicos confirmam os resultados referidos.</p>
<p>Outros efeitos</p>	<p>Embora a prevenção da prisão de ventre, a melhoria dos níveis de glicose no sangue e os perfis lipídicos no sangue sejam os principais efeitos benéficos, derivados de uma dieta rica em fibra alimentar, não se pode esquecer de outras consequências positivas. Por exemplo, dado que a fibra aumenta o volume da dieta, pode ter-se um efeito de saciedade e, assim, uma ajuda no controlo de peso.</p>

Entre os alimentos de origem vegetal, os grãos inteiros são uma fonte importante de fibra dietética, e as fibras de cereais, como as do trigo, aveia, cevada e centeio aumentam o peso das fezes, aceleram o trânsito intestinal, fermentam os ácidos gordos de cadeias curtas e modificam a microbiota do intestino. O conteúdo de fibra dietética nos cereais varia de 4% no arroz a 15% no centeio e 2,5% na farinha trigo, na sua maioria insolúvel (Proskey et al., 1985). Dentro do grão, os polissacarídeos não amiláceos, o amido resistente e os oligossacarídeos são os maiores contribuintes da fibra dietética total. A maior parte do conteúdo de fibra dietética diminui consideravelmente do pericarpo exterior ao endosperma, com exceção dos arabinosilanos, que são um componente importante dos materiais das células da parede do endosperma (Flores, 2012).

A fibra presente no farelo de trigo parece exercer maior efeito que a fibra de outros cereais, milho e aveia, na prevenção do cancro de cólon. Estas diferenças podem se dever, em parte, a diferença de fermentabilidade da fibra. Os componentes do farelo de trigo, celulose e lignina, e sua estrutura celular (fatores-chave que favorecem a fermentação lenta e a capacidade de retenção de água) desempenham um papel essencial na proteção contra este tipo de cancro. Outra propriedade físico-química importante do farelo de trigo é a sua capacidade de união a determinadas substâncias citotóxicas, como os ácidos biliares e os agentes mutagênicos dos alimentos, reduzindo a probabilidade de que sejam reabsorvidos no cólon (Ruiz e Hernández, 2010).

1.3.1 Fibra solúvel e insolúvel

A fibra dietética pode classificar-se de acordo com a sua solubilidade na água como solúvel e insolúvel. Cerca de 75% da fibra dietética dos alimentos está presente na forma insolúvel, embora a maioria deste tipo de alimento na atualidade, sejam misturas de ambas as fibras solúveis e insolúveis. Suas propriedades e efeitos fisiológicos estão determinados principalmente pelas proporções que guardam estas duas frações, sem ter em conta a sua origem (Montes, Islán e Molina, 2007).

A fibra alimentar qualificada como solúvel consiste em polímeros que apresentam certa hidrofília (pectinas e algumas hemiceluloses), enquanto que outros são hidrodispersáveis (celulose e compostos lignocelulósicos) (Adrian et al., 2000).

A fibra solúvel forma uma dispersão na água, que acarreta a formação de géis viscosos no trato gastrointestinal, cuja propriedade é de retardar a evacuação gástrica. Pode ser saudável em alguns casos, por tornar mais eficiente a digestão e a absorção de alimentos e gerar maior saciedade. Os efeitos derivados da viscosidade da fibra são os responsáveis pelas ações sobre o metabolismo lipídico, dos hidratos de carbono e em parte pelo seu potencial anticarcinogênico (Quadro 6) (Alvaréz e Sánchez, 2006). A fibra solúvel contém maioritariamente polissacarídeos não celulósicos, tais como a pectina, gomas, algumas hemiceluloses (arabinoxilanos e arabinogalactanos) e mucilagens (Matos-Chamorro e Chambilla-Mamani, 2010).

Quadro 6- Fibra alimentar: tipos, fontes e ações que têm no organismo dos diferentes tipos de fibra (Food Ingredients Brasil, 2008; Montes, Islán e Molina, 2007).

Classificação	Tipos	Fontes	Ação
Fibra Solúvel	Pectina, gomas, mucilagens, β -glucano, hemiceluloses (algumas).	Frutas, Verduras, Aveia, Cevada, Legumes (feijões, lentilhas, soja, grão de bico).	<ul style="list-style-type: none">- Retardamento na absorção da glicose;- Redução no esvaziamento gástrico (maior saciedade);- Diminuição dos níveis de colesterol no sangue;- Proteção contra o cancro de intestino.
Fibra Insolúvel	Lenhina, celulose, hemiceluloses (a maioria).	Verduras, Farelo de trigo, Cereais integrais (arroz, pão).	<ul style="list-style-type: none">- O aumento das fezes;- Fomentar a boa função intestinal (aceleração do trânsito intestinal);- Prevenção da prisão de ventre.

A fibra solúvel aumenta o volume das fezes até 20 vezes seu peso, devido à capacidade de retenção de água. Esta fibra se relaciona com a proteção e alívio de alguns transtornos digestivos, como a prisão de ventre, pois é a base para utilizar a fibra insolúvel no tratamento e prevenção da prisão de ventre crônica. A fibra também contribui para diminuir a concentração e o tempo de contato de potenciais carcinogênicos com a mucosa do cólon. Outro detalhe é que o tamanho da partícula de fibra pode influenciar na sua capacidade de captar água e estes fatores serão influentes no processamento do alimento, como por exemplo, na trituração de cereais e na mastigação (Matos-Chamorro e Chambilla-Mamani, 2010; Alvaréz e Sánches, 2006; Kim, 2000).

De forma geral, a fibra consumida deve ter uma proporção de 3/1 entre insolúvel e solúvel. São alimentos ricos em fibra insolúvel, a farinha de trigo, o farelo, ervilhas, repolho, vegetais de raiz, cereais e frutas maduras. São ricos em fibra solúvel a aveia, a ameixa, a cenoura, os cítricos, feijão e outros legumes. Sempre deve aconselhar-se que as fontes de fibra sejam variadas e que se realize uma ingestão hídrica adequada (Alvaréz e Sánches, 2006).

1.4 Arabinosilanos

Um dos componentes da fibra alimentar de grande importância para a saúde é designado como arabinosilanos (AX). Os arabinosilanos são componentes estruturais das paredes celulares dos cereais. Foram identificados e estudados numa variedade de tecidos dos principais cereais comercializados, como o trigo, centeio, aveia, arroz, sorgo e cevada. Estruturalmente, os grãos de cereais se organizam em três componentes principais: a casca, o endosperma e o embrião. O AX dos cereais se encontra, na sua maioria, nas paredes celulares das células do tecido de aleurona e nas capas dos cereais. Entretanto, podem estar presentes nas paredes celulares do endosperma amiláceo (Rocha, 2010).

Os arabinosilanos são um grupo heterogêneo de polissacarídeos no qual variam os padrões de substituição e o grau de polimerização (Figura 7). Os arabinosilanos são compostos hidrocarbonados constituídos por uma cadeia principal linear de β -D-(1,4)-xilopiranosose, substituída nos grupos hidroxilo (-OH) das posições 2 e 3 por resíduos de tipo L-arabinofuranosil unidos mediante laços glucosídicos β (1,4). Assim mesmo, a posição 5 pode estar, por sua vez, substituída por restos de ácido ferúlico, o que permite a formação de laços cruzados pela oxidação do ferulato presente nas cadeias de arabinosilanos adjacentes. O termo “grau de substituição” utilizado na descrição dos arabinosilanos refere-se ao número de unidades de arabinose unidas à cadeia principal de xiloses, e também se

descreve como a relação arabinose-xilose (A/X). Tanto o grau de substituição como a distribuição das cadeias laterais são fatores importantes nas características físico-químicas dos arabinoxilanos. Em função da sua solubilidade, os arabinoxilanos se classificam em: extraíveis em água (WS-AX, water extractable arabinoxylan) e não extraíveis em água (WU-AX, water unextractable arabinoxylan). Os WS-AX são extraíveis à temperatura ambiente, enquanto que os WU-AX requerem um tratamento alcalino para sua extração (Ortega et al., 2013).

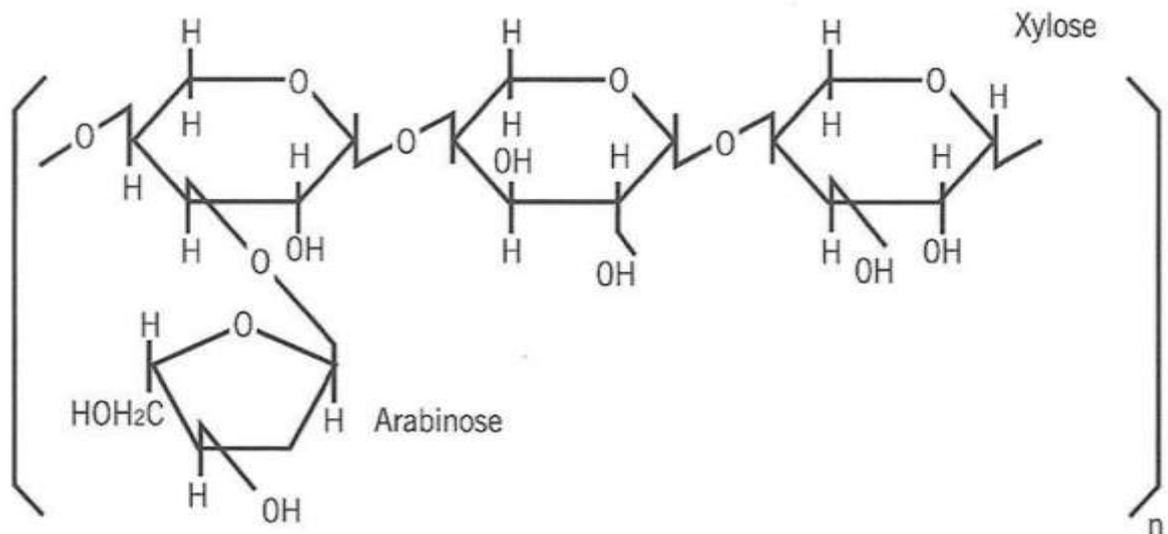


Figura 7- Estrutura química dos arabinoxilanos (CAPDEVILA, 2003).

No grão de trigo existem polissacarídeos não amiláceos denominados pentosanas (basicamente arabinoxilanos e arabinogalactanos) que têm influência tanto na moagem do grão como no processo posterior de panificação. As pentosanas no trigo podem dividir-se em solúveis e insolúveis em água, e compreendem, respectivamente, 25 e 75% do total destas substâncias presentes na farinha de trigo. Sua estrutura e seu aspecto resultam em propriedades físico-químicas únicas que afetam fortemente sua funcionalidade na panificação. A diferença estrutural entre os arabinoxilanos solúveis e os insolúveis em água está principalmente no peso molecular e na relação arabinose/xilose (Steffolani, 2010).

Os arabinoxilanos encontram-se nas células das paredes celulares de cereais como trigo, cevada e centeio. O conteúdo médio na farinha de trigo é de 2,1g/100g. As propriedades físicas, como a viscosidade, por exemplo, dependem do grau de substituição, da distribuição dos substitutos e do nível de polimerização (Flores, 2012).

Nos cereais os WS-AX encontram-se principalmente no endosperma, e os WU-AX localizam-se tanto na capa aleurona como no pericarpo. A quantidade de arabinoxilanos num

tecido vegetal pode variar dependendo do gênero, assim como pelos fatores ambientais e os estados de desenvolvimento (estado de amadurecimento). Em geral, o conteúdo de WS-AX é menor (0,5 a 3,0%, p/p) no endosperma dos cereais (trigo, centeio, cevada) que o de WU-AX (20 a 30%, p/p) no pericarpo dos mesmos (Ortega et al., 2013). Estudos de Dervilly et al. (2000) indicam que os arabinosídeos solúveis em água têm um impacto na reologia e em parâmetros de qualidade, como o volume do pão, textura da migalha e nas características de envelhecimento.

Alguns investigadores sugerem que a alta viscosidade das soluções de arabinosídeos se deve a uma conformação parecida com uma barra rígida dos polímeros causada pela relativamente alta proporção de arabinose em relação à xilose. Supõe-se que um aumento no conteúdo de arabinose parece "endurecer" a cadeia principal de xilano numa conformação mais estendida. Existem estudos contraditórios sobre a relação que pode existir entre as características estruturais dos arabinosídeos e as macromoleculares. Uma razão para estes resultados pode residir nas diferenças, na pureza e na composição das preparações de arabinosídeos (Dervilly et al., 2000).

2 Objetivos

Ao se considerar a fibra e os arabinosídeos como compostos bioativos de grande interesse pelas suas propriedades biológicas e correspondente papel na prevenção de doenças, e tendo em conta que as farinhas de trigo são uma das fontes dietéticas principais destas substâncias, devido ao seu elevado consumo no âmbito da dieta humana, o objetivo principal do presente estudo consiste na avaliação da fibra (solúvel, insolúvel e total), bem como o método de extração de arabinosídeos (através de uma intensa busca bibliográfica) em diferentes farinhas comerciais e duas variedades de trigo duro, verificando os efeitos benéficos para a saúde.

Os objetivos específicos são:

- Investigar seus conteúdos e diferenças entre produtos;
- Avaliar a contribuição da ingestão diária recomendada de fibra como composto bioativo.

Este trabalho de dissertação faz parte do projeto do Plano Nacional Espanhol (2013-2015) intitulado "Mejora Genética en Trigo Blando y Trigo Duro: Calidad Funcional, Calidad

Nutricional y Compuestos Bioactivos”, em que se analisará a variabilidade e base genética do conteúdo em compostos bioativos em diferentes frações de farinha (comercial e experimental).

O trabalho experimental foi realizado no Departamento de Nutrição e Bromatologia II da Faculdade de Farmácia da Universidade Complutense de Madrid sob a direção da Doutora Virginia Fernández Ruiz do Grupo de Investigação ALIMNOVA.

3 Materiais e Métodos

3.1 Amostras Analisadas

Realizou-se avaliação do conteúdo de arabinosídeos de um total de oito amostras de farinha, sendo quatro delas farinhas comerciais presentes nos mercados espanhóis e quatro frações de farinhas de trigo melhoradas geneticamente (farinha branca, farinha integral, farelo e semolina) de duas variedades de trigo duro (Aldura e Endural).

- Farinhas Comerciais:

Analisaram-se quatro amostras diferentes de farinha de trigo comercial (HBC: farinha de trigo branca; HIC: farinha de trigo integral; HTR: farinha de trigo para pastelaria; HTFR: farinha de trigo para fritos e panados) (Figura 8). De acordo com as instruções indicadas nos rótulos, todos os produtos foram armazenados à temperatura ambiente.



Figura 8- Farinhas de trigo comerciais analisadas.

- Farinhas melhoradas geneticamente

Foram analisadas quatro frações de farinhas de trigo melhoradas geneticamente de duas variedades de trigo duro Aldura e Endural, (AHB: Farinha Branca Aldura; AHI: Farinha Integral Aldura; ASA: Farelo Aldura; ASE: Sêmola Aldura; EHB: Farinha Branca Endural; EHI: Farinha Integral Endural; ESA: Farelo Endural; ESE: Sêmola Endural) (Tabela 1). As farinhas foram armazenadas no congelador.

Tabela 1- Farinhas de trigo procedentes de programas de melhoria genética de duas variedades de trigo duro.

Variedades	Nome da Farinha	Código
ALDURA	Farinha Branca	AHB
	Farinha Integral	AHI
	Farelo	ASA
	Sêmola	ASE
ENDURAL	Farinha Branca	EHB
	Farinha Integral	EHI
	Farelo	ESA
	Sêmola	ESE

3.2 Determinação da Humidade

3.2.1 Materiais

- Cápsula de metal;
- Espátula.

3.2.2 Equipamentos

- Balança;
- Estufa;
- Exsicador.

3.2.3 Metodologia da Humidade

A determinação da humidade das farinhas de trigo do presente trabalho ($130\pm 3^{\circ}\text{C}$) foi identificada por meio do método da AOAC Official Method 925.10(1995). Para tal, utilizaram-se cápsulas de metal, previamente introduzidas numa estufa a 130°C durante 30 minutos para eliminar a humidade, tarou-se e logo se pesou 1 grama de amostra. As cápsulas foram mantidas na estufa com a amostra a 130°C durante uma hora. Após este período de tempo, foram deixadas num exsicador até atingirem a temperatura ambiente, em seguida retornaram a pesar na mesma balança de precisão (Figura 9).

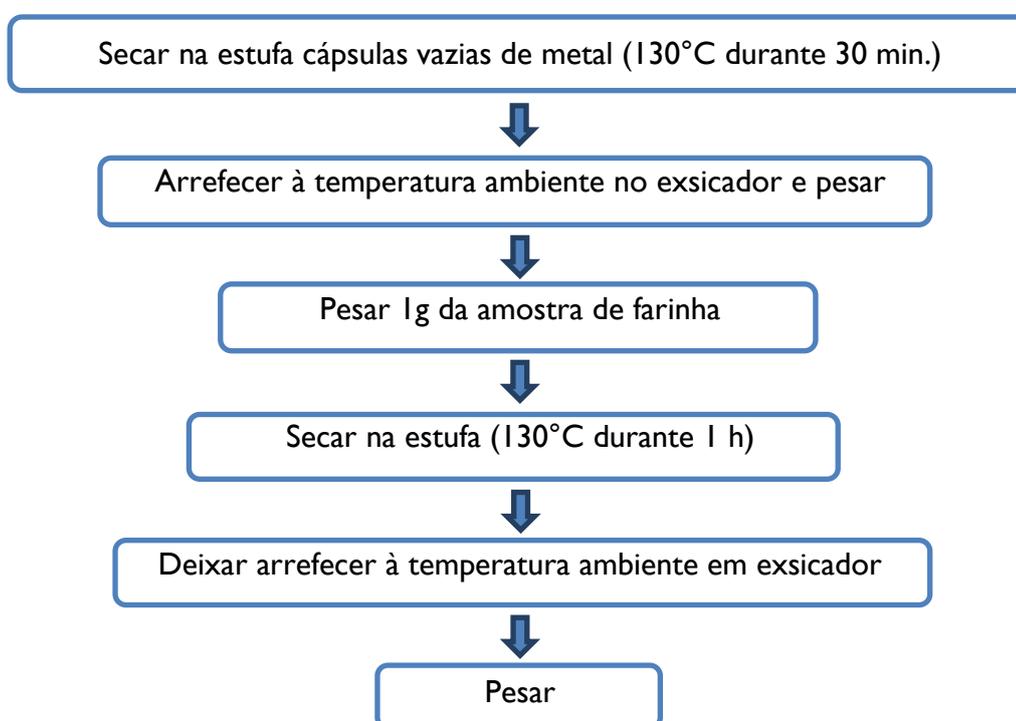


Figura 9- Procedimento de determinação da humidade em farinhas de trigo.

Para a obtenção da humidade se realizaram os seguintes cálculos:

$$\frac{[(P_c + P_m) - P_{c+m}']}{P_m} \times 100$$

P_c = peso da cápsula vazia

P_m = peso da amostra de farinha

P_{c+m}' = peso da cápsula + amostra sem humidade

3.3 Extração de arabinosídeos

3.3.1 Materiais

- Luvas de látex;
- Óculos;
- Tubos de ensaio com tampa;
- Pipeta automática de 1mL e 5mL;
- Pontas para pipeta automática de 1mL e 5mL;
- Copos de precipitação de vidro de 200mL y 1000mL;
- Pipeta de plástico de 2mL;
- Espátulas;
- Suportes para tubos;
- Colher;
- Magnetos;
- Provetas;
- Balão volumétrico 100mL;
- Células para espectrofotômetro;
- Tubos tipo falcón.

3.3.2 Reagentes

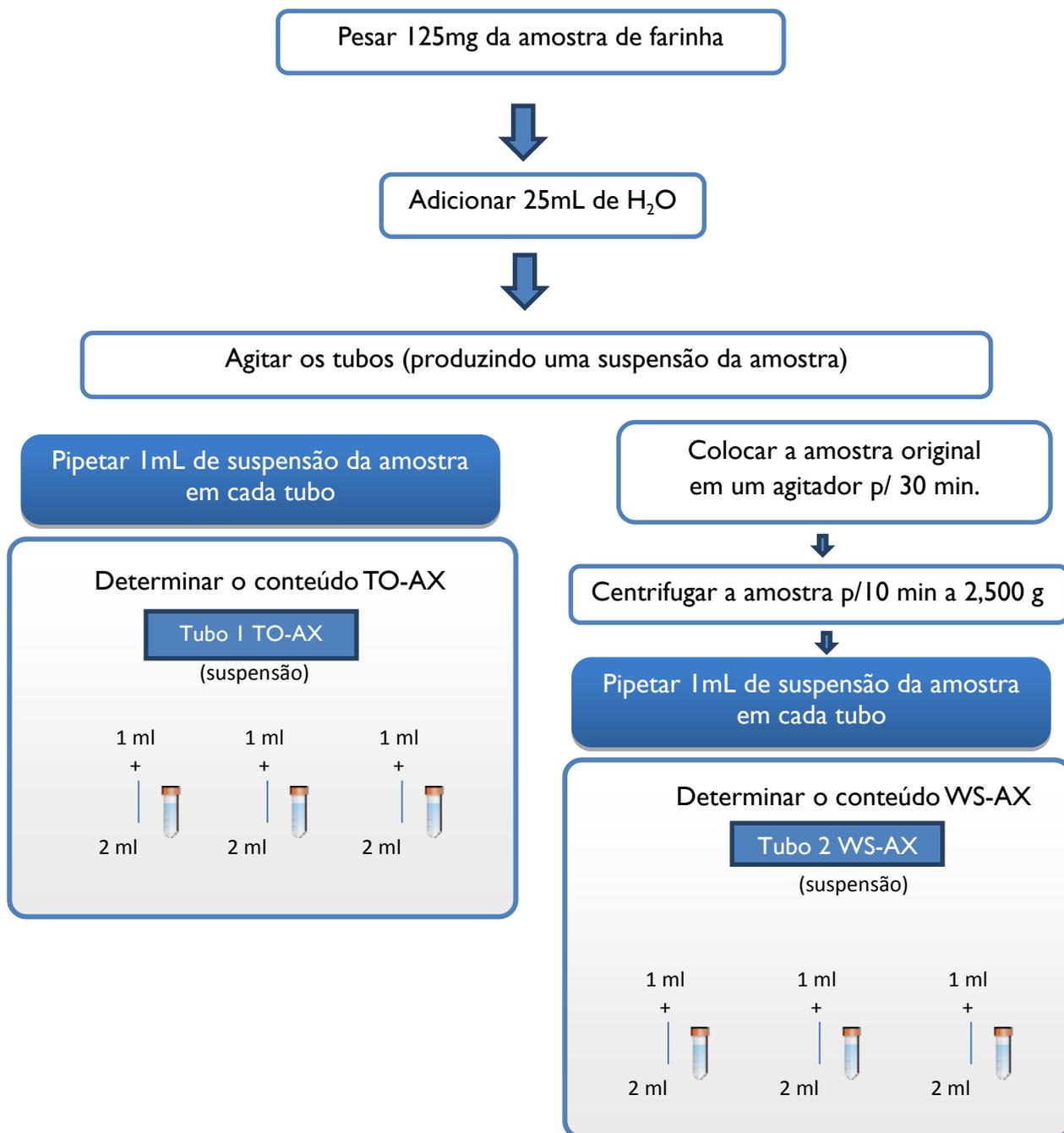
- Água Destilada;
- Xilose D-(+) xylose 500mg (Supelco Analytical, USA);
- Floroglucinol (Aldrich Chemistry, USA);
- Etanol 96%;
- Ácido Acético Glacial (Scharlau, Espanha);
- Ácido Clorídrico 37% (Panreac Quimica SA, Espanha).

3.3.3 Equipamentos

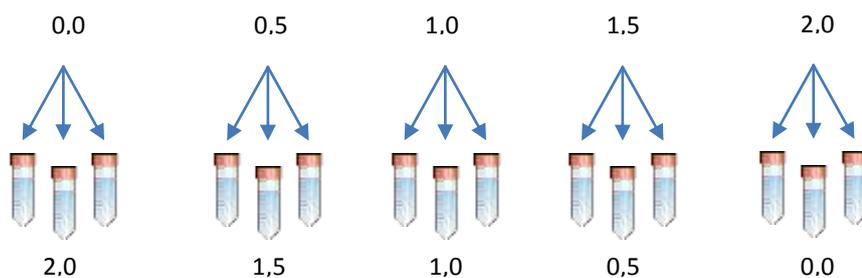
- Banho (P-selecta, Espanha);
- Agitador vortex (P-selecta, Espanha);
- Espectrofotômetro Lambda EZ210 (Perkin, USA);
- Balança analítica de precisão (BOECO, Germany);
- Centrífuga Modelo Universal 320 (Hettich).

3.3.4 Metodologia

A determinação do conteúdo dos arabinosídeos nas amostras de trigo analisadas foi realizada pelo método colorimétrico descrito por Douglas (1981) que mede o conteúdo de pentoses na farinha de trigo (Figura 10). O referido método foi modificado para medir o conteúdo dos arabinosídeos solúveis (WS-AX) e dos arabinosídeos totais (TO-AX) das farinhas de trigo do presente trabalho (Finnie, Bettge e Morris, 2006; Kiszonas, Courtin e Morris, 2012). Este método baseia-se em outro descrito por Dische e Borenfreud (1957), que foi posteriormente modificado por Cracknell e Moye (1970) para utilização em produtos à base de cereais (Douglas, 1981). Um esquema do procedimento analítico utilizado pode ser observado na figura 10.



Curva Padrão= Solução-mãe de 10mg de D-(x) xilose em 100mL de H₂O Triplicado (mL xilose).



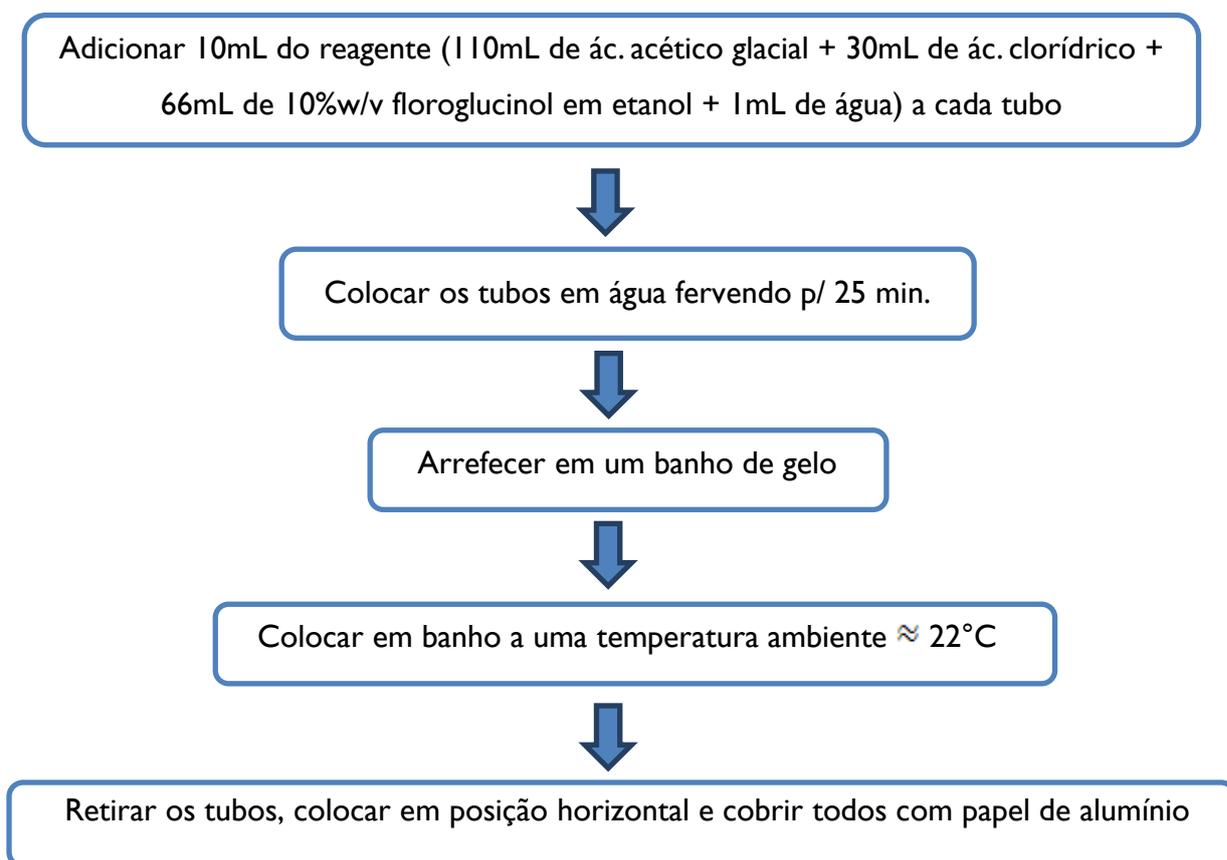


Figura 10- Esquema da metodologia da análise de arabinoxilanos.

A metodologia (Figura 11) baseou-se numa primeira etapa de extração, que consiste em pesar precisamente a amostra (farinha de trigo 125mg) no tubo Falcón e adicionar 25mL de água destilada. O tubo foi, posteriormente, colocado num agitador, produzindo-se uma suspensão da amostra e, imediatamente, enquanto se agitava, pipetou-se 3mL de suspensão da amostra em três tubos de ensaio com tampa, 1mL em cada tubo para determinar o conteúdo de arabinoxilanos totais (TO-AX).

O tubo Falcón com a amostra manteve-se em agitação durante 30 minutos, sendo, posteriormente, transferido para uma centrífuga por 10 minutos a 2500g, em seguida foi pipetado 3mL de suspensão da amostra em três tubos, 1mL em cada e adicionado mais 1mL de água destilada a cada um, para levar o volume a 2mL e assim determinar o conteúdo de arabinoxilanos solúveis (WS-AX).

Na segunda etapa, para a determinação do método de arabinoxilanos, de acordo com Douglas (1981), foi realizada a reta de calibração, utilizando uma solução padrão de 10mg de D-(+)-xilose em 100mL em água destilada. Realizou-se em triplicado e a curva foi preparada, utilizando-se as concentrações de 0,0, 0,5, 1,0, 1,5, e 2,0 mg/mL de solução de xilose, levando-a ao volume final de 2mL com água destilada.

Numa terceira parte, trabalhou-se a reação de cor, sendo adicionado em todos os tubos (21 tubos de ensaio) 10mL do reagente (1mL de água, 110mL de ácido acético glacial, 6,6g de floruglucinol diluído em 66mL de etanol, 30mL de ácido clorídrico). Os tubos foram colocados em banho de água fervendo durante 25 minutos e posteriormente, foram retirados, arrefecidos num banho de gelo, e mantidos a temperatura ambiente ($\approx 22^{\circ}\text{C}$) em posição horizontal, ao abrigo da luz, protegidos com papel alumínio. A absorvância das amostras foi lida a 558nm e 505nm no espectrofotômetro.



Figura 11- Imagens dos materiais e equipamentos utilizados.

A quantificação dos arabinosilanos em cada uma das amostras foi calculada extrapolando os dados de absorvância na reta de calibração obtidas, a partir de padrão de xilose (Figura 12).

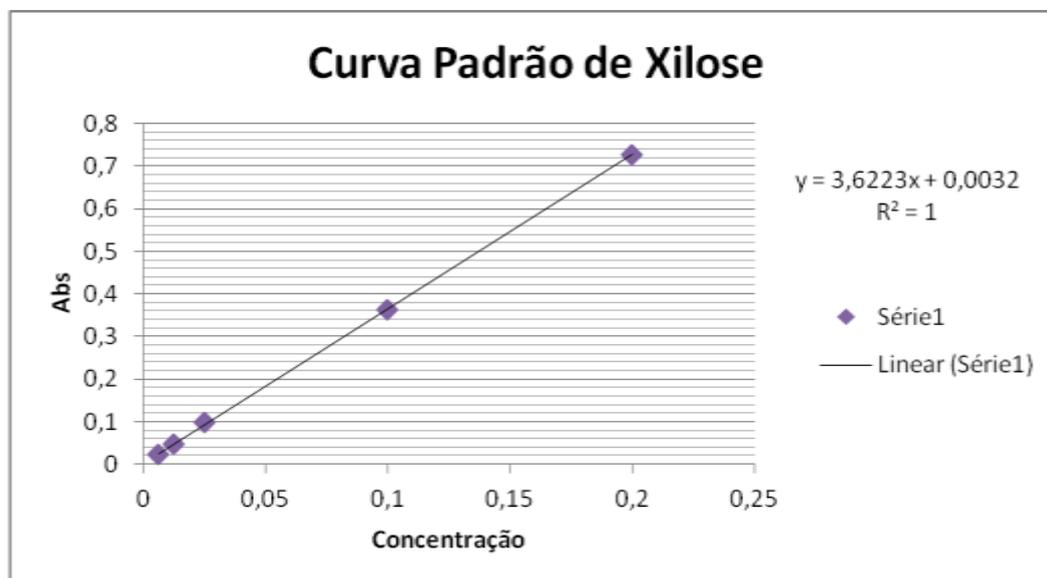


Figura 12- Reta de calibração de xilose (mg/mL).

4 Resultados e Discussão

4.1 Avaliação da fibra nas farinhas de trigo

Diversos estudos epidemiológicos realizados na última década do século XX mostram que dietas com uma ingestão diminuída de fibra estão relacionadas com o aparecimento de certas patologias, como o cancro do cólon, as doenças cardiovasculares, alterações no ritmo do intestino e trânsito intestinal, etc (García Perís e Velasco Gimeno, 2007). Por este motivo, diferentes organismos oficiais têm estabelecido a ingestão diária recomendada (IDR) de fibra com o fim de prevenir estas patologias. As IDR de fibra estão estimadas entre 25-30g de fibra diária (12,5g/1000Kcal), com uma relação de fibra insolúvel/solúvel de 75/25, dependendo do sexo, faixa etária e estado fisiológico da pessoa. Assim, o aporte médio de fibra dietética pode variar de 10 a 20g por dia nas crianças pequenas (<10 a 12 anos), de 15 a 30g/dia nos adolescentes, e de 16 a 29g/dia nos adultos (Trumbo et al., 2002; EFSA, 2010; Moreiras et al., 2013).

Diferentes organizações têm proposto recomendações para a ingestão de fibra dietética. A Organização Mundial de Saúde (OMS) sugere o consumo de 27 a 40g de fibra por dia para adultos saudáveis, acessível pela ingestão de ≥ 400 g de frutas e verduras ao dia

(Nishida et al., 2004). Na Europa, a Autoridade Europeia de Segurança Alimentar (EFSA) estabeleceu um valor de referência de ingestão de fibra de 25g/dia, similar ao recomendado por outros órgãos como a Sociedade Espanhola de Nutrição Comunitária (SENC).

A recomendação da Associação Dietética Americana (ADA) é similar a da OMS: 20 a 35g/dia de ingestão de fibra dietética para adultos. Como não existe uma recomendação para as crianças menores de dois anos, já que se considera que este grupo de idade se alimenta à base de leite, os teores recomendados parecem apontar para uma dieta completa e variada depois de 6 meses de aleitamento materno exclusivo. Do mesmo modo, embora não haja nenhuma recomendação para os idosos, ADA informa que uma ingestão segura é de 10 a 13g fibra por cada 1.000kcal (ADA, 2002).

Recomenda-se que os hidratos de carbono de baixo índice glicêmico constituam entre 55 e 60% do total da ingestão energética. Em relação aos hidratos de carbono não disponíveis, o seu papel na função intestinal é o critério que se utiliza para estabelecer as recomendações. Considera-se que uma ingestão de 25-30g/dia de FA (14g/1.000kcal), procedente de alimentos, não de suplementos e de diferentes fontes, é a quantidade necessária para a função intestinal normal em adultos. Em alguns países, tem-se estabelecido recomendações mais elevadas (30-38g/ dia) tendo em conta também o papel protetor da FD na diabetes. A relação entre fibra insolúvel e solúvel recomendada é de 3/1 (Ruiz-Roso, 2013).

Segundo a Food and Nutrition Board (FNB), as RDAs de fibra nos EUA são de 38g/dia para homens e 25g/dia para mulheres de 19 a 50 anos (Trumbo et al., 2002). Depois de analisar e comparar as diferentes recomendações pelos órgãos e instituições e estudos científicos de reconhecido prestígio, foi selecionado o valor das RDA de Trumbo et al. (2002), para avaliar a contribuição das amostras estudadas as necessidade de fibra. Tal método é o mais utilizado e o mais exigente, relativo aos requerimentos diários da maior parte dos nutrientes estudados.

Estas recomendações podem ser cumpridas mediante o consumo de alimentos que são naturalmente rico em fibra dietética, como frutas, verduras, legumes, nozes e grãos de cereais inteiros; e/ou o consumo de alimentos com fibra dietética adicionada como ingrediente funcional (Moreiras et al., 2013).

Há uma escassez de dados sobre os efeitos da fibra dietética nas crianças e somente alguns países têm estabelecido recomendações de ingestão na infância. Com exceção do Reino Unido, Países Baixos e EUA, a maioria dos países não tem feito recomendações sobre a ingestão de fibras na dieta durante a infância. O consumo médio do total de fibras dietéticas entre os países é de 12 a 29g por dia (Gray, 2006). As diferenças nestes valores

devem-se às diferentes formas de ingestão diária de referência, aos diversos métodos analíticos utilizados e ao diverso uso do conceito de fibra dietética nos diferentes países.

Apesar da forte evidência dos benefícios da fibra para o corpo humano, a população espanhola tem *déficit* de fibra, sendo o consumo mais elevado encontrado nas comunidades do norte da Espanha, em comparação com as do sul, do leste e das Ilhas Baleares. Esta tendência normalmente começa na infância e continua durante a vida adulta. Na Espanha, a ingestão média de fibra, segundo o estudo *EnKid*, é de 18,5g/dia e 7,8g/ 1.000Kcal em homens de 18 a 24 anos, e de 15,5g/dia e 8,3g/ 1.000Kcal em mulheres da mesma idade. A maior parte procede de cereais (43%), verduras e hortaliças (33%), frutas frescas (19%), legumes (4%) e frutos secos (1%). Desde 1964, quando a ingestão era muito satisfatória (27,5g/dia), estes valores foram diminuindo lenta e progressivamente. Dados recentes de consumo de fibra na Espanha mostram uma ingestão muito inferior ao recomendado, visto que em 2009 era de 19,2g/dia (Ruiz-Roso e Perez-Olleros, 2010).

Como comentado anteriormente, os trigos comerciais atuais pertencem às espécies *Triticum turgidum* var. *Durum*, trigo duro, cujo principal produto comercial é a massa e seus derivados, e *T. aestivum* trigo para panificação, trigo farinheiro ou trigo mole, principalmente destinado à elaboração de pães. A farinha procedente de ambas as espécies de trigo é rica em fibra e base para a elaboração de diferentes produtos alimentícios que podem ser considerados como alimentos fontes de fibras (>3g de fibra/100g) ou alimentos com um alto conteúdo em fibra alimentar (>6g de fibra/100g), segundo o Regulamento Espanhol 1924/2006, no que se refere às alegações de saúde por parte dos alimentos.

Na tabela 2 são mostrados os conteúdos de fibra de diferentes farinhas, frações e conteúdo de fibra em produtos elaborados à base de trigo, segundo os dados fornecidos na literatura científica, assim como a contribuição para as RDAs.

Tabela 2- Dados bibliográficos dos conteúdos de fibra dietética g/100g em diferentes farinhas de trigo, frações e produtos elaborados com farinhas de trigo e a contribuição para as RDAs para homens e mulheres.

Autores	Farinhas de trigo, frações e produtos elaborados com as mesmas	Fibra Total g/100g	Fibra Solúvel g/100g	Fibra Insolúvel g/100g	% Fibra solúvel sobre a fibra total	Contribuição % RDAs Homens/Mulheres	RDAs (Trumbo et al., 2002)
De La Plaza et al., 2013	Sêmola Farinha de trigo integral Farelo de trigo Pão francês Tostas branca e integral Biscoitos de farelo Pão branco com fibra Farelo “diet” industrial	6 a 10 g sss 10 -20 g sss > 20 g sss <3 g sss <3 g sss 6 a 10 g sss 6 a 10 g sss 6 a 10 g sss	-	-	-	<i>P/3g</i> H: 7,8% M: 12% <i>P/6g</i> H: 15,7% M: 24% <i>P/10g</i> H: 26,3% M: 40% <i>P/20g</i> H: 52,6% M: 80%	H: 38g/dia M: 25g/dia
Li, Andrews e Pehrsson, 2002	Pão branco suave Pão branco firme Pão integral suave Pão integral firme Tortilha (farinha de trigo) Sêmola cozida Esparguete cozido	1,54 g ssf 2,66 g ssf 6,01 g ssf 6,71 g ssf 2,37 g ssf 1,26 g ssf 2,06g ssf	1,02 g ssf 1,30 g ssf 1,26 g ssf 1,51 g ssf 1,51 g ssf 0,12 g ssf 0,54g ssf	0,53 g ssf 1,36 g ssf 4,76 g ssf 5,21 g ssf 0,85 g ssf 1,14 g ssf 1,33g ssf	66,23% 48,87% 20,9% 22,5% 63,7% 9,52% 26,21%	<i>Pão branco suave</i> H: 4,05% M: 6,16% <i>Pão branco, firme</i> H: 7% M: 10,6% <i>Pão integral suave</i> H: 15,8% M: 24% <i>Pão integral firme</i> H: 17,6% M: 26,8% <i>Tortilla</i> H: 6,2%	

						M: 9,4% <i>Sêmola cozida</i> H: 3,3 % M: 5% <i>Espaguete cozido</i> H: 5,8% M: 8,2%	
Macías et al., 2013	Farinha de trigo	3,0 g ssf	-	-	-	H: 7,8% M: 12%	H: 38g/dia M: 25g/dia
Maldonado e Pacheco-Delahaye, 1998	Farinha de trigo duro	4,16g sss	-	-		H: 10,9% M: 16,6%	
Monho et al., 2013	Farinha de Trigo integral	7,4 g ssf	-	-	-	H: 19,4% M: 29,6%	
Morales et al., 2012	Farinha de trigo	3,90g sss	1,29g	2,69g	33%	H: 10,26% M: 15,6%	
Olagnero et al., 2007	Pão Fargo Farelo Duplo Dietético Pão Fargo Integral Fortificado Pão Fargo Duplo Integral Pão Fargo “All Natural” Negro Sementes Pão Fargo “All Natural” Branco Sementes Biscoitos Ser Equilíbrio com Farelo	3,4 g ssf 3,1 g ssf 2,9 g ssf 3,1 g ssf 3,6 g ssf 1,8 g ssf	0,5 g ssf 0,6 g ssf 0,8 g ssf 1 g ssf 0,4 g ssf -	2,8 g ssf 2,5 g ssf 2,1 g ssf 2,2 g ssf 3,2 g ssf -	14,7% 19,3% 27,5% 32,25% 11,7% -	<i>Pão Fargo Farelo</i> H: 8,9% M: 13,6% <i>Pão Fargo Integral</i> H: 8,1% M: 12,4% <i>Pão Fargo Duplo</i> H: 7,6% M: 11,6% <i>Pão Fargo “All Natural” Negro</i> H: 8,1% M: 12,4% <i>Pão Fargo “All Natural” Branco</i> H: 9,4% M: 14,4%	

						<i>Biscoitos Ser</i> H: 4,7% M:7,2%	
Ortega et al., 2004	Farinha de trigo Sêmola Farelo Farinha de trigo integral	4,2g sss 7,2g sss 42,8g sss 9g sss	-	-	-	<i>Farinha de trigo</i> H: 11% M: 16,8% <i>Sêmola</i> H: 18, M: 28,8% <i>Farelo</i> H: 112,6% M: 171,2% <i>Farinha de trigo Integral</i> H: 23,6% M: 36%	
Pacheco- Delahaye e Testa, 2005	Farinha de trigo	3,8 g sss	-	-	-	H: 10% M: 15,2%	
Stevenson et al., 2012	Massa integral sem cozinhar Massa branca sem cozinhar Farelo de trigo	9g ssf 2,8g ssf 36,5g ssf	- - 1,5g ssf	- - 35g ssf	- - 2,8%	<i>Massa Integral</i> H: 23,6% M: 36% <i>Massa Branca</i> H: 7,3% M: 11,2% <i>Farelo de trigo</i> H: 96% M: 146%	

H: Homens

M: Mulheres

Assim, segundo se pode comprovar pelos dados registados na tabela 2, a farinha integral destaca-se por possuir uma quantidade de fibra de quase 6 vezes superior a farinha branca: a farinha integral contém até 20g de fibra/100g contra a farinha branca que possui somente 3g/100g, sendo o farelo, entre as diferentes frações, aquele que apresenta um maior conteúdo de fibra 42,8g de fibra/100g, diferente da sêmola que possui a quantidade de 7,2g de fibra/100g.

Pode-se observar, também, a existência de uma grande variabilidade entre os valores de fibra fornecidos pelos autores, devido à grande diversidade de farinhas de trigo e suas frações (com diferentes graus de extração), à variedade de trigo utilizada, a fatores climáticos ou outros relacionados com a tecnologia do processo dos produtos obtidos, bem como do método de extração utilizado para a análise de a fibra alimentar (FA), fibra solúvel (FS) e insolúvel (FI).

Os valores de fibra insolúvel têm mostrado uma gama variada (0,53g/100g de pão branco suave a 35g/100g de farelo de trigo), enquanto que na fibra solúvel (0,12g/100g de sêmola cozida a 1,51g/100g no pão integral e tortilha) (Tabela 2). Até o momento, os dados sobre a distribuição das frações de fibra nos diferentes tipos de farinha de trigo e suas frações são limitados. As proporções de FS/FI, como se pode observar na tabela 2, aproximam-se, em alguns casos, aos valores recomendados 25% FS e 75% de FI. Encontra-se, também, nos dados registados, alguns alimentos com um conteúdo de FS abaixo de 25%, como o pão fargo de farelo 14,7%, pão fargo integral 19,3%, pão de sementes 11,7%, a sêmola cozida 9,5% e farelo de trigo com apenas 2,8% de FS. Outros alimentos contém FS acima de 25%, destacando-se a tortilha, 63,7%, e o pão branco, 66% (Li, Andrews e Pehrsson, 2002).

Assim, os dados de fibra registados na tabela 2 são muito interessantes, partindo do ponto de vista das suas contribuições nas ingestões diárias recomendadas, já que com 100g de farinha integral se poderia cobrir 19,4% para homens e 29,6% mulheres dos requerimentos diários de fibra (RDAs), estimados em 38 e 25g/dia para homens e mulheres adultos, respectivamente (Trumbo et al., 2002). O farelo supera estes níveis, já que cobre 96% e 146% destes requisitos, respectivamente.

Além disso, e seguindo as diretrizes do Regulamento (CE) No 1924/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de dezembro de 2006, relativo às declarações nutricionais e de propriedades saudáveis nos alimentos, todos eles, poderiam ser considerados, não só como “fonte de fibra” (já que proporcionam mais de 3 e 6g/100g respectivamente). De acordo com este regulamento, o farelo, algumas sêmolas e as farinhas integrais podem ser consideradas uma fonte muito interessante de fibra alimentar (>3g de

fibra/100g alimento). Destes, o farelo apresenta níveis ligeiramente superiores aos demais, (>20 g de fibra total/100 g), sendo mais rico em fibra insolúvel (Tabela 2).

4.2 A humidade das farinhas analisadas

Conhecer o conteúdo de humidade das farinhas de trigo é um fator chave para o conhecimento das modificações da elasticidade da massa, produzida pela farinha no momento da sua utilização (Junior e Oliveira, 1998). É importante controlar o conteúdo de humidade não só por razões económicas (dado que a comercialização se realiza em fresco), mas também, por influenciar o processamento dos seus derivados durante a fabricação (Zardo, 2010). Além disso, este parâmetro é o responsável da aceleração das reações químicas e enzimáticas (Ortolan, 2006).

De acordo com Araújo e Fernandes (2007), a farinha é um alimento capaz de absorver facilmente os odores e a humidade, logo, deve ser armazenada num lugar seco, arejado, com boa ventilação e longe de produtos que possa absorver facilmente os odores. Devido a estes fatores, a indústria do setor da farinha determina periodicamente a humidade deste farináceo e, sobretudo, antes de começar o processo de produção de qualquer produto derivado.

No presente estudo, as farinhas comerciais analisadas foram farinha integral, farinha branca, farinhas para fritos e panados e farinha para pastelaria (HIC, HBC, HFRC, HRC). Neste conjunto de amostras se obteve resultados de humidade compreendidos entre 7,67% (HIC) e 9,21% (HRF) como é indicado na tabela 3.

Tabela 3- Conteúdo de humidade (ssf) nos diferentes tipos de farinhas comerciais espanholas.

Tipo de farinha de trigo comercial	Código	Humidade (g/100g)
Farinha Integral	HIC	7,67 ± 0,33
Farinha Branca	HBC	8,12 ± 0,28
Farinha para Fritos e Panados	HFRC	9,05 ± 0,20
Farinha para Pastelaria	HRC	9,21 ± 0,21

Determinação das amostras em triplicado com os resultados a serem expressos como o valor médio ± desvio padrão.

Estes resultados são inferiores aos 15,5% por cada 100 gramas de farinha, que é o valor máximo de humidade aceite pelo Codex Alimentar (Codex Stan 152/1985, 1985) para a farinha de trigo, nele são explicados que para determinados destinos, por razões de clima, duração de transporte e armazenamento, deveriam ser requeridos teores de humidade inferiores. Os resultados também estão de acordo com a Regulamentação Técnico-Sanitária estabelecida pelo Real Decreto Espanhol (1286/1984 (2013) e o Decreto 2484/1967 (Código Alimentar Espanhol, 2012), nos quais se esclarece que a humidade da farinha não deverá exceder o teor de 15%.

Em Portugal, a Portaria nº 254/2003, indica que em farinhas e sêmolas para uso industrial, a humidade não deverá ultrapassar 14,5%. Costa et al. (2008) analisaram 12 tipos de farinhas e o conteúdo de humidade apresentou variação entre 13,1% e 15%. Almendras e Kiring (2010) mostraram uma variação de humidade, em farinha (sorgo e trigo misturado) para a fabricação de pão, compreendida entre 14,18% - 14,39%. Vieira, Badiale-Furlong e Oliveira (1999) mostraram que a humidade média de todas as amostras de farinha comerciais analisadas (14 marcas) foi de 13,29%. Todos os valores estão de acordo com as legislações europeia e brasileira (Instrução Normativa 8/2005), que estabelecem um máximo de 15% de humidade para a comercialização de farinhas. Valores abaixo deste limite, 15% de humidade, garantem uma melhor preservação da qualidade da farinha durante o período em que permanece armazenada (Costa et al., 2008).

O Codex Alimentar (Codex Stan 178/1991, 1991) estabelece que a sêmola e a farinha de trigo duro devem ter um conteúdo máximo de humidade de 14,5%. Para alcançar um bom resultado na fabricação de pão, massa e biscoitos, o conteúdo de humidade da farinha deve estar ao redor de 13%, já que as farinhas com humidade superior acima de 14% tem a tendência a formar grumos. Tal percentual pode afetar a produção de massas pelo processo contínuo, em que a farinha e a água devem fluir igualmente para manter a proporção destes ingredientes na mistura de fabricação de pão (El-Dash e Germani, 1994). Como comentado, a legislação brasileira (Portaria 354/96) estabelece um máximo de 15% de humidade para as farinhas integrais, comuns e especiais, e de 14,5% para sêmolas, semolinas e farinhas derivadas de trigo duro (Portaria 132/99).

Na tabela 4 pode-se observar a humidade de diferentes tipos de farinha de trigo duro de duas variedades Endural e Aldura. A humidade das farinhas da variedade Endural mostrou uma variação desde 8,70% até 10,73%, embora as farinhas de trigo da variedade Aldura mostrassem um intervalo inferior de 5,25% a 9,34%.

Tabela 4- Conteúdo de humidade (ssf) nos diferentes tipos de farinha de trigo duro das variedades Endural e Aldura.

Fração	Código	% Humidade (g/100g)
Endural (Trigo duro)		
Farinha Branca	EHB	8,70 ± 0,33
Sêmola	ESE	9,39 ± 0,08
Farelo	ESA	10,73 ± 0,20
Farinha Integral	EHI	8,19 ± 0,23
Aldural (Trigo duro)		
Farinha Branca	AHB	5,25 ± 0,08
Sêmola	ASE	7,13 ± 0,20
Farelo	ASA	9,34 ± 0,07
Farinha Integral	AHI	6,40 ± 0,22

Determinação das amostras em triplicado com os resultados a serem expressos como o valor médio ± desvio padrão.

Nota-se que todas as frações da variedade Aldura apresentaram menores conteúdos de humidade do que a variedade Endural. Os valores mais elevados de humidade correspondem às amostras de farelo seguidas dos de sêmola ESA (10,73%), ASA (9,34%) e ESE (9,39%), ASE (7,13%) em ambas as variedades. Outros estudos indicaram valores de humidade de farelo um pouco mais elevados, (12,3% e 13,07%) (Blas, Mateos e Rebollar, 2010; Vargas e Murillo, 1978). Nos estudos de Díaz et al. (2008), o conteúdo de humidade da sêmola foi 12,5%, superior aos valores obtidos no presente estudo. Maldonado e Pacheco-Delahayey (1998) também indicaram valores de conteúdo de humidade em farinha de trigo duro um pouco mais elevado que nos dados das farinhas comerciais e das farinhas de trigo duro do presente trabalho (13,12%).

4.3 Conteúdo de arabinosilanos em farinhas comerciais

Os arabinosilanos (AX), também denominados pentosanos, são importantes constituintes da parede celular de muitas espécies de vegetais. O trigo e o centeio são os cereais com maior conteúdo em arabinosilanos. Segundo Kiszona, Courtin e Morris (2012) os arabinosilanos presentes no trigo (*Triticum aestivum* L.) tem um grande impacto na saúde.

O conteúdo de arabinosilanos nas farinhas comerciais (HIC, HBC, HFRC, HRC) estudadas foi analisado seguindo o método de Douglas (1981) e suas modificações (Finnie,

Bettge e Morris, 2006; Kiszonas, Courtin e Morris, 2012). Na tabela 5 são apresentados os valores de arabinosilanos (TO-AX e WS-AX) nas farinhas de trigo comercial analisadas.

Tabela 5- Conteúdo de arabinosilanos totais e solúveis em farinhas de trigo comercial (ssf; g/100g).

Tipo de farinha de trigo comercial	Código	Arabinosilanos	
		TO-AX	WS-AX
Farinha Integral	HIC	0,337 ± 0,011	0,025 ± 0,008
Farinha Branca	HBC	0,262 ± 0,011	0,042 ± 0,003
Farinha para Fritos e Panados	HFRC	0,110 ± 0,040	0,027 ± 0,019
Farinha para Pastelaria	HRC	0,269 ± 0,028	0,063 ± 0,004

A farinha integral comercial (HIC) mostrou valores de arabinosilanos totais (TO-AX) de 0,337g/100g ssf superiores aos encontrados na farinha branca comercial (HBC) 0,262g/100g ssf, seguidos por valores 0,110g/100g e 0,269g/100g na farinha para fritos e panados (HFRC) e na farinha para pastelaria (HRC), respectivamente. Os valores de arabinosilanos solúveis (WS-AX) são muito mais baixos que os totais, destacando-se os números mais elevados na farinha para pastelaria (HRC) 0,063g/100g e os menores na farinha de trigo integral (HIC) 0,025g/100g.

O conteúdo de arabinosilanos totais analisados nas farinhas de trigo comerciais espanholas é inferior aos valores que mostram outros autores, como Kiszonas, Courtin e Morris (2012), cujos resultados tiveram uma variação de 3,16g/100g (farinha Simon) e 5,92g/100g (farinha Alpowa) e os valores de arabinosilanos solúveis variaram entre 0,27g/100g (farinha Finch) e 0,59g/100g (farinha Alpowa).

No estudo de Dornez et al. (2007), foi possível verificar o conteúdo total de arabinosilanos em oito tipos de farinha de trigo, de diferentes qualidades de panificação, cujos resultados variaram entre 2,83g/100g (amostra G), com qualidades de panificação de terceira qualidade e 1,85g/100g (amostra C) com qualidade de panificação de primeira qualidade. Neste mesmo estudo, os teores de arabinosilanos solúveis nas mesmas oito amostras de farinha e nas respectivas amostras de massa depois da mistura e de três horas

de descanso foram, também, determinados. O teor de arabinosilano solúvel aumentou ao ampliar o tempo de processamento da massa. Os dados do conteúdo de arabinosilanos foram quantificados e na farinha de trigo encontraram-se valores de 0,46g/100g (amostra A e B) até 0,35g/100g (amostra E). Na massa de pão depois de mistura, os teores variaram de 0,61g/100g (amostra A) até 0,43g/100g (amostra E) e depois de três horas de descanso os valores foram de 0,80g/100g (amostra H) e 0,64g/100g (amostra E). Os resultados indicam que, na farinha de trigo, as endoxilanasas associadas podem alterar parte do AX na massa, mudando, desse modo, a sua funcionalidade no fabrico de pão e afetando potencialmente a massa e as propriedades de produto final.

A diferença de valores na quantificação dos arabinosilanos poderia ser explicada pela influência de diversos fatores como, a variedade de trigo utilizada, a zona de cultivo, o clima e as várias características meio ambientais, o tipo de processo e obtenção da farinha ou tratamentos do grão, bem como diferentes métodos de análises e correspondente preparação das amostras (Kiszonas, Fuerst e Morris, 2013). Embora a qualidade e a estrutura do AX no endosperma do trigo sejam, principalmente, determinadas geneticamente, existem alguns estudos que mostram a influência das condições ambientais. Saulnier et al. (2007) estudaram 49 variedades cultivadas em 1987 e 1988 na Suécia, incluindo variedades de trigo de inverno e primavera e concluíram que a quantidade de arabinosilanos solúveis na farinha foi maior em 1987, em comparação com 1988. Também se observou uma relação positiva entre a quantidade de arabinosilanos do grão de trigo e a seca. No entanto, são necessários mais estudos para determinar o impacto dos fatores ambientais no conteúdo de arabinosilanos no endosperma do trigo, bem como da importância sobre as propriedades físico-químicas e a relação solúvel/insolúvel (Saulnier et al., 2007).

O conteúdo total de arabinosilanos foi calculado também na substância seca para poder estudar a influência da humidade. Na figura 13 pode ser verificado que os valores de TO-AX e os de WS-AX não mostram perfil diferente aos resultados expressados ssf, mostrando o valor maior de TO-AX para HIC de 0,315g/100g e o valor menor para HFRC 0,121g/100g. Os valores de WS-AX também são muito baixos, compreendidos entre 0,028g/100g HIC e 0,070g/100g HRC.

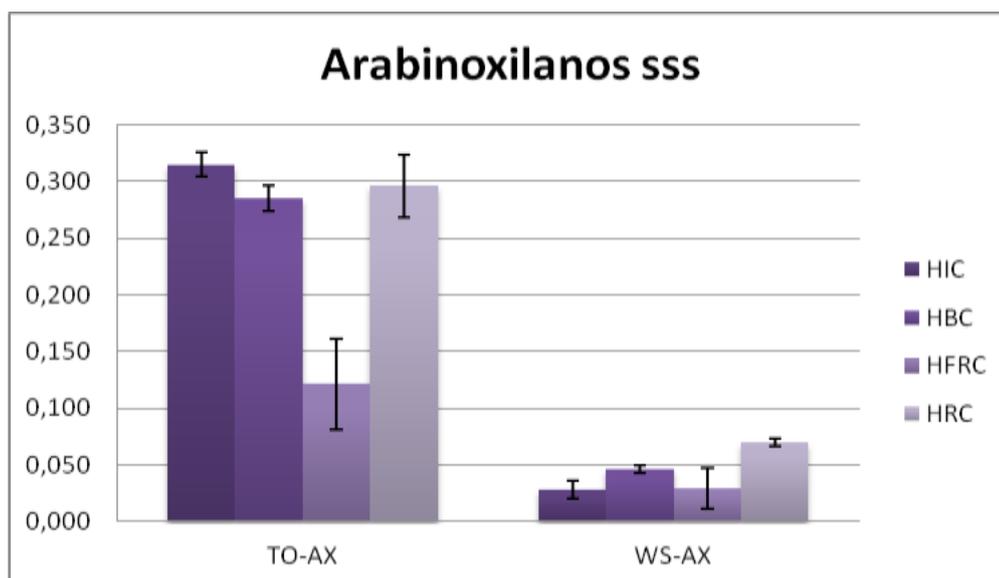


Figura 13- Conteúdo de arabinosilanos totais e solúveis em farinhas de trigo comercial (sss; g/100g).

4.4 Conteúdos de arabinosilanos em farinhas de trigo de programas de melhoria genética

Os resultados do conteúdo de arabinosilanos (TO-AX e WS-AX) das amostras de farinhas melhoradas geneticamente das duas variedades Endural e Aldura das quatro frações de farinha branca, sêmola, farelo e farinha integral são mostrados na tabela 6.

Tabela 6- Conteúdo de arabinosilanos totais e solúveis em diferentes frações de farinha de trigo duro (ssf; g/100g).

Fração	Código	Arabinosilanos	
		TO-AX	WS-AX
Endural (T. Duro)			
Farinha branca	EHB	0,445 ± 0,026	0,120 ± 0,065
Sêmola	ESE	0,155 ± 0,014	0,018 ± 0,001
Farelo	ESA	0,242 ± 0,044	0,254 ± 0,017
Farinha integral	EHI	0,454 ± 0,028	0,061 ± 0,001

Aldura (T. Duro)			
		TO-AX	WS-AX
Farinha Branca	AHB	0,325 ± 0,005	0,047 ± 0,001
Sêmola	ASE	0,219 ± 0,024	0,066 ± 0,030
Farelo	ASA	0,341 ± 0,113	0,066 ± 0,006
Farinha Integral	AHI	0,398 ± 0,020	0,005 ± 0,001

É importante conhecer o conteúdo de arabinosídeos nas diferentes frações da farinha de trigo devido às suas implicações como ingredientes na elaboração de diferentes alimentos e seus efeitos na saúde. O intervalo de valores de arabinosídeos totais está compreendido entre 0,155g/100g na variedade endural sêmola (ESE) e 0,454g/100g na amostra da variedade endural farinha integral (EHI). Em geral, os valores da variedade endural foram maiores que os das amostras de aldura, exceto na sêmola, que apresentou os valores de 0,155g/100g (ESE) e farelo com 0,242g/100g (ESA). Já na variedade aldura, os valores na sêmola foram de 0,219g/100g (ASE) e de 0,341g/100g (ASA) para o farelo. Estes distintos valores ocorrem devido diferentes fatores, como as diversas variedades, o tipo de processamento das farinhas e a percentagem de extração do grão de trigo, entre outros. Os valores mais baixos se apresentam nas frações de sêmola da variedade aldura (0,219g/100g (ASE)) e da variedade endural (0,155 g/100g (ESE)). Por outro lado, os valores mais altos foram encontrados na farinha integral de ambas as variedades, 0,398g/100g (AHI) e 0,454g/100g (EHI).

Os valores de arabinosídeos solúveis (WS-AX) são muito mais baixos que os totais, destacando-se a variedade endural, cujas frações mostraram os valores mais elevados, com a farinha branca (EHB) com teores de 0,120g/100g e o farelo com (ESA) 0,254g/100g. Da variedade aldura os valores mais elevados foram sêmola (ASE) e farelo (ASA) com 0,066g/100g para as duas frações.

Os dados obtidos das diferentes variedades de farinha foram inferiores aos apresentados por outros autores. Ramseyer, Bettge e Morris (2011), analisaram o conteúdo de arabinosídeos em dez tipos de farinhas de trigo branco (*Triticum aestivum* L.), e encontraram valores compreendidos entre 0,99g/100g e 4,47g/100g. O conteúdo de arabinosídeos solúveis foi determinado num intervalo 0,37g/100g e 0,77g/100g. Já Ortega (2013) indicou que, em geral, o conteúdo de arabinosídeos solúveis é de 0,5 a 3,0g/100g no

endosperma dos cereais (trigo, centeio, cevada). A variação dos resultados do conteúdo de arabinosídeos pode ser devido ao método de extração que pode ser realizado por extração aquosa ou extração alcalina, usando o grão de cereais completo ou tecidos específicos do mesmo. Valores mais similares aos obtidos neste estudo foram apresentados por Swennena et al. (2005), em que um valor obtido de arabinosídeos em farinha (Legat) foi de 2,1g/100g. No estudo de Li, Morris e Bettge (2009), com trigo duro de inverno, os valores de arabinosídeos totais estiveram compreendidos entre 3,08g/100g e 4,08g/100g enquanto que o conteúdo dos arabinosídeos solúveis variou entre 0,50g/100g e 0,69g/100g. No caso do trigo duro de primavera os arabinosídeos totais estiveram compreendidos entre 4,20g/100g e 4,30g/100g e os arabinosídeos solúveis entre 0,63g/100g e 0,78g/100g. Uma possível causa para um maior conteúdo de arabinosídeos totais pode ser parcialmente atribuída ao processo de extração da farinha de trigo, em que a fração pode conter uma maior percentagem de aleurona, que é uma parte do grão muito rica em arabinosídeos.

Os estudos realizados por Ciccoritti et al. (2011) também forneceram valores de conteúdos de arabinosídeos totais e solúveis em farinhas de trigo da variedade *Triticum durum* L. var *turgidum* superiores aos obtidos no presente estudo. Estes valores compreendem entre 4,5g/100g até 4,8g/100g de arabinosídeos totais, e entre 0,6g/100g até 0,7g/100g de arabinosídeos solúveis. Estes autores explicam que as variações do conteúdo de arabinosídeos totais e solúveis podem ser atribuídas a diferentes fatores sendo as condições ambientais o fator dominante. Segundo Kiszona, Fuerst e Morris (2013), a importância relativa destes fatores em qualquer estudo está em função tanto da diversidade genética das variedades estudadas, como da diversidade de ambientes amostrados.

Li, Morris e Bettge (2009), analisaram o conteúdo de arabinosídeos em 25 genótipos de trigo duro de inverno e 25 genótipos de trigo duro de primavera de cultivares comerciais e de linhas de melhoramento avançadas, desenvolvidas a partir dos oito programas de melhoramento público e privado nos EUA. A determinação do conteúdo de arabinosídeos na farinha de trigo realizou-se pelo método descrito por Douglas (1981) e as adaptações de Finnie, Bettge e Morris (2006). Os resultados indicaram que não havia diferenças significativas entre os genótipos de trigo duro para arabinosídeos totais e solúveis, em que a média de intervalo dos conteúdos dos cultivares de inverno foram de 3,9g/100g a 4,4g/100g e de 0,390g/100g a 0,808g/100g, respectivamente, e para os cultivares de primavera de 3,94g/100g a 4,70g/100g, e de 0,476g/100g a 0,919g/100g respectivamente (Li, Morris e Bettge, 2009).

Este estudo mostrou que o meio ambiente pode desempenhar um papel importante na variação do conteúdo de arabinosídeos de trigo, sendo muitas vezes uma ordem de magnitude ou maior que a indicada por genótipo. Embora, o conteúdo de arabinosídeos

possa ser altamente influenciado pelo meio ambiente, um objetivo da melhoria genética é aumentar ou diminuir a quantidade da parte solúvel (quantidade absoluta ou proporção do total) e de arabinosilanos totais em grão de trigo (Li, Morris e Bettge, 2009).

Barron, Surget e Rouau (2007), num estudo de trigos comuns (*Triticum aestivum* L., cv. Caphorn e cv. Crousty), avaliaram a quantidade de arabinosilanos totais no grão inteiro e em várias partes do grão (endosperma, escutelo, camada de aleurona, camada hialina, pericarpo). No endosperma, os valores totais de arabinosilano foram no tipo Caphorn 0,81g/100g e no Crousty 0,87g/100g; no escutelo Caphorn 1,31g/100g e no Crousty 1,39g/100g; na camada de aleurona Caphorn 0,47g/100g e no Crousty 0,41g/100g; na camada hialina Caphorn 0,10g/100g e no Crousty 0,13g/100g, no pericarpo Caphorn 1,19g/100g e no Crousty 1,13g/100g; e no grão inteiro Caphorn 0,71g/100g e no Crousty 0,73g/100g. Ao se comparar estes últimos dados com os dados obtidos no presente estudo para a farinha integral (obtida da moagem do grão completo), pode-se observar que os valores são inferiores aos da variedade endural EHI 0,454g/100g e aldura AHI 0,398g/100g.

O conteúdo total de arabinosilanos foi calculado também sobre substância seca (sss) para poder estudar a influência da humidade nas variedades Endural e Aldura. Os resultados são apresentados na figura 14, com variações no que respeita ao comportamento sobre substância fresca (ssf). Assim, os valores de TO-AX e WS-AX da variedade Endural não são muito diferentes aos de ssf, mostrando conteúdo mais baixo de TO-AX para sêmola (ESE), 0,170g/100g. Porém a maior quantidade encontra-se na fração de farinha branca EHB 0,488g/100g. Em relação aos valores de WS-AX os conteúdos mais baixos continuam a ser apresentados pela sêmola (ESE), 0,020g/100g, enquanto a fração que apresenta maior conteúdo é o farelo (ESA), 0,285g/100g.

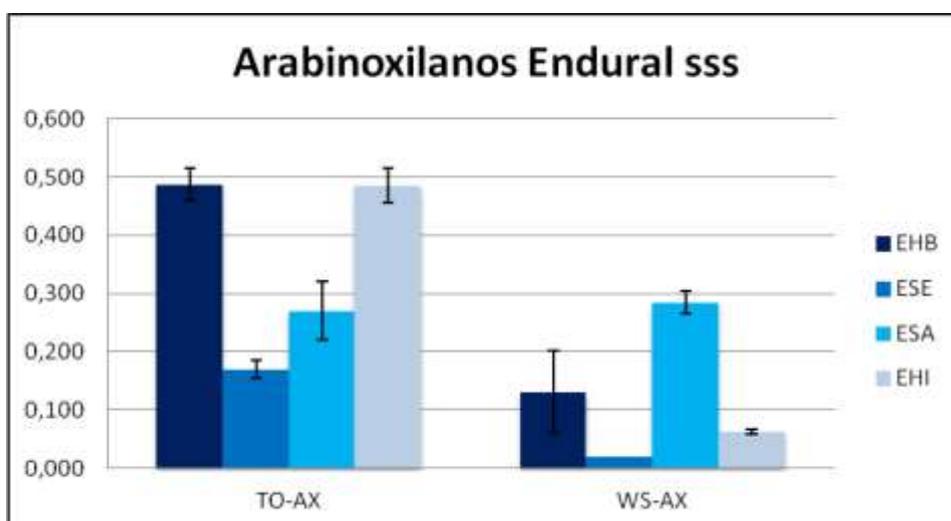


Figura 14- Conteúdo de arabinosilanos totais e solúveis em farinhas de trigo duro Endural (sss; g/100g).

Na figura 15 podem ser observados os resultados de arabinosídeos na variedade Aldura. Neste caso, os valores sobre substância fresca (ssf) não diferem muito dos calculados sobre seco, mostrando o conteúdo mais baixo de TO-AX para a sêmola (ASE), 0,236g/100g sss, e a maior quantidade para a farinha integral (AHI), 0,425g/100g sss, valores de WS-AX muito baixos na farinha integral (AHI), 0,002g/100g sss, e com maior conteúdo a fração de farelo (ASA), 0,073g/100g sss.

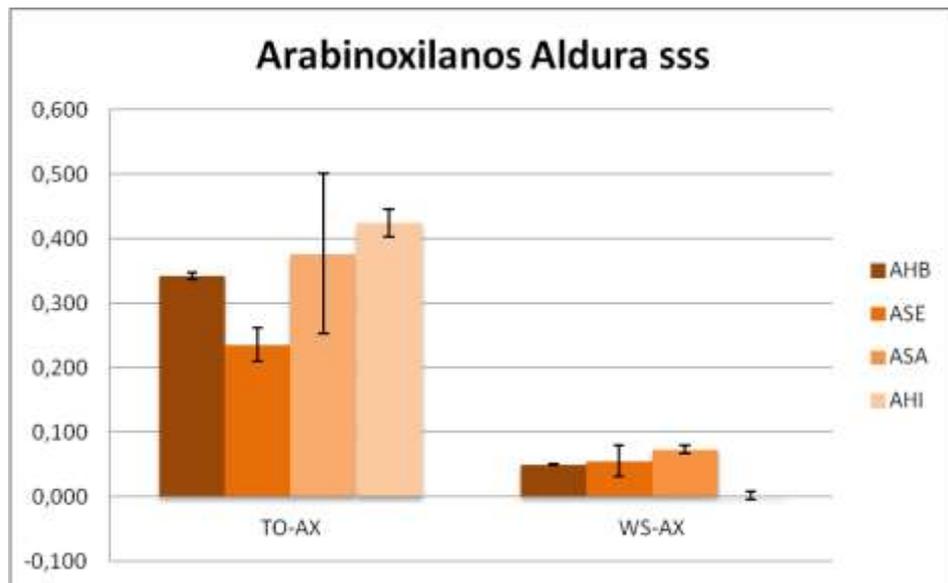


Figura 15- Conteúdo de arabinosídeos totais e solúveis em farinhas de trigo duro Aldura (ssf; g/100g).

4.5 Arabinosídeos e saúde

Os arabinosídeos destacam-se, dentro da fibra dietética, pelo seu efeito funcional tanto tecnológico como nutricional, proporcionando efeitos benéficos para a saúde. Como tem sido salientados, os arabinosídeos são uma classe de hemicelulose presentes numa ampla variedade de cereais, que contribuem de forma significativa para a ingestão de fibra alimentar nas dietas. Os arabinosídeos foram estudados relativamente às suas propriedades físico-químicas, já que influem sobre a qualidade do grão e, portanto, na qualidade tecnológica do mesmo. Por outro lado nos últimos anos foram realizados estudos que investigaram o papel dos arabinosídeos em relação aos seus efeitos benéficos para a saúde. Entre as diferentes propriedades fisiológicas dos arabinosídeos com efeitos benéficos para a saúde há que destacar seu efeito prebiótico, capacidade antioxidante, efeito sobre os metabolismos lipídico e da glicose, alterações do metabolismo, efeito sobre a resposta

imune, sobre a atividade antitumoral e melhoria da função do cólon (Mendiz e Simsek, 2014; Saeed et al., 2011).

Efeitos Prebióticos

Os prebióticos foram definidos como ingredientes alimentares não digeríveis que afetam benéficamente o hospedeiro, mediante a estimulação seletiva do crescimento e/ou atividade de uma ou de um número limitado de bactérias no cólon, melhorando desta maneira a saúde do hospedeiro. A ingestão de prebióticos provoca uma mudança na composição da população bacteriana intestinal, habitualmente caracterizada por um incremento relativo nos lactobacilos e nas bifidobactérias. A estimulação seletiva das bactérias benéficas suprime ativamente o crescimento de outras, possivelmente patogênicas, e, portanto, está associada com a melhoria da saúde em geral, com redução das infecções intestinais e a inibição do cancro de cólon (Broekaert et al., 2011; Van Craeyveld, 2009; Del Moral, Moreno-Aliaga e Hernández, 2003).

Analogamente à fermentação de fibra dietética, a fermentação de prebióticos por bactérias do cólon dá lugar à produção de ácidos gordos de cadeia curta (AGCC) não ramificados, tais como acético, propiónico, butírico e láctico, o que reduz o pH intestinal, melhorando a absorção de minerais, e a inibição do crescimento de bactérias potencialmente nocivas. A produção de AGCC também está diretamente associada com efeitos benéficos para a saúde (Van Craeyveld, 2009).

A maioria dos compostos que atuam como prebióticos são oligossacarídeos e polissacarídeos. A hidrólise enzimática dos AX pelas xilanases e as arabinofuranosidases produz arabinoxilano-oligossacarídeos (AXOS), que constam de arabinoxilo-oligossacarídeos e xilo-oligossacarídeos (XOS). Os AXOS e XOS podem exercer efeitos prebióticos no cólon através de uma estimulação seletiva e benéfica da microbiota intestinal (Adams et al. 2004). Para avaliar o efeito prebiótico dos AXOS é importante identificar se os mesmos cumprem com os critérios de classificação estabelecidos por Gibson e Roberfroid (1995) para poderem ser considerados como prebióticos, quando demonstram resistência à acidez gástrica, à hidrólise enzimática e à absorção gastrointestinal, sejam fermentáveis pela microbiota intestinal e estimulem, seletivamente, o crescimento e/ou atividade das bactérias intestinais, contribuindo à saúde e ao bem-estar.

Van Craeyveld (2009) simulou *in vitro* as condições gástricas (pH 2,0; 37°C) comprovando que 10% dos AXOS e XOS eram hidrolisados depois de 28 dias de incubação, demonstrando que a resistência dos AXOS ao pH ácido é muito alta. Por outro lado,

realizaram-se, também, estudos de fermentação *in vitro* dos AX, AXOS e XOS. Como a velocidade de fermentação de XOS e AXOS é muito similar a dos oligossacarídeos, isso indica que a presença de substituintes de arabinose não impede a degradação pelas bactérias do cólon (Van Craeyveld, 2009) e cumpre-se assim, o critério de fermentação pela microbiota intestinal.

Os xilo-oligossacarídeos aumentam significativamente os níveis de várias espécies de *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*, sem estimular o crescimento dos enterococos, *Escherichia coli*, *Clostridium difficile* e *C. perfringens*. Uma preparação de arabinoxilano-oligossacarídeos, derivados do farelo de trigo, poderia ser fermentada completamente por *Bifidobacterium adolescentis* e *B. longum*, enquanto que várias espécies de *Bacteroides* e *Clostridium* não mostraram degradação do substrato (Van Craeyveld, 2009).

Por outro lado, Rodríguez et al. (2013) demonstraram que com a suplementação de arabinoxilanos na alimentação de ratos (que previamente haviam ingerido uma dieta rica em gordura) restaurou-se o conteúdo de *Bacteroides*, *Prevotella* y *Roseburia*, o que deu lugar ao aumento do conteúdo em *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*.

Os efeitos benéficos da presença de bifidobactérias no trato gastrointestinal dependem de sua viabilidade e atividade metabólica, fomentadas pelos hidratos de carbono complexos e outros fatores bifidogênicos. Para que a eficácia dos produtos que contêm bifidus seja máxima, incluem-se, muitas vezes, outros fatores bifidogênicos no próprio produto (Del Moral, Moreno-Aliaga e Hernández, 2003).

Atividade antioxidante

Os arabinoxilanos oligossacarídeos (AXOS), que derivam de fontes de farelo de cereais, são os únicos compostos conhecidos como prebióticos que combinam propriedades antioxidantes e prebióticas, alcançando uma posição única entre os prebióticos conhecidos (Van Craeyveld, 2009).

Nos alimentos, os AX e os AXOS têm unidos covalentemente ácidos hidroxicinâminos, principalmente ácidos ferúlico, para o qual se comprovou as suas propriedades antioxidantes *in vitro* (Soto et al., 2014). Diferentes estudos *in vitro* indicam que os AXOS, unidos à resíduos de ácido ferúlico, apresentam propriedades antioxidantes e captadoras de radicais livres mais potentes que o próprio ácido ferúlico, inibindo fortemente o processo de peroxidação lipídica das lipoproteínas de baixa densidade (LDL). Estas propriedades antioxidantes foram confirmadas mediante estudos *in vivo* realizados com ratos, os quais, uma vez tratados com AXOS, se observou uma forte redução da peroxidação

lipídica em soro. Este fato apresenta especial interesse pela vinculação do processo de peroxidação lipídica com a formação de placa de ateroma em patologias ateroscleróticas (Broekaert et al., 2011).

Efeito sobre o metabolismo lipídico, metabolismo da glicose e alterações do metabolismo

A fibra (concretamente a fração solúvel) também tem efeitos hipocolesterolêmicos. Alguns dos compostos com propriedades hipocolesterolêmicas são as pectinas, galactomananos (gomas) e concentrados de cítricos. Os mecanismos de ação desses compostos são vários: aumento do conteúdo gastrointestinal, que interfere na formação de micelas e absorção de lipídios, aumento e excreção de esteróis e ácidos biliares e inibição de síntese de colesterol hepático, devido à absorção do ácido propiónico formado na fermentação. Estes mecanismos atuam significativamente nas taxas de colesterol do soro sanguíneo, afetando, principalmente, a sub fração de LDL, que é a que está diretamente relacionada com as doenças cardiovasculares (Matos-Chamorro e Chambilla-Mamani, 2010).

A fibra dietética (FD) solúvel demonstrou, em diferentes ensaios clínicos, ter efeito na redução dos picos das curvas de glicemia produzidas pela ingestão de alimentos ricos em hidratos de carbono, bem como apresentou um moderado efeito na redução da lipidemia. Ao contrário, são muito menos conhecidos os efeitos das fibras dietéticas insolúveis, que contêm diferentes misturas de pequenas quantidades de compostos com potencial atividade hipocolesterolemia, como os polifenóis, com outros produtos maioritários, como celuloses, hemiceluloses etc, de escassa ou nula atividade (Roso, 2007).

A produção de AGCC pode influenciar a formação de colesterol, como é o caso do ácido propiónico, que inibe as vias do colesterol e da lipogênese, enquanto que o acetato as estimula. Outro mecanismo envolvido no possível efeito redutor do colesterol é a reabsorção de ácidos biliares, visto que o aumento da viscosidade intestinal devido ao consumo de fibra reduz a difusão dos ácidos biliares à superfície do cólon. Como resultado, a conversão hepática de colesterol em ácidos biliares aumenta, o que, em última instância, conduz a um acréscimo da captação de LDL pelo fígado (Roso, 2007).

Os efeitos de cereais ricos em fibra obtidos no metabolismo do colesterol são menos consistentes. A redução dos níveis de colesterol em soro e depois a adição de AX de cereais foi observada em ratos, mas não em seres humanos. A administração de fibra de farelo de trigo em indivíduos hipercolesterolêmicos não afetou nem o colesterol total, nem os níveis de colesterol LDL. A relação raramente observada entre a ingestão de cereais ricos em fibra

solúvel e a redução dos níveis de colesterol no plasma é atribuída, principalmente, à presença de β -glucanos (Van Craeyveld, 2009).

Os ratos alimentados com dieta rica em gordura suplementada com arabinosilano (RG-AX) não aumentaram de peso tão rapidamente como os alimentados com a dieta apenas rica em gorduras. De fato, a suplementação de AX diminuiu o ganho de peso em 40% em comparação com o controle (Neyrinck et al., 2011).

Alguns estudos realizados demonstraram que uma dieta rica em AX leva a uma redução dos níveis plasmáticos de colesterol em pessoas com hipercolesterolemia, embora a mesma dieta não tenha modificado os níveis plasmáticos de colesterol em pessoas normolipídicas (Saeed et al., 2011), sendo necessários mais estudos que confirmem, ou não, este efeito dos AX.

Em relação ao controle da glicemia, a ingestão de fibra dietética tem efeitos benéficos para os pacientes que sofrem de diabetes, um transtorno metabólico, em que o corpo é incapaz de produzir ou responder adequadamente à insulina. A presença de fibra na dieta produz um retardamento da absorção de glicose no intestino, efeito que está associado, fundamentalmente, com o conteúdo de fibra dietética solúvel. As dietas ricas neste tipo de fibra produzem um aumento da viscosidade do conteúdo intestinal, reduzindo-se a velocidade de absorção intestinal de monossacarídeos e dissacarídeos. Deste modo, a concentração de glicose no sangue aumenta lentamente depois da ingestão da comida, o que reduz as necessidades de insulina (Roso, 2007).

Uma meta-análise de oitos ensaios aleatórios controlados (ECA) incluindo 136 pacientes com diabetes tipo 1 ou tipo 2 indicou que o aumento do consumo de fibra dietética, sem alterar o consumo de energia dos hidratos de carbono, proteínas ou gorduras melhorou significativamente o controlo glicêmico e reduziu a necessidade de medicamentos e insulina em pessoas com diabetes tipo 1 ou tipo 2 (Anderson et al., 2009).

Lu et al. (2000), num estudo com um pão enriquecido em arabinosilanos em sujeitos normoglicêmicos, já tinham verificado que o nível de concentração da glicose pós-prandial se reduzia significativamente depois do consumo de 6 e 12g do referido pão.

Neyrinck et al. (2011) estudaram o efeito prebiótico de fibra rica em AX e verificaram uma melhoria da função de barreira intestinal e do marcador inflamatório de circulação inferior. O tratamento com AX mostrou, também, a diminuição de tamanho dos adipócitos, da absorção dos ácidos gordos, da oxidação de ácidos gordos, da inflamação e, ainda, a diminuição da atividade da enzima-chave lisogênica no tecido adiposo subcutâneo. Além disso, o tratamento com AX diminuiu significativamente a adiposidade, a acumulação de colesterol hepático e a resistência à insulina.

Melhoria da função do cólon e prevenção do cancro de cólon

A Autoridade Europeia de Segurança Alimentar (EFSA) aprovou recentemente a alegação de saúde segundo a qual o consumo regular de farelo de trigo (alimento com maior quantidade de fibra solúvel bem caracterizada) contribui para reduzir o tempo de trânsito intestinal e para aumentar a massa fecal (EFSA, 2010).

O aumento do conteúdo do cólon devido à absorção de água por parte da fibra não fermentada traz como resultado um aumento do volume no cólon, o que estimula a passagem das fezes através do mesmo, dando como resultado um tempo de trânsito mais rápido, uma redução do tempo disponível para a reabsorção de água e um aumento do peso das fezes. É importante assinalar que nem todas as frações de fibra dietética (FD) têm um efeito similar sobre o hábito intestinal, e, inclusive o tamanho da partícula da mesma influi no tempo de trânsito e na passagem das fezes (Van Craeyveld, 2009; Roso, 2007).

A menor digestibilidade e fermentabilidade produzem uma maior retenção de água e um maior volume e peso das fezes. Deve-se ter em conta que, a fração indigerível da fibra representa, em indivíduos com uma ingestão adequada de FD, a maior parte do peso fecal e que as bactérias exercem somente uma pequena parte dos sólidos nas fezes. Portanto, a maior fermentação da fibra corresponde ao menor volume fecal. A fração insolúvel, cujo componente maioritário é a celulose, é a responsável principal do peso fecal, por ser pouco fermentável e constituir 60% ou mais das fezes. Quando se estudam diferentes vegetais e sua influência sobre o aumento de peso das fezes, observam-se resultados distintos, pois possuem diversidade na capacidade de fermentação e nos efeitos fisiológicos que desenvolvem. Assim, este efeito é maior para o farelo e muito escasso para a pectina e a goma guar (Roso, 2007).

Diversos estudos estabeleceram que os arabinoxilanos possuem um papel protetor contra o cancro de cólon. Os efeitos prebióticos dos AX e dos AXOS estão muito relacionados com sua ação protetora do cancro de cólon. Estudos realizados em humanos revelaram que os AX reduzem a produção bacteriana de β -glucuronidase e da amônia nas fezes, o que está relacionado com uma diminuição de compostos tóxicos no cólon, alguns deles considerados como potencial carcinogênico (Broekaert et al., 2011). Os AX e os AXOS parecem ser compostos capazes de levar a fermentação dos hidratos de carbono até à parte mais distal do cólon, diminuindo assim o cancro de cólon (Grootaert et al., 2007).

Efeitos imunomoduladores

Os arabinosilanos são um dos componentes mais ativos deste grupo de hemiceluloses que podem estimular um sistema imunitário debilitado, de maneira potente e segura, o que pode ser comprovado nos estudos realizados por Capdevila (2003). Pesquisas com ratos sugeriram que os AX do farelo de milho podem modular o sistema imunitário (Broekaert et al., 2011).

Alegações de saúde dos arabinosilanos

Num futuro próximo, não só será importante a produção de alimentos para satisfazer as necessidades do aumento de população, mas, também, que estes alimentos sejam mais nutritivos e sirvam para corrigir deficiências. Tendo atenção que este é um dos objetivos da Organização Mundial da Saúde (OMS), que define a saúde como “um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não somente a ausência de doenças ou enfermidades” (OMS, 1990).

A União Europeia determinou, em 19 de janeiro de 2006, o Regulamento europeu de alegações nutricionais e de saúde (Regulamento (CE) 1924/2006), no qual é proibindo a promoção de um alimento como possuidor de propriedades terapêuticas ou curativas. O Regulamento estabeleceu as seguintes categorias de alegações: “alegações nutricionais” ou “de conteúdo”, “alegações de propriedades saudáveis” e “alegações de redução do risco de doença”. As alegações de propriedades saudáveis são expressões que descrevem uma relação entre uma substância alimentar e uma doença ou outra condição relacionada com a saúde (quer dizer, uma relação de “redução de risco”).

A exigência do citado Regulamento é que qualquer alegação se baseie em evidências científicas contrastadas e reais e se aplique às alegações nutricionais e de propriedade saudáveis efetuadas nas comunicações comerciais, seja no etiquetado, na apresentação ou na publicidade dos alimentos direcionadas ao consumidor final. Em essência, o Regulamento vela pela proteção do direito dos consumidores a uma informação verdadeira, contrastada e com rigoroso fundamento científico, aspecto particularmente relevante no caso dos alimentos.

As alegações que fazem referência à saúde são as seguintes:

- Alegações de redução do risco de doença (artigo 14): São as que implicam ou sugerem que o consumo de um alimento reduz significativamente um fator de risco de aparição de uma doença humana, cuja relação com a ingestão alimentar foi devidamente documentada.

- Alegações de propriedades saudáveis diferentes das relativas à redução do risco de doença e ao desenvolvimento e à saúde infantil (artigo 13). Descrevem funções no organismo e não fazem referência a doenças ou estados patológicos.

- Alegações de redução do risco de doença e declarações relativas ao desenvolvimento e à saúde infantil (artigo 14).

As condições gerais que deve cumprir uma alegação deste tipo é que se demonstre seu efeito benéfico mediante provas científicas, que o nutriente ou a substância se encontre no produto final em quantidade significativa para produzir o efeito declarado, que seja biodisponível e que a quantidade de produto passível de se consumir numa dieta equilibrada, contribua com uma quantidade significativa do nutriente ou substância declarada. Aliás, estas alegações devem ser compreensíveis para o consumidor médio e farão referência a alimentos prontos para o consumo.

O trâmite das solicitações é realizado através da EFSA e em concreto, a avaliação científica é de responsabilidade do Painel NDA (Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies) englobado dentro da unidade de Nutrição.

Na avaliação das propostas apresentadas para aceitação de alegações de saúde, o Painel NDA tem em consideração que o alimento ou produto, em questão, esteja bem definido e caracterizado, que o efeito alegado seja claro, definido e que exerça uma aplicação fisiológica benéfica em termos de saúde humana. Requer também que a relação causa-consequência entre o consumo do alimento ou constituinte e o efeito alegado fique bem estabelecida (para o grupo ou população alvo e nas condições de uso propostas). Por outro lado, a redação da alegação proposta precisa refletir claramente o que cientificamente foi demonstrado, cumprir com os critérios estabelecidos no Regulamento e que as quantidades recomendadas do produto ou alimento requerido para obter o efeito alegado possam ser consumidas dentro de uma dieta equilibrada. As alegações referem-se a pessoas saudáveis, e, portanto, os efeitos, pelos quais cabe esperar, são muito mais limitados em supostos casos de doença, pois se trata de “melhorar a saúde de pessoas consideradas saudáveis”. As alegações de propriedades saudáveis apresentadas que forem aceitas figuram no anexo do Regulamento 432/2012 na lista de declarações de propriedades saudáveis que podem atribuir-se aos alimentos (diferentes das relativas à redução do risco de doença e ao

desenvolvimento e à saúde infantil) e suas modificações posteriores no Regulamento 1018/2013.

Atualmente, na Europa, existe uma única alegação de saúde relativamente aos arabinosídeos que pode ser incluída no etiquetado de produtos que o contenham e cumpram com os requisitos indicados no Regulamento 1924/2006. Em relação às declarações de saúde dos arabinosídeos de endosperma de trigo (Art 13(1)), a alegação autorizada é a seguinte (tabela 7): “O consumo de arabinosídeos, como parte da alimentação, contribui para a redução da glicose sanguínea pós-prandial” (EFSA, 2011, 9(6)2205; Regulamento 432/2012).

Tabela 7- Alegação de saúde relacionada com os arabinosídeos produzidos a partir do endosperma de trigo, incluindo as condições de uso como se propõe na lista consolidada (EFSA, 2011).

Alimento ou constituinte alimentar	Relação com a saúde	Alegação
Arabinosídeos de endosperma de trigo	Metabolismo de hidratos de carbono e sensibilidade à insulina. <u>“Reduz a resposta glicémica pós-prandial”</u> Ajuda a equilibrar a glicose no sangue / insulina. Ajuda a manter níveis normais de glicose / os níveis de insulina.	Equilibra o metabolismo do açúcar
Condições de uso - Alimentos com ≥8g fibra com arabinosídeos AX (pelo menos 60% de arabinosídeos) por 100 g de hidratos de carbono disponíveis procedente de grão de trigo.		
Comentários dos Estados-Membros Relação com a Saúde.		

5 Conclusão

1- Diversos estudos indicam que uma dieta com um baixo consumo de fibra está relacionada com aparecimento de diversas patologias (doenças cardiovasculares, cancro do cólon, alterações no ritmo e trânsito intestinal), sendo importante mencionar que alguns investigadores indicam que a ingestão recomendada (IDR) de fibra não está sendo alcançada pela população Espanhola.

2- Os dados bibliográficos registados de fibra dietética g/100g ssf em diferentes farinhas de trigo, frações e produtos elaborados com farinha de trigo são muito interessantes do ponto de vista de suas contribuições para as ingestões diárias recomendadas, já que com 100g de farinha integral se poderia cobrir 19,4% para homens e 29,6% para mulheres dos requerimentos diários de fibra (RDAs), estimados em 38 e 25g/dia para homens e mulheres adultos respectivamente (Trumbo et al., 2002). O farelo supera estes níveis, já que cobre 96% e 146% destes requerimentos respectivamente.

3- Em relação às proporções de FS/FI, algumas farinhas aproximam-se aos valores recomendados, 25% FS e 75% de FI em 100g de fibra total. De acordo com o Regulamento (CE) N° 1924/2006, o farelo, algumas sêmolas e as farinhas integrais podem ser considerados uma fonte muito interessante de fibra alimentar (>3 g de fibra/100g alimento). Destes, o farelo apresenta níveis ligeiramente superiores aos demais, (>20 g de fibra total/100g), sendo mais rico em fibra insolúvel.

4- Os resultados de humidade em farinhas de trigo comercial e farinhas de trigo duro do presente estudo encontram-se dentro do limite dos valores indicados pela legislação vigente. Nas farinhas comerciais de 7,67% (HIC) a 9,21% (HRF) e nas farinhas melhoradas geneticamente da variedade Endural de 8,70% (EHB) a 10,73% (ESA), e a variedade Aldura de 5,25% (AHB) a 9,34% (ASA). Os dados mostraram que as farinhas são de boa qualidade.

5- O conteúdo de arabinosilanos, (TO-AX e WS-AX) analisados nas farinhas de trigo comerciais, varia de 0,110g/100g (HFRC), demonstrando o conteúdo mais baixo, e 0,337g/100g (HIC) é o maior conteúdo de TO-AX nas farinhas comerciais, sendo possível observar pouca diferença entre os valores de farinhas comerciais, como exemplo 0,262g/100g e 0,269g/100g em HBC e HCR, respectivamente. Os valores de WS-AX variaram de 0,025g/100g (HIC) a 0,063g/100g (HRC), sendo muito mais baixos que os totais.

Comparando estes valores com o estudo de Kiszonas, Courtin e Morris (2012), seus resultados tiveram uma variação de 3,16g/100g (farinha Simon) a 5,92g/100g (farinha Alpowa) para TO-AX, encontrando valores muito maiores. Para WS-AX os valores variaram entre 0,27g/100g (farinha Finch) até 0,59g/100g (farinha Alpowa), dentro dos valores encontrados em farinhas comerciais analisadas. Os valores sobre substância seca não mostraram uma diferença muito grande aos resultados de sobre substância fresca. Os valores maiores de TO-AX foram encontrados em HIC com 0,315g/100g, e o valor menor para HFRC 0,121g/100g. Já os valores de WS-AX também são muito baixos, compreendidos entre 0,028g/100g HIC e 0,070g/100g HRC.

6- Um objetivo da melhoria genética é aumentar ou diminuir a quantidade da parte WS-AX (quantidade absoluta ou proporção de total) e TO-AX totais em grãos de trigo. Os valores obtidos das duas variedades Endural e Aldura variaram de 0,155g/100g (ESE), 0,325 (AHB) y 0,454g/100g (EHI). Na variedade Endural, o conteúdo maior de TO-AX foi de 0,454g/100g na EHI com uma pouca diferença para 0,445g/100g em EHB. Já na variedade Aldura o valor maior encontrado em TO-AX foi, também, na fração integral com o valor de 0,398g/100g (EHI) e em farelo 0,341g/100g (ASA). Em geral, os valores da variedade Endural foram maiores que os das amostras de Aldura, exceto em sêmola, com valores de 0,155g/100g (ESE) e farelo com 0,242g/100g (ESA). Os números de WS-AX foram muito mais baixos de que os totais, destacando-se a variedade Endural, cujas frações mostraram quantitativos mais elevados: a farinha branca (EHB) 0,120g/100g e o farelo (ESA) 0,254g/100g. Da variedade Aldura, os números mais elevados foram Aldura sêmola (ASE) e Aldura farelo (ASA) com 0,066 g/100g nas duas variedades. A importância destes diferentes fatores em qualquer estudo está em função, tanto da diversidade genética das variedades estudadas, como da diversidade de ambientes amostrados e dos métodos de análises utilizados.

7- O conteúdo de arabinoxilanos (TO-AX e WS-AX) analisado nas farinhas de trigo comerciais e nas farinhas de trigo duro é inferior aos valores que mostram outros autores, o que poderia ser justificado pela influência de diferentes fatores, como a variedade de trigo utilizada, a zona de cultivo, o clima e as diferentes características ambientais, assim como a preparação das amostras, a técnica de extração e o método de análise. Em geral, os valores de arabinoxilano (TO-AX e WS-AX) das farinhas comerciais foram um pouco mais baixos que os números das farinhas de trigo duro (variedade Aldura e Endural).

8- Entre os efeitos benéficos para a saúde dos arabinosídeos há que destacar seu efeito prebiótico, sua capacidade antioxidante, as consequências sobre o metabolismo lipídico, da glicose e alterações do metabolismo, o efeito sobre a resposta imune, a atividade antitumoral e melhoria da função do cólon.

9- Até a data existe uma alegação de saúde autorizada pela EFSA relativa aos arabinosídeos do endosperma do trigo (Art 13(1)), “O consumo de arabinosídeos como parte da alimentação contribui para a redução da glicose sanguínea pós-prandial”. Esta alegação pode ser utilizada nos alimentos que contenham, pelo menos, 8g de fibra com alto conteúdo de arabinosídeos.

6 Referências bibliográficas

AACC - American Association of Cereal Chemists. - **The Definition of Dietary Fiber.** Cereal Foods World. 46, 3 (2001), 112-126.

ADA - American Dietary Association. - **Health implications of dietary fiber.** Journal of the American Dietetic Association. 102, (2002), 993-1000.

ADAMS, E. L.; KROON, P. A.; WILLIAMSON, G.; GILBERT, H. J.; MORRIS, V. - **J. Inactivated enzymes as probes of the structure of arabinoxylans as observed by atomic force microscopy.** Carbohydrate Research. 339, (2004), 579-590.

ADRIAN, J.; POTUS, J.; POIFFAIT, A.; DAUVILLIER, P. - **Métodos Físico químicos generales.** In: ADRIAN, J.; POTUS, J.; POIFFAIT, A.; DAUVILLIER, P. Análisis nutricional de los alimentos, 1 ed. Zaragoza: Acribia, 2000, 32-167.

AESA - Agencia Española de Seguridad Alimentaria. - **La Seguridad Alimentaria en la Educación Secundaria Obligatoria. (Guía Didáctica),** Madrid, 2003, 48.

AFHSE - Asociación de Fabricantes de Harinas y Sémolas de España (2015). **Producción.** [Acedido a 12 de fevereiro de 2015]. Disponível em: http://www.afhse.es/v_portal/apartados/apartado.asp?te=32

ALMENDRAS, J. C. S.; KIRIGIN, J. A. A. - **Harinas compuestas de sorgo-trigo para panificación.** Revista Boliviana de Química. 27, 1 (2010), 19-28.

ALONSO, I. E. - **Alimentos de origen vegetal: Cereales y Derivados.** In: RIVERA, V. M. R.; MAGRO, E. S. - Bases de la Alimentación Humana. 1ª Ed. La Coruña: Netbiblo, 2008. ISBN: 978-84-9745-215-1. 5 -17.

ÁLVAREZ, E. E.; SÁNCHEZ, P. G. - **La fibra dietética.** Nutrición Hospitalaria. 21 (Supl. 2), (2006), 61-72.

ANDERSON, J. W.; BAIRD, P.; DAVIS JR., R. H.; FERRERI, S.; KNUDTSON, M.; KORAYM, A.; WATERS, V.; WILLIAMS, C. L. - **Health benefits of dietary fiber**. Nutrition Reviews. 67, 4 (2009), 188-205.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis (Method 925.10)**. 16 ed. Arlington, 2, 1995,474.

AQUINO, V. C. - **Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir diferentes processos de fermentativos**. Dissertação (Mestrado em Farmácia) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012, p 87.

ARAÚJO, E. G.; FERNANDES, N. S. - **Determinação da Umidade em Farinhas de Trigo utilizando o método clássico de Análise e a Termogravimetria (TG)**. In: XLVII Congresso Brasileiro de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Rio Grande do Norte, 2007. [Acedido a 15 de março de 2015]. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/10/10-523-398.htm>

BAGULHO, A. S. R. - **Estudo das proteínas de reserva e das associadas ao amido e aos lipídios nas propriedades reológicas de farinhas de trigo mole**. Tese (Doutoramento em Engenharia Agro-Industrial). Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa, 2008, 296.

BAÑARES, F. F.; DURÓ, M. Á. G. - **Fibra Dietética**. In: RODRÍGUES, M. H. Tratado de Nutrición. 1ª ed. Madrid: Diaz de Santos, 1999, 125-138.

BARRON, C.; SURGET, A.; ROUAU, X. - **Relative amounts of tissues in mature wheat (*Triticum aestivum* L.) grain and their carbohydrate and phenolic acid composition**. Journal of Cereal Science. 45, (2007), 88-96.

BENDER, A. E. - **Diccionario de Nutrición y Tecnología de los Alimentos**, Zaragoza: Acribia, 1994. ISBN: 84-200-0757-9.

BLAS, C.; MATEOS, G. G.; REBOLLAR, P. G. - **Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de los alimentos para la fabricación de piensos compuestos**. 3ª ed. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2010.

BOSCHINI, A. P. M.; SILVA, C. L.; OLIVEIRA, C. A. S.; OLIVEIRA, M. P.J.; MIRANDA, M. Z.; FAGIOLI, M. - **Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 15, 5 (2011), 450-457.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8 de 2 de Junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo.** Diário Oficial da União, Brasília-DF, n. 105, 2 de junho de 2005, p. 91.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria n. 132/1999, de 19 de fevereiro.** Diário Oficial da União; Poder Executivo – 25 de fevereiro de 1999.

BRASIL, Anvisa - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria n. 354/1996, de 18 de julho.** Diário Oficial da União – Seção I – 22 de julho de 1996.

BROEKAERT, W. F; COURTIN, C. M.; VERBEKE, K.; WIELE, T. V.; VERSTRAETE, W.; DELCOUR, J. A. - **Prebiotic and other health-related effects of cereal-derived arabinoxylans, arabinoxylan-oligosaccharides, and xylooligosaccharides.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 51, (2011), 78-194.

CÁMARA, M. M.; SÁNCHEZ-MATA, M. C.; RUIZ, V. F. - **Fiber as an ingredient for functional foods.** Fibra dietética y salud. 1, 4 (2011), 10.

CAPDEVILA, N. - **El arabinosilano y la función inmunitaria: Revisiones monográficas.** Natura Medicatrix. 21, 6 (2003). 350-354.

CARRILLO, J. M.; VÁZQUEZ, J. F.; QUIJANO, M. R.; RUIZ, M. - **Mejora de la calidad del trigo.** In: YACER, G.; DÍEZ, M.J.; CARRILLO, J.M.; BADENES, M.L. (eds.). Mejora genética de la calidad en plantas, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2006, 129-164.

CICCORITI, R.; SCALFATI, G.; CAMMERATA, A.; SGRULLETTA, D. - **Variations in Content and Extractability of Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. var *durum*) Arabinoxylans Associated with Genetic and Environmental Factors.** International Journal of Molecular Sciences. 12, (2011), 4536-4549.

CHALÉ, F. H.; ANCONA, D. B.; CAMPOS, M. R. S. - **Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad: péptidos biológicamente activos.** *Nutrición Hospitalaria*. 29, 1 (2014), 10-20.

CODEX ALIMENTARIUS - **Norma del Codex para la harina de trigo.** Codex Standard 152/1985. Adoptado 1985. Revisión 1995.

CODEX ALIMENTARIUS - **Norma del Codex para la sémola y la harina de trigo duro.** Codex Standard 178/1991. Adoptado 1991. Revisión 1995.

COSTA, M. G.; SOUZA, E. L.; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, S. A. C. - **Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 28, 1 (2008), 220-225.

COUTINHO, J.; MAÇÃS, B.; ALMEIDA, A. S.; GOMES, C.; COSTA, R.; PINHEIRO, N.; COCO, J.; COSTA, A. - **Melhoramento genético de cereais de outono/inverno em Portugal, 2014.** [Acedido a 17 de fevereiro de 2015]. Disponível em: <http://www.agronegocios.eu/noticias/melhoramento-genetico-de-cereais-de-outono-inverno-em-portugal/>

CRACKNELL, R. L.; MOYE, C. J. - **A colourimetric method for the determination of pentosans in cereal products.** In: Proc. 20th Australian Cereal Chemistry Conf. RACI.: Parkville, Victoria, Australia. (1970), 67 - 77.

DISCHE, Z.; BORENFREUND, E. **A new colour reaction for the determination of aldopentose in presence of other saccharides.** *Biochimica et Biophysica Acta*. 23, (1957), 639-12.

DÍAZ, P. O.; VINALAY, M. M.; PÉREZ, L. A. B. - **Digestibilidad del almidón de pastas elaboradas a partir de mezclas con harina de garbanzo.** In: V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica, XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica, VI Jornadas Científicas de Biomedicina y Biotecnología Molecular, 2008. [Acedido a 24 de março de 2015]. Disponível em: <http://www.informatica.sip.ipn.mx/colmex/congresos/chiapas/cd/Alimentos%5CResumen%5C811242.pdf>

DE LA PLAZA, M.; LLANOS, P.; PELAYO, M. S.; ZUGASTI, B.; ZULETA, A. - **Revisión actualizada de los Hidratos de Carbono. Su implicancia en el tratamiento nutricional de la Diabetes.** Actualizaciones en Nutrición. 14, 2 (2013), 88-107.

DEL MORAL, A. ; ALIAGA, M. M. J.; HERNÁNDEZ, J. A. M. - **Efecto de los prebióticos sobre el metabolismo lipídico.** Nutrición Hospitalaria. 18, 4 (2003), 181-188.

DERVILLY G.; SAULNIER, L.; ROGER, P.; THIBAUT, J.-F. - **Isolation of Homogeneous Fractions from Wheat Water-Soluble Arabinoxylans. Influence of the Structure on Their Macromolecular Characteristics.** Journal of Agriculture and Food Chemistry. 48, (2000), 270-278.

DORNEZ, E.; GEBRUERS, K.; CUYVERS, S.; DELCOUR, J. A.; COURTIN, C. - **Impact of Wheat Flour-Associated Endoxylanases on Arabinoxylan in Dough after Mixing and Resting.** Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55, (2007), 7149-7156.

DOUGLAS, S. G. - **A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour.** Food Chemistry. 7, (1981), 139-145.

EFSA. Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). - **Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre.** EFSA Journal 2010, 8(3):1462 [77p.]. doi: 10.2903/j.efsa.2010.1462.

EFSA. Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). - **Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to arabinoxylan produced from wheat endosperm and reduction of post-prandial glycaemic responses (ID 830) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006.** EFSA Journal 2011, 9(6):2205 [15 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2011.2205

EGEA, J. S.; ELGUEZA, A. L. - **Macronutrientes: Hidratos de Carbono** In: RIVERA, V. M. R.; MAGRO, E. S. Bases de la Alimentación Humana. 1ª Ed. La Coruña: Netbiblo, 2008, 167-181. ISBN: 978-84-9745-215-1.

EL-DASH, A.; GERMANI, R. - **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinha mista de trigo e milho na produção de pães.** Brasília: EMBRAPA, SPI. 2, (1994).

ESPAÑA. **Real Decreto 176/2013**, de 8 de marzo, por el que se derogan total o parcialmente determinadas reglamentaciones técnico-sanitarias y normas de calidad referidas a productos alimenticios. BOE, n. 76, de 29 de marzo de 2013, p. 24494.

ESPAÑA. **Real Decreto 1669/2009**, de 6 de noviembre, por el que se modifica la norma de etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios. BOE, n. 269, de 7 de noviembre de 2009, p. 92956.

ESPAÑA. **Real Decreto 1286/1984**, de 23 de mayo, por el que se aprueba la reglamentación Técnico sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de las harinas y sémolas de trigo y otros productos de la molienda, para consumo humano. BOE, n. 161, de 6 de julio de 1984, p. 19801.

ESPAÑA. **Real Decreto 1124/1982**, de 30 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración Fabricación, Circulación y Comercio de Galletas. BOE, n. 133, de 4 de junio de 1982, p. 13243.

ESPAÑA. **Decreto 2484/1967**, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el texto del Código Alimentario Español. BOE, n. 248, de 17 de octubre de 1967, p. 16485.

FAO. Statistical databases. (2007). [Acedido a 22 de febreiro de 2015]. Disponível em: <http://faostat.fao.org/default.aspx>

FARDETI, A. - **New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre?** Nutrition Research Reviews. 23, (2010). 65-134.

FARÍAS, R. F. - **Efecto de la incorporación de fibra dietética de diferentes fustes sobre propiedades de texturas y sensoriales en tortillas de maíz (*Zea mays L.*)**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Avanzada) - Centro de Investigación En Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politecnico Nacional, México D. F., 2004. 97.

FARIZA, M. P. P. - **Cereales y derivados**. In: ANCHIA, I. A.; HERNÁNDEZ, J. A. M. Alimentos. Composición y propiedades. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2003, 135-154.

FINNIE, S. M.; BETTGE, A. D.; MORRIS, C. F. - **Influence of Cultivar and Environment on Water-Soluble and Water-Insoluble Arabinoxylans in Soft Wheat**. Cereal Chemistry. 83, 6 (2006), 617-623.

FLORES, R. V. - **Compuestos importantes para la salud encontrados en los cereales enteros**. Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal - Ingeniería Industrial. 30, (2012), 209-224.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. - **Dossiê: fibras alimentares**. Brasil, n. 3 (2008). [Acedido a 09 de abril de 2015]. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/materias/63.pdf>

GARCÍA PERÍS, P.; VELASCO GIMENO, C. - **Evolución en el conocimiento de la fibra**. Nutrición Hospitalaria. 22, (2007), 20-25.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. - **Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics**. The Journal of Nutrition. 125, 6 (1995), 1401-1412.

GOESAERT, H.; BRIS, K.; VERAVERBEKE, W. S.; COURTIN, C.M.; GEBRUERS, K., DELCOUR, J. A. - **Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality**. Trends in Food Science & Technology. 16, (2005), 12-30.

GRAY, J. - **Dietary fibre. Definition, analysis, physiology and health**. ILSI Europe - Concise Monograph Series. Brussels. Belgium. 2006, 35. ISBN 90-78637-03-X.

GROOTAERT, C.; DELCOUR, J. A.; COURTIN, C. M.; BROEKAERT, W. F.; VERSTRAETE, W.; WIELE, T. V. - **Microbial Metabolism and prebiotic potency of arabinoxylan oligosaccharides in the human intestine**. Trends in Food Science & Technology. 18, (2007), 64-71.

INE, Instituto Nacional de Estatística. **Estatística Agrícolas 2013**. Portugal, (2014), 166. ISBN 978-989-25-0265-6.

JUNIOR, D. C.; OLIVEIRA, J. B. - **Controle de qualidade de trigo e derivados e tratamento e tipificação de farinhas**. Granotec do Brasil (apostila), 1998.

KILL, R.C.; TURNBULL, K. - **Tecnología de la elaboración de pasta y sémola**. Zaragoza: Acribia, 2004.

KIM, Y. I. - **Aga technical review: Impacto of dietary fiber on colon cancer occurrence**. *Gastroenterology*. 118, (2000), 1235-1257.

KISZONAS, A. M.; COURTIN, C. M.; MORRIS, Craig F. - **A critical Assessment of the Qualification of Wheat Grain Arabinoxylans Using a Phoroglucinol Calorimetric Assay**. *Cereal Chemistry*. 89, 3 (2012), 143150.

KISZONAS, A. M.; FUERST, E. P.; MORRIS, C. F. - **Wheat Arabinoxylan Structure Provides Insight Into Function**. *Cereal Chemistry*. 90, 4 (2013), 387-395.

LI, B. W. ; ANDREWS, K. W.; PEHRSSON, P. R. - **Individual Sugars, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber Contents of 70 High Consumption Foods**. *Journal of Food Composition and Analysis*. 15, (2002), 715-723.

LI, S.; MORRIS, I. C. F.; BETTGE, A. D. - **Genotype and Environment Variation for Arabinoxylans in Hard Winter and Spring Wheats of the U.S. Pacific Northwest**. *Cereal Chemistry*. 86, 1 (2009), 88-95.

LOPES, A. R. L. - **Métodos de biologia molecular aplicados à segurança alimentar: identificação de espécies de bovino (*Bos taurus*) e suíno (*Sus scrofa*) em produtos cárneos**. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar) – Faculdade de Farmácia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2013, 84.

LU, Z. X.; WALKER, K. Z.; MUIR, J. G.; MASCARA, T.; O'DEA, K. - **Arabinoxylan fiber, a byproduct of wheat flour processing, reduces the postprandial glucose**

response in normoglycemic subjects. The American Journal of Clinical Nutrition.71, (2000),1123-1128.

MACÍAS, S.; BINAGHI, M. J.; ZULETA, A.; RONAYNE DE FERRER, P.; COSTA, K.; GENEROSO, S. - **Desarrollo de galletas con sustitución parcial de harina de trigo con harina de algarroba (*Prosopis alba*) y avena para planes sociales.** Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 4, 2, (2013), 170-188.

MAC KEY, J. - **Wheat: Its concept, evolution, and taxonomy.** In: ROYO, C.; NACHIT, M.M.; DIFONZO, N.; ARAUS, J. L.; PFEIFFER, W.H.; SLATER, G.A. (Eds.), Durum Wheat Breeding: Current Approaches and Future Strategies. New York: Food Products Press. 3, (2005), 61.

MAGRAMA. - **Panel de consumo alimentario, 2012.** [Acedido a 23 de fevereiro de 2015]. Disponível em: <http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucionalimentaria/panel-de-consumo-alimentario/ultimos-datos/>

MALDONADO, R.; DELAHAYE, E. P. - **Elaboración de pastas alimenticias por sustitución la harina de trigo con harina de zanahoria (*Daucus carota* L.) y remolacha (*Beta vulgaris* L.) fuentes de fibra dietética y carotenos.** Revista de la Facultad de Agronomía. 24 (1998), 89-104.

MANZANO, J. R. - **Prolaminas y marcadores moleculares relacionados con la calidad en Trigo Duro (*Triticum turgidum* L.).** Tese (Doutoramento em Engenharia Agrônoma) - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2007, 355.

MARLETT, J. A.; MCBURNEY M. I.; SLAVIN, J. L.; - **Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber.** Journal of the American Dietetic Association. 102, 7 (2002), 993-1000.

MATOS-CHAMORRO, A.; CHAMBILLA-MAMANI, E. - **Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria.** Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1, 1 (2010), 4-10.

MELLO V. D.; LAAKSONEN, D. E. - **Fibras na dieta: tendências atuais e benefícios à saúde na síndrome metabólica e no diabetes mellitus tipo 2.** Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia. 53, 5 (2009), 509-518.

MENDIS, M.; SIMSEK, S. - **Arabinoxylans and human health.** Food Hydrocolloids. 42, part. 2 (2014), 239-243.

MONHO, A. T. - **Determinação do valor tecnológico e de utilização de vários tipos de misturas de farinha de trigo mole e sêmola de trigo duro para o fabrico de pão tradicional** - Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013, 95.

MORALES, C.; NIETO, A.; QUIROGA, L.; QUICAZAN, M. - **Validación del método y determinación de fibra dietética soluble y insoluble en harina de trigo y pan.** Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. 19, 1 (2012), 340-342.

MOREIRAS, G. V. (coord.). **Libro Blanco.** Madrid: Fundación Española de la Nutrición (FEN), (2013), 605. ISBN: 978-84-938865-2-3.

MOREIRAS, O.; CARBAJAL, Á.; CABRERA, L.; CUADRADO, C. - **Tablas de Composición de Alimentos.** 16ª Ed. España: Pirámide, 2013, 456. ISBN: 9788436829037.

MORENO, N. P. E. - **Evaluación Del Comportamiento de la fibra soluble como compuesto bioactivo, adicionada en productos horneados de panadería y bizcochería.** Dissertação (Mestrado em Ciencia y Tecnologia de Alimentos) – Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2012, 145.

MONTES, M. E. M.; ISLÁN, A. P. M.; MOLINA, M. P. M. - **La fibra dietética procesada como alimento funcional.** Farmacia y Sociedad OFFARM. 26, 1 (2007), 70-77.

NEYRINCK, A. M.; POSSEMIERS, S.; DRUART, C.; WIELE, T. V.; BACKER, F.; CANI, P.D.; LARONDELLE, Y.; DELZENNE, N. M. - **Prebiotic effects of wheat arabinoxylan related to the increase in bifidobacteria, Roseburia and Bacteroides/Prevotella in diet-induced obese mice.** PLoS ONE. 6, 6 (2011), 1-12.

NISHIDA, C.; UAUY, R.; KUMANYKA, S.; SHETTY, P. - **The Joint WHO/FAO Expert Consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: process, product and policy implications.** Public Health Nutrition. 7, 1A (2004), 245-250.

OJEDA, C. V. - **Estudio de la degradación enzimática de xilanos en harinas de trigo para panificación.** Tese (Licenciatura en Biotecnología) – Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, 2013, 68.

OLAGNERO, G.; ABAD, A.; BENDERSKY, S.; GENOVOIS, C.; GRANZELLA, L.; MONTONATI, M. - **Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos.** Diaeta (B.Aires). 25, 121 (2007), 20-33.

ORTEGA, A. M.; MEDINA, G. N.; MILLÁN, E. C.; BÉJAR, A. G.; CHÁVEZ, P. T.; FRANCO, Y. L.; CHU, A. R.; MENDONZA, J. L. - **Los arabinoxilanos ferulados de cereales. Una revisión de sus características fisicoquímicas y capacidad gelificante.** Revista Fitotecnia Mexicana. 36, 4 (2013), 439-446.

ORTEGA, A. R. M.; LÓPEZ, A. M. S.; REQUEJO, M.; CARBAJALES, A. P. - **La composición de los alimentos.** 1ª ed. Madrid: Editorial Complutense, 2004, 96. ISBN: 84-7491776-X.

ORTOLAN, F. - **Genótipos de trigo do Paraná – safra 2004: caracterização e fatores relacionados à alteração da Cor da Farinha.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006, 140.

PACHECO-DELAHAYE, E.; TESTA, G. - **Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y platano verde.** INCI- Interciencia. 30, 5 (2005), 300-304.

PALLARÉS, M. G.; LEÓN, A. L.; ROSELL, C. M. - **Trigo.** In: LEÓN, A. L.; ROSELL, C. M (eds.). **De tales harinas tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica.** 1ª ed. Córdoba: Hugo Baéz Editor. (2007), 17-27. ISBN: 789871311071

PORTUGAL. Ministérios da Economia, da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, da Saúde e das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. **Portaria n. 254/2003, de 19 de março.** Diário da República - I Série-B, n. 66 – 19 de Março de 2003, p. 1861.

PROSKY, L.; ASP, N.G.; FURDA, I.; DEVRIES, J. W.; SCHWEIZER, T. F.; HARLAND, B. F. - **Determination of total dietary fiber in foods and food products: collaborative study.** Journal Association of Official Analytical Chemists. 68, 4 (1985), 677-679.

RAMSEYER, D. D.; BETTGE, A. D.; MORRIS, C. - **Distribution of Total, Water-Unextractable, and Water-Extractable Arabinoxylans in Wheat Flour Mill Streams.** Cereal Chemistry. 88, (2011), 209-216.

REBOLLEDA, S.; SANZ, M. T; BENITO, J. M.; BELTRÁN, S.; ESCUDEIRO, I.; SAN-JOSÉ, M. L. G. - **Formulation and characterisation of wheat bran oil-in-water nanoemulsion.** Food Chemistry. 167, (2015), 16-23.

RIVERA, V. M. R.; MAGRO, E. S. - **Bases de la Alimentación Humana.** 1ª Ed. La Coruña: Netbiblo, 2008. ISBN: 978-84-9745-215-1.

ROCHA, M. A. M. - **Isolamento e caracterização estrutural das arabinoxilanas da dreche cervejeira.** Dissertação (Mestrado em Bioquímica). Departamento de Química - Universidade de Aveiro, AVEIRO, 2010, 89. [Acedido a 19 de abril de 2015]. Disponível em: <http://ria.ua.pt/bitstream/10773/4516/1/236542.pdf>

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J. C. B.; DIDONET, A. D.; MARCHESI, J. A. - **Fifty years of wheat breeding in Southern Brazil: yield improvement and associated changes.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. 42, 6 (2007), 817-825.

RODRÍGUEZ, J. M.; SOBRINO, O. J.; MARCOS, A.; COLLADO, M. C.; MARTÍNEZ, G. P.; CUESTA, M. M.C.; PELÁEZ, C.; REQUENA, T. - **¿Existe una relación entre la microbiota intestinal, el consumo de probióticos y la modulación del peso corporal?** Nutrición Hospitalaria. 28, (2013), 3-12.

ROSO, B. R. - **Fibra dietética. Su papel en la salud.** In: ORTEGA, A. R. M.; REQUEJO, A. M.; MARTINEZ, R. M. Nutrición y alimentación en la promoción de la salud. Cuenca: UIMP, 2007, 92-104. [Acedido a 27 de março de 2015]. Disponível em: <https://epidemiologianutricional.files.wordpress.com/2011/02/promocion-y-nutricion.pdf>

RUIZ-ROSO, B. C. M.; PÉREZ-OLLEROS, L. C. - **Avance de resultados sobre consumo de fibra en España y beneficios asociados a la ingesta de fibra insoluble.** Revista Española de Nutrición Comunitaria. 16, 3 (2010), 147-153.

RUIZ-ROSO, B. C. M. - **Ingesta de energía, nutrientes y otros componentes de la dieta: Hidratos de carbono y fibra dietética.** In: MOREIRAS, G. V. (coord.). Libro Blanco. Madrid: Fundación Española de la Nutrición (FEN). (2013), 135-144. ISBN: 978-84-938865-2-3.

RUIZ, G. V. - **Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales.** Temas de ciencia y tecnología. 13, 38 (2009), 27-32.

RUIZ, B. G. V.; HERNÁNDEZ, E. J. G. - **Cereales y productos derivados.** In: RUIZ, M. D. (coord.). Tratado de nutrición. Tomo II – composición y calidad nutritiva de los alimentos. 2ª ed. Madrid: Medica Panamericana. (2010), 97-138. ISBN: 978-84-9835-347-1.

SAEED, F.; PASHA, I.; ANJUM, F. M.; SULTAN, M. T. - **Arabinoxylans and arabinogalactans: a comprehensive treatise.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 51., (2011), 467-476.

SÁNCHEZ, J. I. - **Análisis ecofisiológico y molecular del impacto de la mejora genética del trigo duro en ambiente mediterráneo sobre la formación del rendimiento y la acumulación de aminoácidos y proteínas.** Tese (Doutoramento em Fisiologia Vegetal) – Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada, 2008, 278.

SAULNIER, L.; SADO, P. E.; BRANLARD, G.; CHARMET, G.; GUILLON, F. - **Wheat arabinoxylans: Exploiting variation in amount and composition to develop enhanced varieties.** Journal of Cereal Science. 46, (2007), 261-281.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A.; MIRANDA, M. Z.; LIMBERGER, V. M. - **Trigo: Características e utilização na panificação.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. 13, 2 (2011), 211-222.

SENC, Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. - **Guía de la alimentación saludable.** Madrid. 2004, 1-105.

SENC, Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. - **Guías Alimentarias para la Población Española: recomendaciones para una dieta saludable.** Madrid. 2001, 1-502.

SHEWRY, P.R. - **Wheat.** Journal of Experimental Botany. 60, 6 (2009), 1537-1553.

SLAVIN, J. - **Whole grains and human health.** Nutrition Research Reviews.17 (2004), 1-12.

STEFFOLANI, M. E. - **Efecto de las enzimas pentosanas, glucosa oxidasa y transglutaminasa en productos de panificación.** Tese (Doctoral en Ciencias Exactas) – Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, 2010, 240

STEVENSON, L.; PHILLIPS, F.; O’SULLIVAN, K.; WALTON, J. - **Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective.** International Journal of Food Sciences and Nutrition. 63, 8 (2012), 1001-1013.

SOTO, F. E. A; SALDÍVAR, S. O. S.; LARA, S. G.; CARRILLO, E P. - **Hydroxycinnamic acids, sugar composition and antioxidant capacity of arabinoxylans extracted from different maize fiber sources.** Food Hydrocolloids.35, (2014), 471-475.

SWENNEN, K.; COURTINI, C. M.; VAN DER BRUGGEN, B.; VANDECASTEELE, C.; DELCOUR, J. A. - **Ultrafiltration and ethanol precipitation for isolation of arabinoxyloligosaccharides with different structures.** Carbohydrate Polymers. 62, (2005), 283-292.

ŠRAMKOVÁ, Z.; GREGOVÁ, E.; ŠTURDÍKA, E. - **Chemical composition and nutritional quality of wheat grain.** Acta Chimica Slovaca. 2, 1 (2009), 115-138.

TRUMBO, P.; SCHILICKER, S.; YATES, A. A.; POOS, M. - **Dietary References intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids.** Journal of the American Dietetic Association.102, (2002), 1621-1630.

UNIÃO EUROPEA. - **Reglamento (UE) nº 1169/2011 do Parlamento Europeu y del Consejo de 25 de octubre de 2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor.** Diario Oficial de la Unión Europea L 304/18-63, de 22 de noviembre de 2011.

UNIÃO EUROPEA. - **Reglamento (UE) nº 1018/2013 De la Comisión de 23 de octubre de 2013 que modifica el Reglamento (UE) nº 432/2012, por el que se establece una lista de declaraciones autorizadas de propiedades saludables de los alimentos distintas de las relativas a la reducción del riesgo de enfermedad y al desarrollo y la salud de los niños.** Diario Oficial de la Unión Europea L 282/43, 24 de octubre de 2013.

UPHOFF, N. - **Supporting food security in the 21st century through resource-conserving increases in agricultural production.** Agriculture & Food Security. 1, 18 (2012), 1-17.

VAN CRAEYVELD, V. - **Production and functional characterization of arabinoxylan-oligosaccharides from wheat (*Triticum aestivum* L.) bran and psyllium (*Plantago ovata* Forsk) seed husk.** Tese (Doutorado em Bio-Engenharia) - Faculdade de Biociências Departamento de Microbiana Molecular e Engenharia de Sistemas - Escola de Ciência e Tecnologia, Bélgica, 2009, 186.

VARGAS, E.; MURILLO, M. - **Composicion quimica de subproductos de trigo y arroz y de granos de maiz y sorgo utilizados en Costa Rica.** Agronomia Costarricense. 2, 1 (1978), 9-15.

VIEIRA, A. P.; BADIALE-FURLONG, E.; OLIVEIRA, M. L. M. - **Ocorrência de micotoxinas e características físico-químicas em farinhas comerciais.** Ciências Tecnología e Alimentos. 19, 2 (1999), 221-225.

WHO - World Health Organization. - **Diet, Nutrition, and the Prevention of Chronic Diseases.** Report of a WHO Study Group. WHO Technical Report Series, Geneva, n. 797. 1990.

ZARDO, F. P. - **Análises Laboratoriais para o controle de qualidade da farinha de trigo.** Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Tecnologia de Alimentos) -

Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Rio Grande Do Sul, Bento Gonçalves,
2010, 46.