



Hinc patriam sustinet

Instituto Superior de Agronomia
Universidade de Lisboa

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE FIBRA ALIMENTAR EM PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Joana Rosa Santos

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Alimentar

Orientador: Professora Doutora Maria Isabel Nunes Januário

Co-orientador: Professora Doutora Margarida Moldão Martins

Júri:

Presidente: Doutora Maria Luísa Lopes de Castro e Brito

Vogais: Doutora Maria Isabel Nunes Januário, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Doutora Marta Maria Moniz Nogueira Abreu, Investigadora Auxiliar do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária.

Lisboa, 2013

U LISBOA | UNIVERSIDADE
DE LISBOA

Agradecimentos

A realização deste trabalho apenas foi possível devido à ajuda e apoio de certas pessoas. O meu grande agradecimento:

Em primeiro lugar ao Instituto Superior de Agronomia pela oportunidade da realização deste trabalho.

De uma forma especial, à minha orientadora, Doutora Isabel Januário, pela sugestão do tema, orientação, correcções, dedicação, apoio, incentivo e disponibilidade demonstrada ao longo deste trabalho.

À professora Doutora Margarida Moldão-Martins pela disponibilidade, conselhos e correcções em todas as fases deste trabalho.

Às minhas colegas Ana Carvalho e Mariana Lamas pela paciência, apoio, força e amizade durante em todos os momentos deste trabalho.

À Diana Isa pela boa disposição constante e por ter facultado a matéria-prima para a realização deste trabalho.

Ao Tiago Machado pelo constante incentivo e paciência que foram bastante importantes para a conclusão deste trabalho.

Resumo

O desenvolvimento de produtos saudáveis, de fácil transporte e consumo, tornou-se uma necessidade crescente. Este trabalho teve como principal objectivo analisar a fibra alimentar em produtos hortofrutícolas de IV e V Gamas recorrendo a metodologias analíticas específicas. Foram utilizadas polpas de frutos e vegetais (V Gama), e cenoura minimamente processada (IV Gama) submetida a diferentes pré-tratamentos - tratamento térmico, radiação UV, ripagem e respectivas combinações seguidos ou não de refrigeração (5°C) durante 7 dias.

As polpas com base de pêra revelaram-se mais ricas em fibra alimentar do que as polpas com base de maçã, o que resulta do maior teor em fibra da pêra e da elevada percentagem deste fruto na composição daquelas polpas, aspectos reforçados pela presença nas formulações de hortícolas como a beterraba.

Na cenoura minimamente processada, o efeito imediato da aplicação singular ou combinada dos tratamentos abióticos no teor de fibra total não foi muito evidente. Contudo, a componente fibra insolúvel registou um aumento considerável, devido provavelmente ao processo de lenhificação. Ao contrário, o teor de fibra solúvel diminuiu acentuadamente. Estes resultados mostram que, no geral, o processamento mínimo aplicado à cenoura não afecta o teor de fibra alimentar, embora provoque alterações na composição da mesma. Este último efeito não compromete, contudo, o valor nutricional da cenoura como fonte de fibra, tornando-se provavelmente até mais actuante na regulação do trânsito intestinal.

Palavras-chave: fibra alimentar, polpas de fruta, cenoura minimamente processada, determinação da fibra alimentar, métodos AOAC

Abstract

The development of healthy products, easy to transport and consume, is a growing need. This study's main objective was to analyze the dietary fiber in fruit and vegetables IV and V range using specific analytical methodologies. Fruit and vegetable pulps (V range) were used, as well as minimally processed carrot (IV range) subjected to different pre-treatments : heat treatment, UV radiation, ripping and their combinations - followed or not by storage at 5°C for 7 days.

The pulps with pear base proved to be considerably richer in dietary fiber than the apple pulps. These results are due to higher pear dietary fiber content and the high percentage of this fruit in the composition of that type of pulps, reinforced by the presence of vegetables like beets.

Concerning minimally processed carrot, the immediate effect of applying singular or combined abiotic treatments on total dietary fiber content was not evident. However, the insoluble component increased considerably, probably due to the lignification process. Unlike, the content of soluble fiber registered a large decrease. These results show that, overall, the minimum processing applied to carrot does not affect the dietary fiber content, leading however to a change in fiber composition, which does not compromise its nutritional value, becoming probably more effective in regulating intestinal transit.

Keywords: dietary fiber, fruit pulps, minimally processed carrot, determination of dietary fiber, AOAC methods

Extended Abstract

Since pre-historic times that man has coming to diversify their diet and to improve constantly the techniques of food preservation. Nowadays the achievements are such that the consumer can have a variety of sensorially desirable foods, with nutritional value preserved and contributing to their health and well-being. Additionally to these attributes, it is intended that these foods are at the same time easy to transport and to consume.

Among the big diversity of food constituents, dietary fiber is particularly important for health, being especially effective for a healthy intestine.

Fruits and vegetables are important sources of dietary fiber and bioactive compounds. However many of its characteristics are altered by several conservation processes . Currently, products with low degree of processing have been developed. It is noteworthy the minimally processed products (IV range) and fruit pulps (V range).

The main objective of this work was to analyze the dietary fiber in these vegetable products and to evaluate the effect of processing in fiber content.

For this purpose, four types of pulp formulations were used: two with apple base, one with 45% apple and pineapple (55%) and the other 41% apple, pineapple (31%), cabbage (8%), pumpkin (10%) and banana (10%); other two, with pear base, one containing 50% pear, pineapple (50%) and the other ca. 57% pear, apple (ca. 29%) and beet (ca. 14%).

Another kind of analyzed material was carrot with different abiotic stress treatments: heat treatment, UV radiation, ripping, and their combinations - followed or not by storage at 5°C for 7 days The descontamination with chlorine was considered the standard condition.

Specific methodology, based on the AOAC official methods, was applied for the determination of total dietary fiber, insoluble dietary fiber and soluble dietary fiber in the material in study.

The enzymatic-gravimetric methods adopted, AOAC 985.29 for total dietary fiber and AOAC 991.42 for insoluble dietary fiber, showed a good performance for the objectives in view.

The pulps whose main ingredient was pear proved to be richer in dietary fiber than pulps with apple base. These results are due to higher pear dietary fiber content and the high percentage of this fruit in the composition of that type of pulps, reinforced by the presence of vegetables like beet.

Concerning minimally processed carrot, the immediate effect of applying singular or combined abiotic treatments on total dietary fiber content was not evident. However, the insoluble component increased considerably, probably due to the occurrence of lignification process. Unlike, the content of soluble fiber registered a large decreased. These results show that, overall, the minimum processing applied to carrot does not affect the dietary fiber content, leading however to a change in fiber composition, which does not compromise its nutritional value, becoming probably even more effective in decreasing intestinal transit problems such as constipation.

Índice Geral

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Extended Abstract	v
Índice Geral	vii
Índice de Quadros	ix
Índice de Figuras	x
Lista de Abreviaturas	xi
1 Introdução	12
Enquadramento Teórico	14
2 Fibra alimentar	15
2.1. Definição	15
2.2. Presença na dieta	16
2.3. Classificação e Características	17
2.4. Benefícios/Importância na saúde	18
3 Métodos de doseamento da fibra alimentar.....	19
4. Produtos hortofrutícolas como fonte de fibra	25
5. Polpas de fruta	26
5.1. Definição e Mercado	26
5.2. Preparação e conservação de polpas de fruta	28
6. Produtos minimamente processados	29
Desenvolvimento Experimental.....	38
7. Materiais e Métodos	39
7.1. Materiais	39
7.2. Métodos Analíticos de Determinação de Fibra Alimentar	39
7.3. Métodos Estatísticos	45
8. Caracterização da fibra alimentar em polpas de hortofrutícolas	45

8.1. Amostras.....	45
8.2. Determinação da fibra alimentar	46
8.3. Resultados e discussão	46
9. Estudo do impacto de diferentes stresses abióticos na fibra alimentar de cenoura minimamente processada	50
9.1. Amostras.....	50
9.2. Determinação da Fibra Alimentar	50
9.3. Resultados e discussão	51
10. Conclusões gerais.....	55
11. Referências Bibliográficas	57

Índice de Quadros

Quadro 1 - Principais métodos de análise da fibra alimentar e suas principais componentes	21
Quadro 2 - Teores de fibra alimentar total, insolúvel e solúvel em frutos	23
Quadro 3 - Valores de fibra doseados em alimentos através do método da AOAC e de Englyst.....	24
Quadro 4 - Teores de fibra alimentar total (FT) de alguns produtos hortofrutícolas.....	26
Quadro 5 - Comparação de médias dos teores de fibra alimentar total (FT) em polpas de base de maçã (M1 e M2) e com base pêra (P1 e P2)	47
Quadro 6 - Comparação de médias dos teores de fibra insolúvel (FI) em polpas com base maçã (M1 e M2) e com base pêra (P1 e P2).....	48
Quadro 7 - Comparação de médias dos teores de fibra solúvel (FS) em polpas com base maçã (M1 e M2) e com base pêra (P1 e P2).....	49
Quadro 8 - Identificação das amostras de cenoura	50
Quadro 9 - Comparação de médias dos teores de fibra total (FT) em cenoura sujeita a tratamentos de stress abiótico	51
Quadro 10 - Comparação de médias dos teores de fibra insolúvel (FI) em cenoura sujeita a tratamentos de stress abiótico	53
Quadro 11 - Comparação de médias dos teores de fibra solúvel (FS) em cenoura sujeita a tratamentos de stress abiótico	54

Índice de Figuras

Figura 1 - Rótulo de embalagem.....	19
Figura 2 - Diagrama de preparação das polpas de fruta	28
Figura 3 - Diagrama de processamento dos produtos minimamente processados.	30
Figura 4 - Esquema de determinação de fibra alimentar total pelo método enzimático-gravimétrico AOAC 985.29.	42
Figura 5 - Esquema de determinação da fibra alimentar insolúvel, pelo método enzimático-gravimétrico AOAC 991.42.	44
Figura 6 - Polpa com base de maçã (cor verde)	46
Figura 7 - Teor médio de fibra alimentar total (FT) em polpas com base maçã (M1 e M2) e com base pêra (P1 e P2)	47
Figura 8 - Teor médio de fibra alimentar insolúvel (FI) em polpas com base maçã (M1 e M2) e com base pêra (P1 e P2)	48
Figura 9 - Teor médio de fibra alimentar solúvel (FS) em polpas com base maçã (M1 e M2) e com base pêra (P1 e P2)	49
Figura 10 - Teores médios de fibra alimentar total (FT) em cenoura sujeita a diferentes tipos de stress abiótico	51
Figura 11 - Teores médios de fibra alimentar insolúvel (FI) em cenoura sujeita a diferentes tipos de stress abiótico	52
Figura 12 - Teores médios de fibra alimentar solúvel obtidos na cenoura sujeita a diferentes tipos	53

Lista de Abreviaturas

AOAC - Association of Official Analytical Chemists International

CG – Cromatografia gasosa

CMP – Cenoura minimamente processada

FB – Fibra bruta

FDA – Fibra em detergente ácido

FDN - Fibra em detergente neutro

FI – Fibra alimentar insolúvel

FS – Fibra alimentar solúvel

FT – Fibra alimentar total

HPLC – Cromatografia líquida de alta eficiência

NSP – Non Starch Polysaccharides (polissacarídeos não-amiláceos)

TT – Tratamento térmico

UV_C – Radiação ultravioleta

1 Introdução

Desde os tempos pré-históricos que o Homem tem vindo a diversificar a sua dieta e a aperfeiçoar constantemente as técnicas de conservação dos alimentos. Hoje em dia os avanços alcançados são tais que o consumidor pode dispor de alimentos variados, sensorialmente apetecíveis, com o valor nutritivo preservado e que contribuem para a sua saúde e bem-estar. O acto de comer já não é considerado como uma mera ingestão calórica, necessária à manutenção da actividade metabólica do nosso organismo. Comer é mais do que isso, com a evolução da civilização ao longo dos tempos os alimentos adquiriram novas valências de carácter social e cultural, expressando aspectos lúdicos (prazer gastronómico), etnográficos e hedónicos (vertente psicológica). Representa ainda uma aliança entre a ingestão de nutrientes de alimentos ditos comuns e de alimentos funcionais que além de saudáveis se pretende que sejam agradáveis.

De entre os vários constituintes dos alimentos, a fibra alimentar assume especial importância.

O conceito de fibra alimentar mudou consideravelmente nos últimos anos. Actualmente, este conceito abrange uma gama muito mais ampla de substâncias do que se considerava anteriormente e tem uma importância fisiológica maior do que se pensava. Não existe, contudo, uma definição universalmente aceite de fibra alimentar tanto na Europa como no resto do mundo. Existe, no entanto, consenso de que há necessidade de uma definição assente em aspectos fisiológicos.

A não-digestibilidade no intestino delgado é uma característica fisiológica de fundamental importância das fibras alimentares. Por isso, definições recentes de fibra alimentar englobam, além dos polissacarídeos não-amiláceos (NSP) outros glúcidos não-digeríveis, como o amido resistente e oligossacarídeos não-digeríveis. Por outro lado, estudos realizados ao longo das últimas décadas identificaram diversos efeitos fisiológicos da fibra alimentar, sendo os principais a melhoria do funcionamento do intestino grosso, a redução do colesterol sanguíneo e a diminuição dos níveis plasmáticos pós-prandiais de glucose e de insulina. Essas características fisiológicas foram também incorporadas nas recentes definições de fibra alimentar.

Os produtos hortofrutícolas são uma importante fonte de fibra alimentar. Além de se tratar de alimentos ricos em compostos bioactivos, têm propriedades sensoriais muito características e podem sofrer alteração por muitos dos processos de conservação. Actualmente têm sido desenvolvidos produtos com reduzido grau de processamento. Salientam-se os produtos minimamente processados (IV gama) e as polpas (V gama). Estas duas categorias de produtos têm por objectivo aliar a sua

conveniência ao facto de serem uma fonte importante de componentes benéficas para a saúde e bem-estar do consumidor. Nos diagramas tecnológicos dos referidos produtos, incluem-se por vezes pré-tratamentos que afectam determinados processos fisiológicos pós-colheita, com implicação em diversos parâmetros, entre os quais a componente pécica e a síntese de lenhina da fibra alimentar.

O presente trabalho insere-se no âmbito de um projecto de desenvolvimento de produtos hortofrutícolas da IV e da V gamas. Tem por objectivo a caracterização destes produtos quanto ao seu teor em fibra alimentar (total, solúvel e insolúvel) através da aplicação de metodologias analíticas específicas. Serão objecto de análise polpas de frutos e vegetais e também cenoura minimamente processada submetida a diferentes pré-tratamentos. Os stresses abióticos aplicados foram: tratamentos térmicos, radiação UV, ripagem e respectivas combinações, seguidos ou não de refrigeração (5°C) durante 7 dias.

Numa primeira parte do trabalho é feito um enquadramento teórico, contendo diversos aspectos relativos ao tema deste trabalho: abordagem geral da componente fibra alimentar dos alimentos vegetais; caracterização das fontes de fibra que são objecto de estudo; métodos de doseamento da fibra alimentar.

Da segunda parte, referente ao trabalho experimental efectuado, constam: a caracterização da fibra alimentar em polpas de hortofrutícolas com utilização de métodos enzimático-gravimétricos; estudo do efeito de diferentes tratamentos de stress abiótico na composição em fibra alimentar de produtos hortofrutícolas minimamente processados, particularizando para a cenoura. Com base nos resultados obtidos e sua discussão, são no final apresentadas as conclusões gerais.

2 Fibra alimentar

2.1. Definição

O conceito de fibra alimentar é complexo e tem vindo a evoluir ao longo do tempo. Abrange, actualmente, uma vasta gama de compostos com efeitos diferentes para quem a consome, sendo a base de ligação entre estes compostos o não serem digeríveis pelo organismo humano.

Durante décadas foi utilizado o termo fibra bruta, “resíduo de alimentos vegetais resultante da extracção a quente com solvente, ácido diluído e agente alcalino diluído”. Dado que esta definição não incluía muitos dos componentes normalmente associados à actividade fisiológica da fibra, surgiu a necessidade de uma designação e definição mais adequadas para este conjunto de compostos (Devries (s/d)).

A denominação *fibra alimentar* foi adoptada, em 1953, por Hipsley, com o objectivo de descrever os componentes alimentares provenientes das paredes celulares de vegetais (Champ *et al.*, 2003). Esses constituintes corresponderiam então à celulose, hemiceluloses e lenhina (AACC, 2001).

Em 1974, Trowell definiu fibra alimentar como “*os remanescentes da parede celular vegetal que não são hidrolisados pelas enzimas digestivas humanas, que inclui celulosas, hemicelulosas, lenhina, gomas, celulosas modificadas, mucilagens, oligossacáridos, pectinas e substâncias menores associadas, como ceras, cutina e suberina.*” (Devries *et al.*, 1999; IFST, 2007).

Em 2006, a Comissão do Codex Alimentarius avançou com uma definição para fibra (IFST, 2007) estabelecendo que: “*O termo fibra dietética indica polímeros de glúcidos com um grau de polimerização (GP) não inferior três, os quais não são digeridos nem são absorvidos no intestino delgado. O grau de polimerização não inferior a três pretende excluir mono e dissacarídeos, e não pretende reflectir o grau de polimerização médio de uma mistura. A fibra alimentar consiste em um ou mais:*

- *polímeros de glúcidos edíveis e não digeríveis presentes naturalmente nos alimentos na forma em que estes são consumidos;*
- *polímeros de glúcidos não digeríveis que foram obtidos a partir de alimentos crus por métodos físicos, enzimáticos ou químicos,*
- *polímeros sintéticos de glúcidos”*

Na maioria dos países, a necessidade de definir exactamente fibra alimentar faz-se sentir, principalmente, para fins de rotulagem nutricional, que permita aos fabricantes de alimentos fornecerem informação rigorosa ao consumidor e na elaboração de tabelas de composição dos alimentos. As definições actualmente utilizadas para fibra alimentar estão relacionadas com os diversos métodos analíticos adoptados para o seu doseamento (AACC, 2001)., nomeadamente pela *Association of Official Analytical Chemists International (AOAC)*.

Actualmente, é de adopção generalizada a seguinte definição: "A *fibra alimentar* é constituída pelas partes edíveis de vegetais ou glúcidos análogos resistentes à digestão e absorção no intestino delgado humano, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. A fibra alimentar inclui polissacáridos, oligossacáridos, lenhina e substâncias vegetais associadas. A fibra alimentar promove efeitos fisiológicos benéficos tais como efeito laxante, e/ou diminuição do colesterol e/ou redução de glucose no sangue" (AACC, 2001).

Esta definição baseada na componente fisiológica da fibra apresenta muitas vantagens relativamente à definição de fibra bruta, apenas baseada na capacidade química de analisar uma fracção do alimento.

2.2. Presença na dieta

Os constituintes da fibra alimentar são, na sua maior parte, substâncias de origem vegetal, predominantemente oriundas da parede celular e em menor parte alguns polissacarídeos provenientes de outras partes das plantas ou sintetizados por microrganismos. Como tal, a fibra alimentar está presente na dieta humana através do consumo de alimentos de origem vegetal, nos quais se encontra normalmente como constituinte natural, em alimentos onde tenha sido adicionada e na forma de suplementos alimentares ricos em fibra (Mendes, 2011).

Antigamente as fibras alimentares eram fornecidas principalmente através dos cereais e leguminosas, os quais constituíam uma parte essencial da alimentação. Contudo, com a modificação dos hábitos alimentares e a refinação dos produtos agrícolas verificou-se uma diminuição do consumo das mesmas.

Os produtos hortofrutícolas constituem também uma boa fonte de fibra alimentar. Neste sentido, no caso dos frutos é importante o seu consumo na forma completa (fruto inteiro ou polpas).

2.3. Classificação e Características

A classificação das fibras alimentares totais pode ser realizada de acordo com a sua estrutura, a sua solubilidade em água e em relação ao seu grau de utilização (fermentação bacteriana) no organismo humano (Mendes, 2011) .

As cadeias laterais ou ramificações da estrutura básica, quando presentes, são responsáveis pela solubilidade das fibras alimentares, que podem ser divididas em: fibras alimentares solúveis (FS) e fibras alimentares insolúveis (FI), conjunto que constitui a fibra alimentar total (FT).

Esta classificação é muito útil para a compreensão das propriedades fisiológicas das fibras alimentares. Estabelece uma divisão simples entre aquelas que têm efeitos principalmente na absorção de glucose e de lípidos no intestino delgado, as quais são facilmente fermentadas por bactérias no cólon (fibras solúveis) e aquelas que não são fermentadas, ou o são incompletamente, tendo efeitos mais pronunciados nos hábitos intestinais (fibras insolúveis). (Tate e Lyle, 2008)

As fibras solúveis representam aproximadamente um terço das fibras alimentares totais ingeridas com a dieta típica. Entre elas estão as pectinas, algumas hemiceluloses ou pentosanas, amido resistente e mucilagens. A maior parte das fibras solúveis são polímeros de cadeia longa, que se dissolvem ou dispersam formando um gel na presença de água, sendo também conhecidos como hidrocoloídes. Estes são utilizados como estabilizantes de emulsões, na suspensão de partículas, no controlo de cristalização, no encapsulamento e na formação de filmes. A sua utilização nos alimentos é devidamente regulada: nos Estados Unidos pelo FDA (*Food and Drug Administration*), organismo que fiscaliza as substâncias alimentares (aditivos, ingredientes ou suplementos), e medicamentos, classificando-os ou não como substâncias GRAS (*Generally Recognized As Safe*); na Europa cabe à EFSA (*European Food Safety Authority*), pronunciar-se sobre a segurança de consumo destas e de outras substâncias alimentares.

Devido à sua solubilidade, ao formarem um gel no intestino, dificultam a absorção de compostos tais como, por exemplo, os glúcidos simples, os lípidos e o colesterol. Deste modo, a absorção destes compostos é mais lenta, o que tem como resultado que a glicemia se mantenha em níveis constantes. Além disso, vão ajudar também no combate a níveis elevados de colesterol e na redução dos riscos de cancro do cólon.

As principais fontes de fibra solúvel nos alimentos são as leguminosas (feijão, lentilha, soja, ervilha, grão-de-bico), as sementes de cereais e os seus farelos (aveia,

cevada, arroz, centeio, milho, trigo), as frutas (maçã, pêra, laranja e banana) e alguns hortícolas tais como a cenoura e a couve-flor.

As fibras insolúveis incluem componentes estruturais da parede celular das plantas, como a lenhina, a celulose e algumas hemiceluloses. Estas têm como principal função regular o tempo de permanência e trânsito intestinal no organismo, o que se deve ao facto de absorverem água ajudando o funcionamento do intestino e protegendo-o. As principais fontes deste tipo de fibras são os farelos de cereais, os grãos integrais de cereais, os frutos secos, as frutas quando ingeridas com casca e hortícolas.

2.4. Benefícios/Importância na saúde

As fibras alimentares têm ocupado uma posição de destaque devido aos resultados divulgados em estudos científicos, os quais demonstram a sua acção benéfica no organismo e a relação entre a ingestão em quantidades adequadas e a prevenção de doenças. Este facto demonstra como estas são essenciais à saúde (Tate e Lyle, 2008).

Nos anos 50 do século passado, alguns investigadores começaram a notar que em civilizações não submetidas aos processos de industrialização de alimentos os casos de obstipação intestinal eram raros ou inexistentes.

O interesse que existe hoje em dia na relação entre a ingestão de fibra alimentar e o risco de contrair doenças deveu-se a dois médicos ingleses, Dr. Dennis Parsons Burkitt e Dr. Hugh Carey Trowell. Estes desenvolveram estudos em África na década de 70, onde descobriram que os nativos não conheciam as doenças gastrointestinais (prisão de ventre, diverticulite, diverticulose) e outras doenças como cancro do colón, obesidade, doenças cardiovasculares e diabetes, o que atribuíram ao facto de praticarem uma alimentação rica em cereais integrais, frutas e hortícolas. (Callegaro, 2005)

Os alimentos ricos em fibra têm sido estudados com o objectivo de melhorar a qualidade nutricional e funcional das dietas. A quantidade indicada pelos EUA como adequada a ingerir diariamente varia consoante o sexo e a idade. No caso dos homens com uma idade compreendida entre os 19 e 50 anos deve ser de 38g por dia e com mais de 50 anos deve ser de 30g por dia. No caso das mulheres entre os 19 e 50 anos recomenda-se a ingestão de 25g por dia e com uma idade superior a 50 anos de 21g por dia. Para alcançar esses valores é de extrema importância a informação nutricional presente nos rótulos, como apresentado na figura 1 (Wilson, 2009).

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção de 25 g (2 colheres de sopa)		
Quantidade por porção		% VD (*)
Valor energético	93 kcal = 391 kJ	5%
Carboidratos	20 g	7%
Proteínas	2,4 g	3%
Gorduras totais	0 g	0%
Gorduras saturadas	0 g	0%
Gorduras trans	não contém	**
Fibra alimentar	1,1 g	4%
Sódio	25 mg	1%

*% Valores diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas. ** VD não estabelecido.

Figura 1 - Rótulo de embalagem

Fonte: nestle.com.br

Apesar das diversas acções benéficas das fibras no nosso organismo, é desaconselhável o consumo excessivo pois pode interferir negativamente na absorção de minerais, especialmente de cálcio e zinco (Wilson, 2009).

3 Métodos de doseamento da fibra alimentar

A análise laboratorial de alimentos processados é utilizada não só para a sua caracterização, mas também quando se pretende verificar a eficiência do processo ou até mesmo comparar diferentes processamentos. Através de análises químicas pode-se verificar o efeito que o processamento exerceu nos constituintes dos alimentos.

O método clássico, utilizado inicialmente, consistia na determinação da fibra bruta (FB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN).

A fibra bruta é isolada através de digestão ácida e alcalina da amostra (método de Weende). A digestão ácida remove amidos, açúcares e parte da pectina e da hemicelulose dos alimentos. Por outro lado, a digestão básica retira proteínas, pectinas, hemicelulose remanescentes e parte da lenhina (Mertens, 2001). A FB consiste, assim, principalmente em celulose contendo pequenas quantidades de lenhina e hemicelulose. Este método tem como limitação, ou falha, entre outras, a solubilização de lenhina de forma imprecisa (Van Soest e Wine, 1968). O método de

determinação da FB foi substituído pelos métodos FDA e FDN visto estes serem mais precisos e passarem a ter maior utilização na investigação em nutrição de ruminantes.

A FDA dos alimentos inclui celulose e lenhina como componentes primários, além de quantidades variáveis de cinza e compostos azotados.

A FDN inclui celulose, hemicelulose e lenhina. O método original de determinação da FDN, descrito por Van Soest e Wine (1968), utiliza sulfito de sódio de modo a remover proteínas contaminantes desta fracção, quebrando ligações dissulfídicas e dissolvendo bastantes ligações de proteína (Mertens, 2001)

Os métodos analíticos de determinação da fibra têm vindo a sofrer alterações à medida que a definição de fibra alimentar evolui (IFST, 2007). Os actuais métodos preconizados para a determinação deste parâmetro vêm na sequência dos métodos desenvolvidos na década de 70 e que vieram a ser validados pela AOAC (Park e Antonio, 2006).

No que respeita à fibra alimentar, o seu doseamento é efectuado na caracterização de alimentos *in natura*, de alimentos processados e, ainda, de alimentos menos conhecidos, como sejam frutos ou vegetais exóticos típicos de regiões menos exploradas.

A informação nutricional de produtos industrializados, como flocos e cereais matinais, entre outros, é obrigatória no rótulo devendo incluir o teor de fibra alimentar presente. Este é um dos motivos que justifica o desenvolvimento de metodologias que facilitem a análise deste componente (Silva *et al.*, 2006). Uma outra razão deve-se ao facto de os materiais vegetais apresentarem diferente composição em fibra, sendo deste modo difícil recomendar um método universal.

Não existe um só método analítico que permita determinar todos os componentes da fibra alimentar. Como tal, os métodos e técnicas existentes complementam-se e têm vindo a ser estudados e melhorados com o objectivo de aumentar a sua precisão, rapidez e a diminuição de custos.

As metodologias adoptadas actualmente para a determinação dos diferentes componentes da fibra pode dividir-se em dois grupos fundamentais: métodos gravimétricos e métodos químicos. A determinação pode envolver tratamentos enzimáticos, no sentido de permitir uma análise mais completa, sendo estes métodos denominados por enzimático-gravimétricos e enzimático-químicos. Estes últimos incluem os métodos enzimático-colorimétricos e enzimático-cromatográficos (CG/HPLC). Quando não é efectuada a digestão enzimática, caso dos métodos não enzimático-gravimétricos, não se recupera, para a maioria dos alimentos, uma porção significativa do que é considerado fibra alimentar total (Lee, s/d).

As técnicas de fraccionamento (métodos enzimático-cromatográficos) em conjunto com os métodos colorimétricos permitem dosear grande parte dos componentes da fibra alimentar.

Estas diferentes metodologias devem ser avaliadas no que diz respeito às limitações do método a ser utilizado, precisão analítica, repetibilidade e ainda o custo.

A quantificação da fibra alimentar é importante uma vez que contribui para conhecer o valor nutricional da alimentação, detectar adulterações e ainda verificar a qualidade do produto.

No quadro 1 são referidos os métodos disponíveis para a determinação do teor de fibra alimentar e de seus constituintes nos produtos alimentares.

Quadro 1 - Principais métodos de análise da fibra alimentar e suas principais componentes

Nome do método	Tipo	Componentes da fibra
AOAC 985.29	Enzimático-gravimétrico	- Fibra Alimentar Total (inclui a lenhina)
AOAC 991.43	Enzimático-gravimétrico	- Fibra Alimentar Solúvel - Fibra Alimentar Insolúvel (inclui a lenhina e parte do amido resistente)
AOAC 991.42	Enzimático-gravimétrico	- Fibra Alimentar Insolúvel (em vegetais, frutos e grãos de cereais)
Método de Southgate	Colorimétrico Gravimétrico	- Polissacarídeos não celulósicos solúveis e insolúveis - Celulose - Lenhina
Método de Englyst	Cromatográfico (GC)	- Polissacarídeos não amiláceos (não inclui a lenhina, nem o amido resistente)
Método Uppsala	Enzimático-químico	- Fibra Alimentar Total
AOAC 994.13	Gravimétrico	- Lenhina
AOAC 995.16 AACC 32-33	Enzimático	- β -glucanas

Método de Englyst para amido resistente	Enzimático	- Amido resistente
AOAC 2002-02 AACC 37.42	Enzimático	- Amido resistente - Fibra de algas
AOAC 999.03	Enzimático-colorimétrico	- Frutanas
AOAC 997.08	Enzimático e HPLC (troca iónica)	- Inulina - Frutooligosacarídeos (FOS)
AOAC 2000.11	HPAEC-PAD	- Polidextrose
AOAC 2001.02	HPAEC-PAD	- Galactooligosacarídeos (GOS)
AOAC 2001.03	Enzimático-gravimétrico e HPLC	- Fibra Alimentar Total (em alimentos contendo maltodextrinas resistentes)
AOAC 2009.01	enzimático-gravimétrico e HPLC	- Fibra Alimentar de elevada massa molecular (incluindo o amido resistente) - Fibra Alimentar Solúvel de pequena massa molecular (inulina, FOS, GOS, polydextrose, maltodextrinas resistentes,...)
AOAC 2011.25	Enzimático-gravimétrico e HPLC	- Fibra Alimentar Insolúvel de elevada massa molecular (incluindo o amido resistente) - Fibra Alimentar Solúvel de elevada massa molecular - Fibra Alimentar Solúvel de pequena massa molecular

Fonte: Adaptado e actualizado de Mendes (2011)

Actualmente os métodos mais aceites pela comunidade internacional e as entidades reguladoras são os enzimático-gravimétricos. No caso de alimentos mais ricos em alguns componentes específicas de fibra, deve recorrer-se, em complemento, a métodos que permitam a determinação dos mesmos por via enzimática,

colorimétrica e cromatográfica, como é o caso dos métodos mais recentes AOAC 2009.01 e AOAC 2011.25.

.Os valores de fibra alimentar doseada em frutos pelo método da AOAC são apresentados no quadro 2. Verifica-se que os frutos são uma excelente fonte de fibra alimentar e que a maçã regista maior teor de fibra alimentar total com a componente insolúvel bastante superior à solúvel. O mesmo não acontece na manga, e especialmente na banana, que possuem teores muito semelhantes para ambas as componentes.

Quadro 2 - Teores de fibra alimentar total, insolúvel e solúvel em frutos

Produto	Método	FIBRA ALIMENTAR		
		Total	Insolúvel	Solúvel
Banana	Enzimático-gravimétrico (AOAC 1988)	1,8	1,1	0,7
Maçã		3,2	2,3	0,9
Manga		2,0	1,0	1,0

Fonte : Adaptado de Ramulu e Rao (2003)

No quadro 3 apresentam-se os resultados do estudo comparativo da determinação do teor de fibra alimentar pelos métodos AOAC e Englyst em frutos, leguminosas e também cereais processados. Observa-se que os valores obtidos pelo método AOAC (1988) são superiores aos resultantes de aplicação do método de Englyst.

No caso de alguns produtos de cereais processados, as diferenças entre os métodos poderiam ser maiores que as observadas, devido à presença de quantidades variáveis de amido resistente.

Quadro 3 - Valores de fibra doseados em alimentos através do método da AOAC e de Englyst

Produto	Fibra alimentar	
	(1) AOAC	(2) Englyst
	(g/100g)*	(g/100g)
Maçã (com casca)	2,0	1,6
Banana	1,9	1,1
Cenoura (cozida)	3,1	2,5
Feijão (cozido)	4,2	3,7
Repolho	2,0	1,8
Pão branco	2,0	1,5
Pão preto	4,5	3,5
Pão integral	7,5	5,8

*exclui frutanas

Fontes: (1) Spiller (1993); (2) McCance e Widdowson (1991).

As diferenças encontradas para os dois métodos explicam a recomendação da JFSSG (*Joint Food Safety and Standards Group – UK*), em Agosto de 1999, de que a RDA (*Recommended Dietary Allowance*) para fibra alimentar, determinada pelo método AOAC, deveria ser de 24 g, substituindo o valor anterior de 18 g, estabelecido com base no método Englyst. (IFST, 2007) Em 2000 seguiu-se a recomendação de que o procedimento de referência para a análise de fibra alimentar passasse a ser um método internacional AOAC. Os métodos enzimático-gravimétricos mais utilizados são os métodos AOAC 985.29 ; 991.43 e 991.42.

O método de Southgate (1969) foi utilizado durante muitos anos, estando os resultados incluídos em trabalhos padrão sobre informação nutricional tal como o de McCance e Widdowson (1991). É uma técnica de fracionamento que isola a maior parte dos componentes da fibra dos cereais, como a celulose, a hemicelulose e a lenhina. Tem como desvantagem o facto de ser demorado. (Baker, 1977)

O método desenvolvido por Englyst *et al* (1992) determina a fibra alimentar correspondente aos polissacarídeos não-amiláceos (NSP – Non Starch Polysaccharides) estando também os seus resultados em McCance e Widdowson. Este método é complicado não sendo portanto utilizado em análises de rotina.

O método de Uppsala determina a fibra alimentar total como a soma dos resíduos de açúcar neutro, resíduos de ácido urónico e lenhina em matérias-primas e produtos alimentares. É aplicável em cereais e produtos hortícolas. (AACCI, 11th edition).

Em Agosto de 1999, a JFSSG aceitou o papel do amido resistente e da lenhina na fibra alimentar e recomendou a adopção do método AOAC 991.43 como método oficial do Reino Unido para a determinação de fibra alimentar. O método AOAC 997.08 é utilizado na determinação de frutanas desde que estas passaram a ser aceites como componentes da fibra alimentar.

Os diversos métodos analíticos anteriormente referidos deram origem a diferentes resultados. Por exemplo, o método de Englyst determina NSP e pode ser dividido em fibra alimentar insolúvel e solúvel. Os resultados obtidos através do método de Southgate são geralmente mais elevados que os determinados pelo método de Englyst, principalmente em alimentos ricos em amido (IFST, 2007).

O método enzimático-gravimétrico AOAC 985.29 (AOAC 1990) tem sido adoptado por agências governamentais de vários países para análise rotineira da rotulagem nutricional, uma vez que é simples e barato. Este quantifica a fibra alimentar total, contudo os valores obtidos por este método em alguns alimentos são superiores aos obtidos através de métodos enzimático-químicos e não possibilita a quantificação de alguns componentes da fibra alimentar. Particularmente, a etapa de precipitação com etanol exclui muitos oligossacáridos não digestíveis e solúveis em água, frutanas e polidextrose (AACC, 2001). Em complemento a este método é utilizado o método AOAC 991.42 para a determinação da fracção da fibra alimentar insolúvel.

4. Produtos hortofrutícolas como fonte de fibra

Os hortofrutícolas desempenham um papel muito importante na nossa alimentação. São fontes naturais de nutrientes especialmente vitaminas e sais minerais, fornecendo também fibras e outros nutrientes que contribuem para a prevenção de doenças. Os teores de fibra total (FT) de diversos hortofrutícolas, estão indicados no quadro 4.

Recomenda-se a ingestão de 3 a 4 porções de fruta por dia (Quinato *et al.*, 2007). O consumo adequado destes produtos deve corresponder à proporção de 3:1 entre fibra insolúvel e fibra solúvel (Figueiredo *et al.*, 2005).

Estas fibras não são digeridas pelas enzimas produzidas pelo organismo humano e têm extrema importância para a nossa saúde, conforme já referido.

Quadro 3 - Teores de fibra alimentar total (FT) de alguns produtos hortofrutícolas

Frutos/Hortícolas	FT (g/100g)
Maçã	1,9
Banana	3,1
Ananás	1,2
Pêra	2,2
Couve	2,4
Beterraba	2,6
Abóbora	0,7

Fonte: Porto e Oliveira (2006)

Os produtos hortofrutícolas podem ser apresentados ao consumidor sob formas muito diversas, e com diferentes graus de transformação. A procura de alimentos de elevada qualidade que exijam menor tempo de preparação levou ao desenvolvimento de produtos de conveniência, prontos a consumir, preservados por métodos de conservação aplicados em baixa intensidade, que assegurem as características de frescura (Simões, 2010).

5. Polpas de fruta

5.1. Definição e Mercado

A maioria das frutas é composta por um teor de água superior a 80%. Tiram a sede, hidratam o organismo, alimentam e dão prazer, como o de “comer um doce”. Os açúcares nelas contidos, como sacarose, glucose e frutose, são uma fonte de energia e de fácil digestão.

Outros elementos importantes da composição destes produtos são os sais minerais e as vitaminas. As proteínas e os lípidos estão presentes em pequenas quantidades, excepto em casos especiais, como o abacate, rico em óleo.

As frutas são consideradas alimentos funcionais por serem portadoras de propriedades medicinais, estimulantes de funções gástricas e desintoxicantes do organismo.

Com raras excepções, as frutas podem ser consumidas ao natural. Contudo, como em geral a sua produção excede a capacidade de consumo nesse estado, estas podem ser utilizadas depois de submetidas a um processo de conservação ao natural, de transformação industrial (ex.: polpas, sumos, doces, conservas) ou de secagem.

A polpa de fruta é um produto não fermentado e não diluído obtido de frutos polposos através de um processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto.

Existem dois tipos de polpa de fruta: polpa de fruta simples e polpa de fruta mista, conforme são originadas a partir de um único tipo de fruta ou de dois ou mais tipos de frutas, respectivamente. No caso da polpa de fruta simples a designação "simples", no rótulo, será opcional enquanto que no caso da polpa de fruta mista, os nomes das frutas deverão ser referidos na mesma dimensão da designação "polpa mista".

Na polpa de fruta mista a composição percentual mínima de cada polpa que constitui o produto deverá ser mencionado no rótulo.

A polpa de fruta deverá ser obtida de frutas frescas, sãs e maduras e apresentar características físicas, químicas e organolépticas do fruto. Poderão ser adicionados acidulantes, como reguladores de acidez, conservantes químicos e corantes naturais, nos mesmos limites estabelecidos para sumos de frutas (Moraes, 2006).

O rótulo da polpa de fruta não poderá apresentar desenhos ou figuras de outros tipos de frutos não presentes na composição da polpa e quando não são adicionados conservantes químicos poderá trazer no rótulo a expressão: "sem conservante químico" (Moraes, 2006).

A polpa de fruta é um produto bastante utilizado em determinados segmentos, como por exemplo, nos produtos lácteos. Existem três tipos de processos para a sua conservação a polpa congelada (sem tratamento térmico); a polpa pasteurizada e armazenada sob refrigeração e a polpa esterilizada, a qual pode ser armazenada à temperatura ambiente. Podem ser comparados em termos de qualidade e consoante os critérios de armazenamento e tempo de prateleira.

A diferença entre os vários processos reflecte-se, nomeadamente, no custo de transporte e armazenamento. O produto fabricado pelo processo de esterilização apresenta o custo mais baixo, pois não é necessário o uso da cadeia de frio para transporte e armazenamento.

5.2. Preparação e conservação de polpas de fruta

A preparação de polpas de fruta depende da espécie, da variedade e das características físicas. Trata-se de produtos obtidos por processos físicos que podem envolver operações de trituração e/ou concentração. A operação de concentração é normalmente levada a cabo pelo calor, podendo também ser efectuada por tecnologia de membranas. As polpas de fruta podem ser utilizadas para consumo directo ou na preparação de sumos, de doces e geleias ou outros derivados.

As polpas de fruta, mesmo as mais concentradas, não apresentam poder de conservação, pelo que após a preparação é sempre necessária uma operação de conservação. A conservação pode ser pelo calor (pasteurização), pelo frio (refrigeração ou congelação), por altas pressões hidrostáticas ou com a utilização de conservantes.

Na Figura 2 apresenta-se um esquema simplificado de preparação de polpas de fruta.

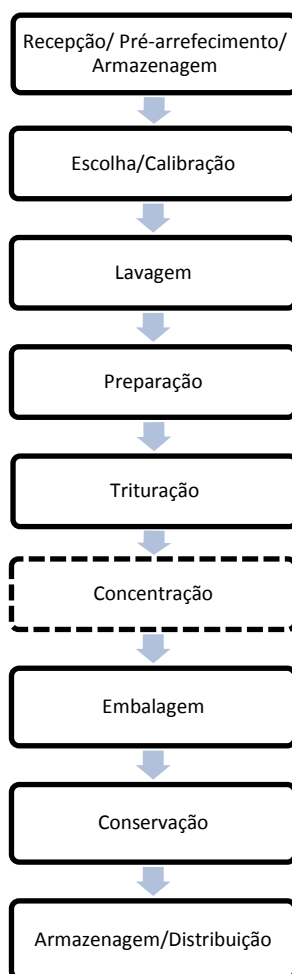


Figura 2 - Diagrama de preparação das polpas de fruta

6. Produtos minimamente processados

6.1. Definição e Mercado

O conceito de alimentos minimamente processados é relativamente recente, tendo estes produtos alcançado uma importância apreciável dentro do mercado de produtos em fresco. A sua introdução no mercado deu-se nos EUA por volta dos anos 70 e na Europa no início da década de 80 do século XX, com o desenvolvimento dos alimentos refrigerados.

Produtos hortofrutícolas minimamente processados, também denominados de frescos cortados ou produtos da IV Gama, são todos aqueles que sofreram alterações físicas na sua forma original, mantendo no entanto as características de frescura e qualidade do congénere inteiro. Podem ser constituídos por frutos e vegetais frescos sujeitos a operações de lavagem, descasque e corte que os tornam produtos de conveniência, encontrando-se prontos a consumir, sendo que o processo tecnológico a que foram sujeitos permite ainda manter uma elevada qualidade sensorial e nutricional (Barros, 2007).

Estes são altamente perecíveis pois grande parte da sua área superficial encontra-se sem epiderme e como tal desprotegida. Dessa forma, a temperatura, a atmosfera, a humidade relativa e as condições de higiene devem ser controladas de modo a manter a qualidade do produto (Figueiredo *et al.*, 2005).

A evolução do mercado alimentar, influenciada de forma determinante pelas orientações do consumidor actual, direccionou-se para o aumento da consciencialização de uma alimentação saudável e para o factor conveniência. Ao longo dos últimos anos têm surgido diversas definições de processamento mínimo e de produto minimamente processado, contudo todas elas são unânimes quando referem a coexistência dos atributos de conveniência e de carácter em fresco (Vasconcelos, 2005).

Entre os hortofrutícolas minimamente processados (HMP), os produtos hortícolas apresentam uma posição privilegiada relativamente aos frutos no mercado. Esta discrepância é justificada nomeadamente pela maior dificuldade no processamento dos frutos, a sua natureza sazonal e maiores dificuldades de conservação que lhes são características (Simões, 2010).

6.2. Processamento

A obtenção dos produtos minimamente processados envolve diversas operações unitárias, tal como é possível observar na figura 3.

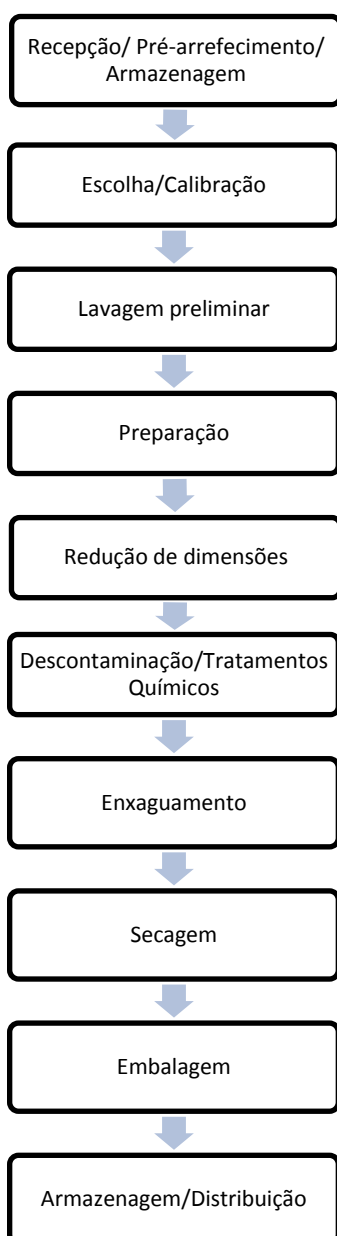


Figura 3 - Diagrama de processamento dos produtos minimamente processados.

Fonte: Adaptado de Abreu (2009)

A nível industrial, o *layout* fabril deverá permitir a existência de duas zonas de laboração distintas, a “zona de preparação” e a “zona branca”. Na primeira zona são realizadas as operações iniciais de escolha, calibração e lavagem preliminar. Após estas operações entramos na segunda área, que deve obedecer a rigorosas normas de higiene e limpeza. As operações de descasque e corte têm por objectivo garantir a forma e dimensão adequadas do produto. Segue-se a etapa de descontaminação, que, a nível industrial, é normalmente realizada pela imersão do produto em água clorada refrigerada.

A descontaminação é uma etapa fulcral no processo pois durante as operações de descasque e corte, a superfície dos produtos é exposta ao ar e conseqüentemente à contaminação com bactérias, fungos e leveduras. Entre os frutos e os hortícolas existe uma diferença na susceptibilidade à degradação microbiológica. De realçar que muitos destes produtos serão consumidos sem qualquer outro processamento.

Os produtos hortícolas caracterizam-se por apresentarem cargas microbianas superiores e também valores relativamente mais elevados de pH (4,5 – 6,0), os quais estão associados a humidade elevada e grande número de superfícies cortadas, com conseqüente libertação de nutrientes. Estas características permitem o desenvolvimento de uma grande diversidade de microrganismos, sendo o controlo da temperatura de armazenamento, que deverá ser inferior a 8 – 10 °C, fundamental para evitar este desenvolvimento.

As principais fontes de contaminação por microrganismos patogénicos dos produtos minimamente processados são, em primeiro lugar, as próprias matérias-primas que em contacto directo com o solo podem possuir uma carga microbiana elevada, normalmente composta por *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus* e *Listeria monocytogenes*. Pode também verificar-se contaminação durante as operações de processamento, através dos operadores responsáveis pelo manuseamento do produto ou por descontaminação deficiente dos equipamentos e ambiente fabril, estando estes casos associados ao desenvolvimento de *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli* e *Campylobacter*. Adicionalmente existe uma vasta gama de microrganismos que, embora não seja patogénica e não apresente qualquer problema para a saúde do consumidor, é responsável pela degradação do produto reduzindo assim o seu período de vida útil (Barros, 2007).

A lavagem/descontaminação dos produtos minimamente processados apresenta-se assim como um ponto crítico na produção de hortofrutícolas IV gama, visto ser a única fase do processo capaz de reduzir o número de microrganismos responsáveis pela perda de qualidade.

O método mais divulgado, e utilizado desde há várias décadas na indústria, na descontaminação de frutos e hortícolas consiste na utilização de cloro, na sua forma elementar ou sob a forma de hipoclorito, em soluções com concentração de 50 – 200 ppm durante um período de 1 – 2 minutos (Beauchat, 1998; Parish *et al.*, 2003). Contudo, diversos factores podem reduzir a eficácia do cloro pois a actividade letal depende da quantidade de ácido hipocloroso, forma com maior poder bactericida, e consequentemente do pH e da temperatura da solução.

A dissociação deste ácido é favorecida a baixa temperatura e pH pelo que a solução deverá ter um pH entre 6 e 7,5 e encontrar-se a temperatura inferior a 10 °C. Todavia tratamentos de descontaminação com cloro mostraram não ser eficazes na redução da população inicial de microrganismos em mais de 1 ciclo logarítmico em alface e cenoura, entre outros (Nguyen-the e Carlin, 1994; Delaquis *et al.*, 2004; Ruiz-Cruz, 2007).

Por outro lado, é hoje conhecido que o cloro pode não oxidar completamente a matéria orgânica e pode originar subprodutos como o clorofórmio e outros trihalometanos ou ainda cloroaminas, compostos com acção tóxica e potencialmente carcinogénica (Suslow, 2003; Rico *et al.*, 2007). Torna-se, assim, necessário o desenvolvimento de metodologias que apresentem maior eficácia que os tratamentos com cloro e que, em simultâneo, não representem perigo para o consumidor e o ambiente (Asp *et al.*, 1983).

Após a etapa de descontaminação, se esta for efectuada com solução de hipoclorito é indispensável posterior enxaguamento e remoção do excesso de água.

Por último, a operação de embalagem faz parte do processo de conservação, uma vez que protege os produtos e contribui para a criação ou manutenção de uma atmosfera modificada.

Esta separação relaciona-se com os padrões de higiene muito estritos, e sujeitos a um controlo rigoroso, exigidos nas salas “brancas”, na medida em que os hortofrutícolas cortados são muito vulneráveis a diferentes tipos de degradação.

O controlo da temperatura ao longo de toda a cadeia é de extrema importância. O processamento deve, deste modo, ser efectuada numa sala refrigerada (8 -12°C) e o produto acabado deve ser armazenado e transportado sob condições de refrigeração (< 4°C), que deverão ser mantidas ao longo de toda a cadeia de distribuição.

6.3. Efeitos do *stress* abiótico na composição dos vegetais

Um *stress* abiótico corresponde à acção de factores de natureza não biológica, como a luz, a temperatura, o descasque, a redução de dimensões, a radiação, entre outros, que em condições extremas são responsáveis por desencadear, nos produtos vegetais, diferentes mecanismos de defesa (Simões, 2010). Este é geralmente definido como um factor ambiental potencialmente desfavorável aos organismos vivos (Hodges e Toivonen, 2008).

Os sistemas vegetais quando expostos a um tipo de *stress* abiótico reforçam a actividade de defesa através da biossíntese de substâncias protectoras. A aplicação controlada de *stresses* abióticos pode aumentar a componente bioactiva dos vegetais, o que, para o actual padrão de consumidor, constitui um factor de qualidade.

Tratamentos de *stress* abiótico controlado pós-colheita, tais como: tratamentos térmicos moderados (TTM), fito-hormonas, radiação ultravioleta (UV-C: 100-280 nm), exposição a atmosferas modificadas, podem ser aplicados a frutos e hortícolas frescos com o objectivo de induzir a síntese de determinados compostos activos e/ou diminuição da síntese de compostos indesejáveis.

O teor de fibra pode sofrer uma redução durante o processamento, nomeadamente com a remoção da casca e do pedúnculo. Alguns estudos sugerem também que o processamento térmico pode provocar uma alteração na solubilidade da fibra, tal como em outras propriedades físico-químicas (Rickman *et al.*, 2007).

A maioria dos estudos analisando a fibra bruta e a fibra alimentar indicam não ocorrerem alterações consideráveis na fibra bruta ou na fibra alimentar, após a embalagem e congelação; contudo o processo de embalagem resulta numa perda significativa de fibra nos vegetais sujeitos a separação física. (Rickman *et al.*, 2007).

As alterações na fibra durante o processamento, armazenamento e confecção parecem ser mínimas para os frutos inteiros e legumes. Em contrapartida os produtos sem casca ou camadas exteriores removidas contêm teores inferiores de fibra comparativamente aos não transformados (Rickman *et al.*, 2007)

A estabilidade da fibra durante o armazenamento depende do produto. Em geral, os frutos e vegetais frescos, congelados e embalados contêm um teor de fibra total semelhante (Rickman *et al.*, 2007).

6.3.1. Redução de dimensões

Entre as operações de redução de dimensões destacam-se o corte, a raspagem e a ripagem. A redução de dimensões depende de dois factores: a apresentação que se pretende para o produto final e o tipo de estrutura vegetal em preparação. Deste modo, se a estrutura vegetal a preparar for formada por folhas, como no caso da couve, da alface ou do espinafre, estas podem ser sujeitas a processos de corte ou ripagem. No caso de raízes e caules subterrâneos, como a cenoura, a beterraba, a cebola ou a batata, podem ser cortados em cubos, palitos, fatias, lâminas ou serem ralados. Frutos como, por exemplo, o pepino ou o tomate sofrem os mesmos processos de redução de dimensões que as raízes e os caules subterrâneos.

A redução de dimensões constitui uma operação delicada, uma vez que é nesta fase que os vegetais sofrem maiores danos mecânicos, contribuindo assim para o aumento da actividade enzimática e microbiana. Estes danos mecânicos têm como consequência a destruição da integridade das células vegetais e colocam em contacto substratos e enzimas endógenas, acelerando processos degradativos tais como oxidações e hidrólises. Uma vez que a actividade da água nos produtos hortofrutícolas é elevada, logo que a enzima e o substrato entram em contacto verifica-se rapidamente a ocorrência de reacções de catálise enzimática.

As diferentes reacções de oxidação, catalisadas por oxirredutases, são responsáveis pelo escurecimento das zonas de corte, o que constitui um defeito nos vegetais minimamente processados. A oxidação de substratos fenólicos é catalisada pelas polifenoloxidasas na presença de O_2 resultando na formação quase instantânea de melaninas.

No que respeita às reacções de hidrólise, o seu efeito faz-se sentir sobretudo na estrutura dos tecidos vegetais. Têm lugar reacções de despolimerização ou desmetoxilação das pectinas. Pode ainda ocorrer a degradação da membrana lipídica pela lipoxigenase e lipase. A degradação de substâncias lipídicas, catalisada pela lipoxigenase, leva à libertação de hidroperóxidos, os quais estão relacionados com a senescência e a indução do escaldão (Feys *et al.*, 1980).

O aumento da actividade enzimática pode ainda conduzir à acumulação de metabolitos. Por exemplo, e segundo Wong *et al.* (1994), citado por Moldão e Empis, (2012), no tubérculo das batatas cortadas verifica-se uma acumulação de glicoalcalóides.

Por outro lado, em resposta ao descasque, ou seja, à remoção da camada exterior de protecção ocorre a lenhificação do hortofrutícola, especialmente em cenouras descascadas por abrasão. A lenhificação está directamente relacionada com a severidade do processamento e com a sensibilidade da estrutura do produto (Henriques, 2009).

6.3.2. Tratamento Térmico Moderado

A aplicação de tratamentos térmicos (TT) moderados tem sido um método utilizado para induzir modificações fisiológicas e alterar as características físico-químicas dos vegetais durante o período pós-colheita.

Os tratamentos baseiam-se na aplicação de calor por imersão dos produtos em água, por corrente de vapor ou por corrente de ar quente e seco. A gama de intensidade térmica aplicada, com efeitos benéficos na retenção de factores da qualidade, é bastante diversificada e variável em função do tipo de hortofrutícola. Estes tratamentos geralmente envolvem a aplicação moderada de calor, incluindo quer a utilização de temperaturas entre 30 e 50°C para uma gama alargada de tempos de tratamento (de segundos a horas), quer de valores de temperatura da ordem dos 95°C durante segundos. A multiplicidade de regimes tempo-temperatura possíveis é limitada pela promoção dos efeitos pretendidos na qualidade dos produtos, sem induzir danos pelo calor. As respostas fisiológicas dependem de diversos factores: cultivar, local de produção, práticas agrícolas e estado de maturação (Abreu, 2009).

No caso dos hortofrutícolas inteiros estes tratamentos têm por objectivo o controlo do desenvolvimento de doenças no período pós-colheita, causadas por bolores e infestação de insectos, permitindo deste modo a manutenção de qualidade, sem recurso a substâncias químicas.

No processamento mínimo de hortofrutícolas, a aplicação destes tratamentos tem também demonstrado um efeito positivo na manutenção da qualidade do produto, principalmente devido à capacidade de minimizar a degradação da cor e da firmeza, revelando-se uma ferramenta para o prolongamento do período de vida útil dos HMP. Existem diversos estudos que evidenciam estes efeitos em diferentes produtos, entre os quais, pêra (Abreu *et al.*, 2003), kiwi (Beirão-da-Costa *et al.*, 2006), cenoura (Alegria *et al.*, 2010; Klaiber *et al.*, 2005; Gómez-Galindo *et al.*, 2005; Howard *et al.*, 1994), tomate (Saltveit, 2005) e alface (Saltveit, 2000). Os mecanismos fisiológicos que fundamentam os benefícios destes tratamentos assentam em processos de

adaptação a nível celular, em resposta à exposição à condição de *stress* causada pelo calor. A alteração e/ou interrupção temporária das vias metabólicas normais abrange a síntese proteica, a síntese de etileno, a actividade respiratória e a inactivação de enzimas relacionadas com a perda de qualidade.

Em geral, após o tratamento verifica-se uma diminuição da taxa respiratória comparativamente aos produtos não tratados. Segundo Alegria *et al.* (2010) verifica-se uma taxa respiratória de CMP (cenoura minimamente processada) em virtude da aplicação de um TT (100°C / 45s) na raiz inteira descascada. Contudo esse efeito pode ser reversível após o retorno dos produtos à temperatura ambiente.

A interrupção da actividade respiratória desencadeada pela aplicação de calor foi justificada pela ocorrência, a nível mitocondrial, da opção pela via de transporte de electrões resistente ao cianeto em alternativa à via de fosforilação oxidativa. O que, por sua vez, indica que estes organelos estão associados aos processos de adaptação das plantas a diferentes factores de *stress* ambiental como forma de manter a homeostasia celular (Paull e Chen, 2000)

Segundo Howard *et al.* (1994) a aplicação de calor (99°C / 45 s) mostrou ser eficiente no controlo do embranquecimento da CMP, inibindo a formação de lenhina, bem como a actividade das enzimas relacionadas com a síntese da mesma.

Relativamente ao efeito de descontaminação microbiana deste tratamento, a imersão de cenoura inteira em água quente (100°C) durante 45 segundos demonstrou uma descontaminação satisfatória deste produto preservando, deste modo, as características em fresco da CMP (Alegria *et al.*, 2010)

6.3.3. Tratamento Ultravioleta

A utilização de radiação artificial ultravioleta não ionizante de comprimento de onda entre 200 – 280 nm (UV-C) apresenta-se como uma metodologia de tratamento com potencialidade na descontaminação de hortofrutícolas minimamente processados. Para além do reduzido custo associado à sua utilização não deixa qualquer resíduo no produto final, indo assim ao encontro das expectativas do consumidor. A sua acção letal sobre os vários microrganismos relaciona-se com a absorção da radiação e consequente dimerização das cadeias de ADN, bem como a inibição da transcrição e tradução celular (Morgan, 1989; Sastry *et al.*, 2001; Ohlsson, 2002).

São inúmeras as evidências que sugerem a eficiência deste tratamento na inactivação microbiológica quer em líquidos (Koutchma, 2009; Selma *et al.*, 2008), quer em superfícies de sólidos (Gardner e Shama, 2000) e na descontaminação de

frutos minimamente processados (Schenk *et al.*, 2008). Contudo, esta radiação não tem capacidade de penetração actuando apenas à superfície do alimento.

A fonte de UV_C mais utilizada é a lâmpada de descarga em vapor de mercúrio a baixa pressão (Schenk, 1987, citado em Sharma e Alderson, 2005) programado para emitir uma radiação com 254 nm. A distância entre a fonte UV e o material exposto, o tempo em que o objecto permanece no campo de exposição e o comprimento de onda da radiação são factores que determinam a dose de radiação aplicada.

O aproveitamento da radiação UV_C para aumentar a composição em compostos bioactivos dos produtos HF é relativamente recente. Em morangos, este tratamento conduziu ao aumento do teor de antocianinas, compostos fenólicos com capacidade antioxidante (Erkan *et al.*, 2008). Segundo Alothman *et al.* (2009), este tipo de radiação levou ao aumento do teor de compostos fenólicos e de flavonoides em frutos tropicais minimamente processados. Foram registados resultados semelhantes por González-Aguilar *et al.* (2007) em manga cv. Haden.

Muitos dos efeitos induzidos pela luz UV_C em sistemas vivos mostram ser parcialmente, e até mesmo totalmente, reversíveis em alguns casos, após uma posterior exposição a uma radiação de maior comprimento de onda, por exemplo UV_A ou visível (Shama, 2007). Este fenómeno, primeiramente descrito por Kelner (1949), citado em Shama, 2007, e mais tarde denominado por “fotorreactivação” ou “fotorreversibilidade”, consiste na activação do processo de reparação do ADN por intermédio de enzimas.

Embora este tratamento apresente benefícios, existem indícios de que a aplicação de baixas radiações de UV podem igualmente prejudicar a qualidade dos HF (Shama e Alderson, 2005). Alguns dos efeitos indesejáveis são a descoloração, por exemplo da pele do tomate (Liu *et al.*, 1993) e o escurecimento e secagem de tecidos, como acontece no caso dos cálices de morangos (Marquenie *et al.*, 2002, citado por Shama, 2007).

7. Materiais e Métodos

Como referido anteriormente, o objectivo do presente estudo consiste na implementação de uma metodologia de quantificação de fibra em produtos hortofrutícolas com algum processamento da IV e V gama.

7.1. Materiais

Foram analisadas formulações de polpas de frutos (maçã, ananás, banana e pêra) adicionadas ou não de vegetais (couve, abóbora e beterraba), bem como cenoura minimamente processada, resultante da aplicação de diferentes tipos de tratamentos. As características das amostras analisadas são detalhadas mais à frente (8.1 e 9.1).

Previamente à análise da fibra alimentar total e da fibra alimentar insolúvel, as amostras dos materiais em estudo foram submetidas a secagem em estufa a 105°C até massa constante, seguida de trituração em moinho (0,3-0,5 mm mesh).

7.2. Métodos Analíticos de Determinação de Fibra Alimentar

7.2.1. Fibra Alimentar Total

A determinação do teor de fibra alimentar total foi realizada tendo por base o método AOAC 985.29 (enzimático-gravimétrico), resultante do descrito por Prosky *et al.* (1985).

Segundo este método, os duplicados de cada amostra seca e moída (com um teor de gordura <10%) são submetidos a digestão enzimática, com o objectivo de promover a hidrólise do amido e das proteínas presentes na amostra. Numa primeira etapa procedeu-se à hidrólise do amido através da α -amilase, na etapa seguinte à hidrólise da proteína pela acção da protease e, por último à hidrólise da amilose por adição da amiloglucosidase. A fibra solúvel é precipitada com etanol 95%. O resíduo total é filtrado e sucessivamente lavado com etanol 78%, etanol 95% e acetona. Após secagem o resíduo é pesado. Um dos duplicados é usado para a determinação da proteína e o outro para a determinação da cinza.

Reagentes

- Etanol 95% (v/v)
- Etanol 78% (v/v)
- Acetona
- Tampão fosfato 0,08M, pH 6,0
- Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,275N
- Solução de ácido clorídrico (HCl) 0,325M
- TDF-100A Kit – Total Dietary Fiber Assay Kit (Sigma) – contendo as três enzimas necessárias à digestão enzimática da amostra (α -amilase termostável, protease e amiloglucosidase)
- Celite C-211, com lavagem ácida (Sigma)

Procedimento

O procedimento efectuado incluiu as etapas indicadas na figura 4, a seguir descritas.

▪ *Digestão enzimática:*

Pesou-se, em duplicado, 1g de amostra seca e moída, com a aproximação de 0,1 mg, que se transferiu para um copo de 400 mL ao qual se adicionou 50 de tampão fosfato (pH 6,0). Ajustou-se, sempre que necessário, o valor de pH a $6,0 \pm 0,2$. Adicionou-se 0,1 mL de α -amilase termoestável. Em seguida os copos foram tapados com folha de alumínio e colocados num banho de água termostaticado (Kotterman) a uma temperatura entre os 95°C e 100°C durante 30 minutos, com agitação a cada-5 minutos.

Após arrefecimento, até à temperatura ambiente, procedeu-se ao ajuste do valor de pH a $7,5 \pm 0,2$ por adição da solução de NaOH 0,275N e adicionou-se 0,1 mL a solução de protease previamente preparada (100 μ L de uma solução a 5% (m/v) de protease em tampão fosfato). Tapou-se novamente os copos com folha de alumínio e incubou-se durante 30 minutos a 60°C com agitação contínua.

Arrefeceu-se a solução, adicionou-se 10 mL da solução de HCl (0,325M) e mediu-se o pH, tendo sido feito o ajuste de modo ao pH final ser 4,0-4,6. Adicionou-se 0,3 mL de amiloglucosidase, tapou-se os copos com folha de alumínio e incubou-se durante 30 minutos a 60°C, com agitação contínua.

Por último, adicionou-se 280 mL de etanol 95% pré-aquecido a 60°C e deixou-se precipitar à temperatura ambiente durante 60 minutos.

- *Filtração e lavagem*

Pesou-se, com a aproximação de 0,1 mg, um cadinho de placa filtrante com porosidade 2, previamente lavado e incinerado em mufla durante 1h a 525°C, contendo cerca de 0,5g de Celite, e redistribuiu-se a mesma no cadinho com etanol 78%. Aplicou-se vácuo, com o auxílio de uma bomba de vácuo (Edwards High Vacuum, England) de modo a secar a Celite sobre a placa porosa do cadinho. Mantendo o vácuo, transferiu-se quantitativamente o precipitado da digestão enzimática da amostra para o cadinho.

O resíduo resultante da filtração foi sucessivamente lavado com três porções de 20 mL de etanol 78%, duas porções de 10 mL de etanol 95% e duas porções de 10 mL de acetona.

- *Secagem do resíduo e pesagem*

Procedeu-se à secagem do resíduo contido no cadinho, em estufa (Heraus), a 105° C até massa constante. Após arrefecimento em exsiccador, pesou-se o cadinho com o resíduo e a Celite, com a aproximação de 0,1mg, para determinar a massa do resíduo.

- *Determinação da proteína e da cinza da amostra*

Para o cálculo da fibra total é necessário conhecer o conteúdo em proteína e em cinza do resíduo de cada amostra, cuja determinação foi realizada conforme a seguir se refere.

A determinação da proteína foi efectuada num dos resíduos dos duplicados de cada amostra pelo método de Kjeldahl, usando 6,25 como factor de conversão do teor de N em proteína.

O outro resíduo, dos duplicados de cada amostra, foi usado na determinação da cinza, para o que foi incinerado em mufla a 525°C durante 5h, de seguida seco em exsiccador e pesado com a aproximação de 0,1mg.

- *Cálculo do teor de fibra alimentar total*

O teor de fibra alimentar total (FT) referente à matéria seca foi calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$FT (\%) = (\text{massa do resíduo} - \text{proteína} - \text{cinza} - \text{branco}) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

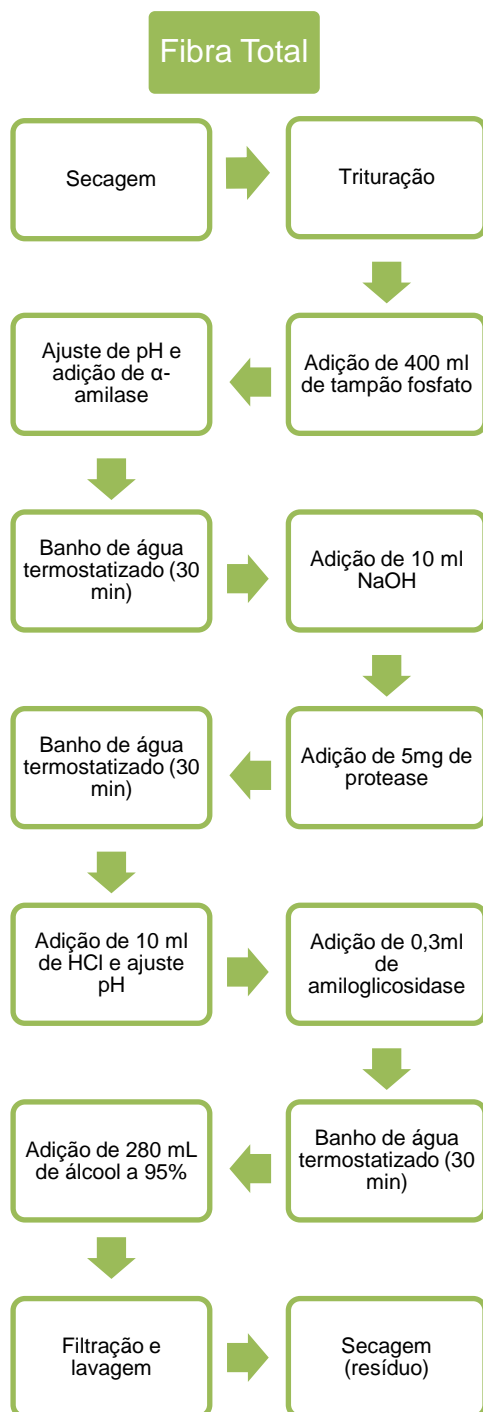


Figura 4 - Esquema de determinação de fibra alimentar total pelo método enzimático-gravimétrico AOAC 985.29.

7.2.2. Fibra Alimentar Insolúvel

A determinação do teor de fibra alimentar insolúvel baseou-se no método enzimático-gravimétrico AOAC 991.42. (AOAC, 1997), de cujo procedimento fazem parte as etapas indicadas na figura 5.

O procedimento é, em grande parte, idêntico ao descrito anteriormente para o doseamento da fibra total, mas com a diferença de a fibra solúvel não ser precipitada e ser removida da amostra por filtração e lavagem com água. O resíduo, é lavado com água, etanol 95% e acetona, e no final é submetido a secagem e pesado. Em cada amostra, o resíduo de um dos duplicados é usado para a determinação da proteína e o outro para a determinação da cinza.

- *Digestão enzimática*

Seguiu-se o procedimento anteriormente descrito para a determinação do teor de fibra alimentar total (ver 7.2.1), parando contudo o processo após a adição e incubação da amiloglicosidase, a última das três enzimas usadas na digestão enzimática da amostra.

- *Filtração e lavagem*

Seguiu-se o procedimento anteriormente descrito para esta etapa na determinação do teor de fibra alimentar total (ver 7.2.1) relativamente à preparação e pesagem do cadinho de placa porosa contendo Celite, para onde foi transferido quantitativamente o resíduo contendo a fibra insolúvel.

O resíduo resultante da filtração foi sucessivamente lavado com duas porções de 10 mL de água destilada, duas porções de 10 mL de etanol 95% e duas porções de 10 mL de acetona.

- *Secagem do resíduo e pesagem*

Procedeu-se de forma idêntica à apresentada no ponto 7.2.1.

- *Determinação da proteína e da cinza*

Procedeu-se conforme referido para estas determinações em 7.2.1.

- *Cálculo da fibra alimentar insolúvel*

O teor de fibra alimentar insolúvel (FI), referente à matéria seca, é calculado pela seguinte expressão:

$$FI (\%) = (\text{massa de resíduo} - \text{proteína} - \text{cinza} - \text{branco}) \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

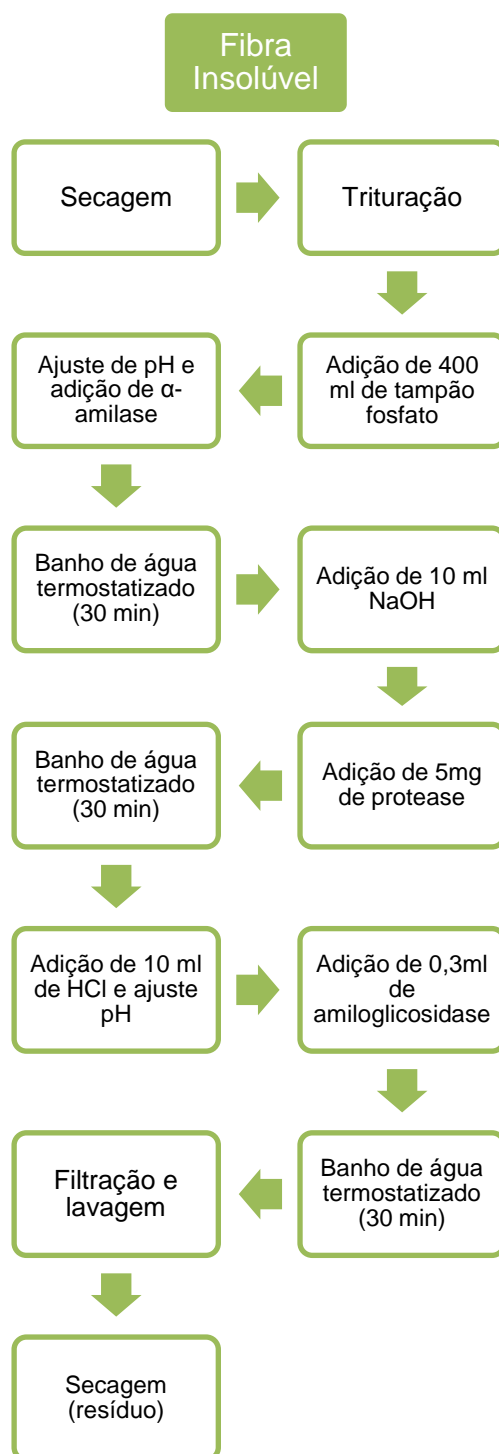


Figura 5 - Esquema de determinação da fibra alimentar insolúvel, pelo método enzimático-gravimétrico AOAC 991.42.

7.2.3. Fibra Alimentar Solúvel

O teor de fibra alimentar solúvel (FS) existente na amostra foi obtido através da diferença entre os teores de fibra alimentar total e de fibra alimentar insolúvel.

$$FS (\%) = FT - FI \quad (\text{Eq. 3})$$

7.3. Métodos Estatísticos

O tratamento estatístico dos resultados foi realizado com recurso ao Software Statistica™ v.8.0 da statsoft (2007), tendo-se efectuado a comparação de médias por análise de variância (ANOVA) para $p < 0.05$.

8. Caracterização da fibra alimentar em polpas de hortofrutícolas

8.1. Amostras

Para este estudo foram utilizados quatro tipos de formulações de polpas: duas com base de maçã (uma de cor amarela e uma de cor verde) e duas com base de pêra (uma de cor amarela e outra de cor vermelha).

A composição de cada uma das polpas é indicada seguidamente:

Polpas com base de maçã

M1: Cor verde - 41% de maçã, 31% de ananás, 8% de couve, 10% de abóbora e 10% de banana

M2: Cor amarela - 55% de ananás e 45% de maçã

Polpas com base de pêra

P1: Cor vermelha – 57,1% de pêra, 28,6% de maçã e 14,3% de beterraba

P2: Cor amarela - 50% de pêra e 50% de ananás

Os vegetais incluídos nas formulações, como no caso da polpa apresentada na figura 6, foram submetidos a tratamento térmico prévio à sua inclusão na polpa com o objectivo de adequar as suas características sensoriais ao produto pretendido. No que diz respeito às polpas analisadas, estas não foram sujeitas a tratamento térmico



Figura 6 - Polpa com base de maçã (cor verde)

8.2. Determinação da fibra alimentar

Foram efectuadas determinações em duplicado de fibra alimentar total e de fibra insolúvel e calculada a fibra solúvel das amostras segundo a metodologia descrita em 7.2.

8.3. Resultados e discussão

Os resultados da caracterização da fibra alimentar em polpas de hortofrutícolas e respectivas médias encontram-se nas figuras 7 a 9 e quadros 5 a 7.

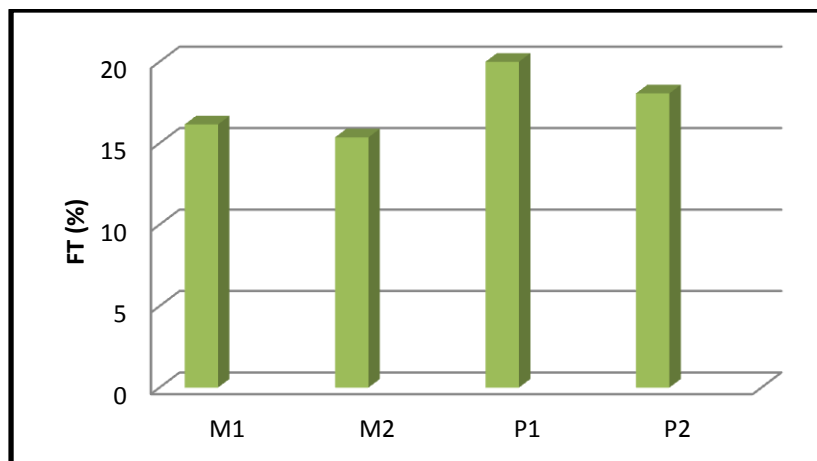


Figura 7 - Teor médio de fibra alimentar total (FT) em polpas com base maçã (M1 e M2) e com base pêra (P1 e P2)

Quadro 4 - Comparação de médias dos teores de fibra alimentar total (FT) em polpas de base de maçã (M1 e M2) e com base pêra (P1 e P2)

LSD test; variable FT (Polpas) Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .11019, df = 4.0000				
	FT - Média	1	2	3
M2	15.36	a		
M1	16.15	a		
P2	18.06		b	
P1	23.30			C

*os valores seguidos da mesma letra, em cada coluna, não são significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Através da análise da figura 7 e quadro 5 é possível verificar que as polpas de base de maçã M1 e M2 apresentam um teor de fibra alimentar total semelhante, ou seja, que não difere significativamente. No caso das polpas de base de pêra P1 e P2 o teor de fibra alimentar total é significativamente diferente ($p < 0,05$) entre as duas amostras

Observa-se também que os valores obtidos para ambas as amostras de polpa de base de pêra são bastante superiores comparativamente com os obtidos para as polpas de base de maçã. Esta diferença de valores pode ser explicada pela composição das mesmas, quer no tipo de frutos quer nos vegetais que as constituem. O maior teor de fibra das polpas de pêra resulta da maior riqueza deste fruto nesta componente, acrescido do facto de a beterraba apresentar um elevado teor de fibra (quadro 4) que assim contribui para o teor mais elevado de fibra da polpa P1 em relação às restantes

Os valores apresentados na figura 8 e quadro 6 referem-se ao teor de fibra alimentar insolúvel das amostras e comparação de médias, respectivamente.

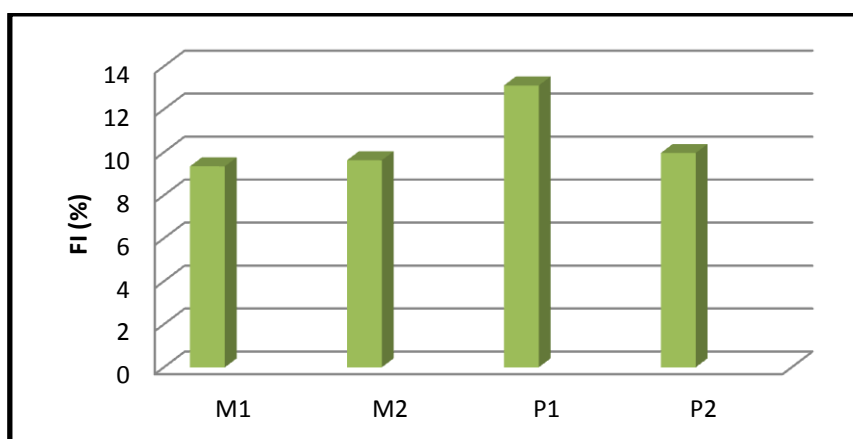


Figura 8 - Teor médio de fibra alimentar insolúvel (FI) em polpas com base maçã (M1 e M2) e com base pêra (P1 e P2)

Quadro 5 - Comparação de médias dos teores de fibra insolúvel (FI) em polpas com base maçã (M1 e M2) e com base pêra (P1 e P2)

LSD test; variable FI (Polpas) Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .08383, df = 4.0000			
	FI – Média	1	2
M1	9.35	a	
M2	9.63	a	
P2	9.97	a	
P1	13.11		B

*os valores seguidos da mesma letra, em cada coluna, não são significativamente diferentes ($p < 0.05$)

Como se pode observar pela figura 8, a fibra alimentar insolúvel é superior nas polpas de base de pêra, embora se verifique no quadro 6 que a diferença entre as polpas M1, M2 e P2 não é significativa, sendo a polpa P1 a única significativamente diferente das restantes ($p < 0,05$). Estes resultados são explicados pelo facto de a polpa P1, além da pêra, ser composta por um vegetal extremamente rico em fibra (beterraba)..

As polpas M1 e M2, apesar de terem uma composição muito distinta não diferem significativamente entre si, o que sugere que a diferença de constituintes foi provavelmente compensada pela percentagem da cada fruto ou vegetal na polpa.

Em relação à fibra solúvel, e conforme se pode ver na figura 9, as polpas P1 e P2 apresentam valores muito superiores aos de M1 e M2. Por outro lado, como se

pode concluir do quadro 7, com base na comparação de médias das amostras, todas as polpas diferem significativamente .

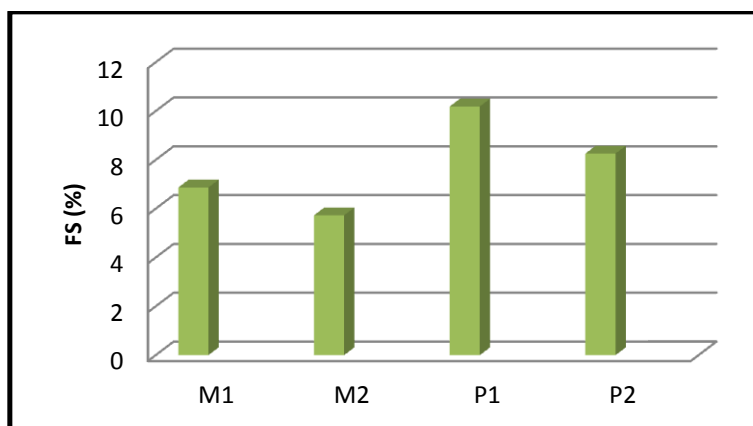


Figura 9 - Teor médio de fibra alimentar solúvel (FS) em polpas com base maçã (M1 e M2) e com base pêra (P1 e P2)

Quadro 6 - Comparação de médias dos teores de fibra solúvel (FS) em polpas com base maçã (M1 e M2) e com base pêra (P1 e P2)

LSD test; variable FS (Polpas) Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .07106, df = 4.0000					
	FS – Mean	1	2	3	4
M2	5.73	a			
M1	6.87		b		
P2	8.26			c	
P1	10.19				D

*os valores seguidos da mesma letra, em cada coluna, não são significativamente diferentes ($p < 0.05$)

Em termos gerais, é de salientar que a polpa P1 (57% pêra, aprox. 29% maçã e aprox. 14% beterraba) se destaca das restantes polpas pelos valores muito superiores que apresenta de fibra total, fibra insolúvel e fibra solúvel.

9. Estudo do impacto de diferentes stresses abióticos na fibra alimentar de cenoura minimamente processada

9.1. Amostras

O material em estudo consistiu em amostras de cenoura sujeita a diferentes tipos de *stress* abiótico: tratamento térmico moderado, tratamento UV, ripagem, tratamentos combinados e descontaminação com cloro, seguidos ou não de refrigeração a 5°C, durante 7 dias.. No quadro 8 apresentam-se as diferentes amostras analisadas.

Quadro 7 - Identificação das amostras de cenoura

Código da amostra	Identificação da amostra
1 – C	Cenoura controlo
2 – CR	Cenoura ripada
3 – CRD	Cenoura ripada e descontaminada com solução de hipoclorito
4 – CUVR	Cenoura exposta a radiação ultravioleta e ripada
5 – CTTR	Cenoura submetida a choque térmico e ripada
6 – CTTRUV	Cenoura submetida a choque térmico, exposta a radiação ultravioleta e ripada
7 - CRD1	Cenoura ripada, descontaminada com solução de hipoclorito e conservada durante 7 dias a 5°C
8 - CUVR1	Cenoura exposta a radiação ultravioleta, ripada e conservada durante 7 dias a 5°C
9- CTTRUV1	Cenoura submetida a choque térmico, exposta a radiação ultravioleta, ripada e conservada durante 7 dias a 5°C

9.2. Determinação da Fibra Alimentar

As determinações de fibra alimentar total, insolúvel e solúvel foram realizadas procedendo conforme referido em 7.2.

9.3. Resultados e discussão

Os resultados do estudo do impacto de diferentes stresses abióticos na fibra alimentar de cenoura minimamente processada e respectivas comparações de médias encontram-se nas figuras 10 a 12 e quadros 9 a 11.

Os valores médios do teor de fibra alimentar total nas diferentes amostras de cenoura e a comparação de médias são apresentados na figura 10 e no quadro 9, respectivamente.

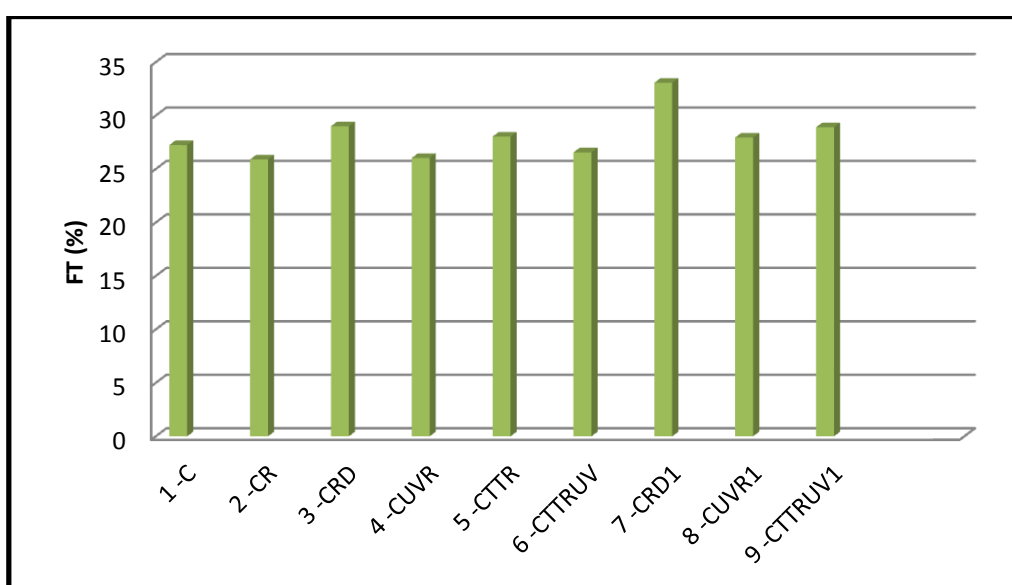


Figura 10 - Teores médios de fibra alimentar total (FT) em cenoura sujeita a diferentes tipos de stress abiótico

Quadro 8 - Comparação de médias dos teores de fibra total (FT) em cenoura sujeita a tratamentos de stress abiótico

LSD test; variable FT (Cenoura) Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .22881, df = 9.0000					
	FT – Média	1	2	3	4 5
CR	25.90		b		
CUVR	26.04		b		
CTTRUV	26.56		b		d
C	27.24			c	d
CUVR1	27.95	a		c	
CTTR	28.04	a		c	
CTTRUV1	28.91	a			
CRD	29.00	a			
CRD1	33.07				e

*os valores seguidos da mesma letra, em cada coluna, não são significativamente diferentes ($p < 0.05$)

A análise dos resultados permite observar que o teor de fibra total na generalidade dos tratamentos aplicados não sofreu alterações significativas, com exceção da amostra CRD1 que difere significativamente das restantes, registando o valor mais elevado de FT e que representa um aumento 21,4% em relação à amostra controlo. Verificou-se, aliás, que o armazenamento durante 7 dias a 5°C provocou um aumento significativo do teor de FT nas três amostras a ele submetidas (CRD1, CUVR1 e CTTRUV1). Tal pode ser explicado pelo facto de os processos de lenhificação não serem uma consequência imediata do tratamento de stress abiótico, mas ocorrerem durante o processo de armazenamento. Estes resultados sugerem que no que respeita o teor de fibra total, não se regista perda de qualidade durante o período de armazenamento.

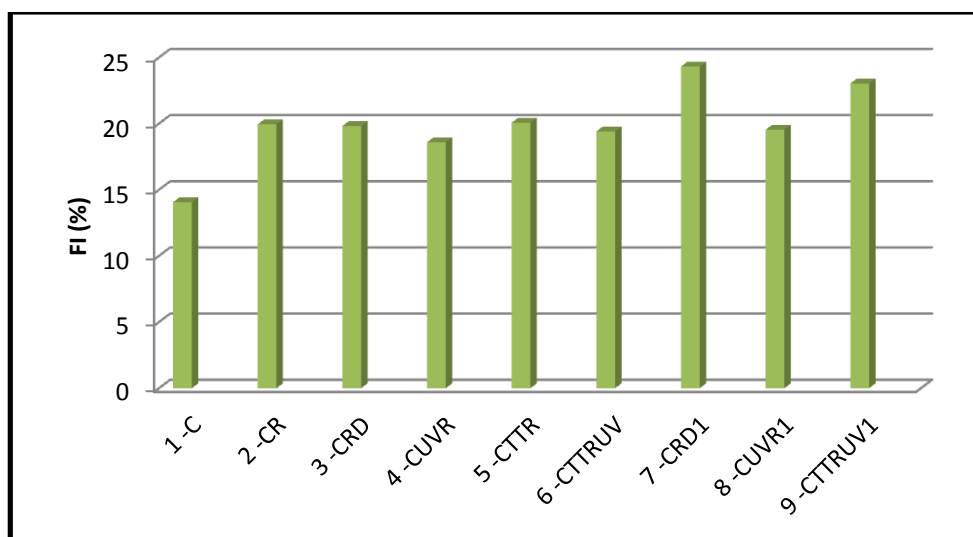


Figura 11 - Teores médios de fibra alimentar insolúvel (FI) em cenoura sujeita a diferentes tipos de stress abiótico

Na figura 11 são apresentados os resultados de fibra insolúvel obtidos com a aplicação dos diversos tratamentos de *stress* abiótico. Os valores apresentados indicam um aumento bastante considerável do teor de fibra alimentar insolúvel em consequência de todos os tratamentos aplicados, cuja média se situa em 44%, registando-se os maiores aumentos nas amostras CRD1 (73%) e CTTRUV1 (64%). O tratamento ultravioleta combinado com a ripagem (CUVR) é o que tem menor influência no teor de FI.

Este efeito generalizado resultou muito provavelmente de processos de lenhificação, desencadeados pelos vários tipos de *stress* abiótico a que a cenoura foi submetida.

Quadro 9 - Comparação de médias dos teores de fibra insolúvel (FI) em cenoura sujeita a tratamentos de stress abiótico

LSD test; variable FI (Cenoura) Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .21166, df = 9.0000					
	FI – Média	1	2	3	4 5
C	14.06			c	
CUVR	18.59		b		
CTTRUV	19.41	a	b		
CUVR1	19.54	a	b		
CRD	19.82	a			
CR	19.95	a			
CTTR	20.07	a			
CTTRUV1	23.03				d
CRD1	24.32				e

*os valores seguidos da mesma letra, em cada coluna, não são significativamente diferentes ($p < 0.05$)

A comparação das médias (quadro 10), permite verificar que as amostras formam 5 grupos, dentro de cada um dos quais o teor de FI não difere significativamente: o primeiro é constituído pelas amostras CR, CRD, CTTR, CTTRUV e CUVR1; o segundo pelas amostras CUVR, CTTRUV e CUVR1; as restantes amostras (C, CRD1 e CTTRUV1) distribuem-se isoladas pelos três outros grupos, diferindo entre si e em relação a todas as outras.

O tratamento de ripagem combinado com descontaminação com cloro e refrigeração a 5°C durante 7 dias (amostra.CRD1) é o que tem maior influência no teor de FI.

Por outro lado, pode verificar-se que a combinação de todos os tratamentos acrescida de refrigeração (CTTRUV1) provocou o maior aumento na proporção FI/FT, a qual passou de cerca de 52% na cenoura de controlo para 73,4%.

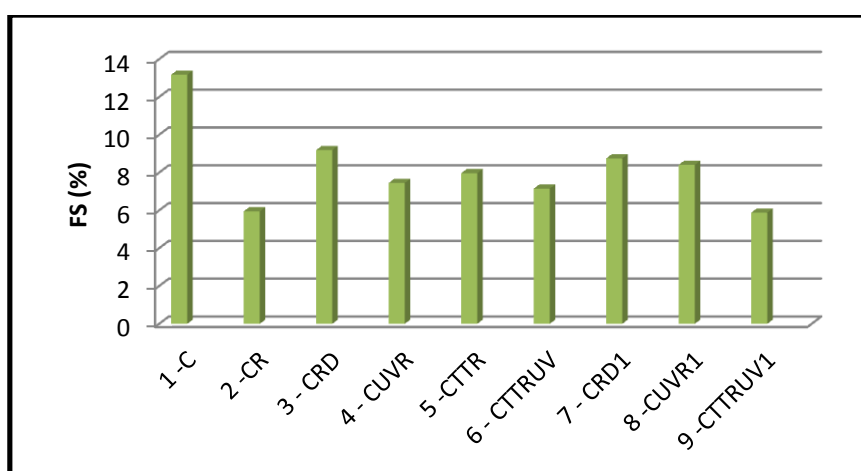


Figura 12 - Teores médios de fibra alimentar solúvel obtidos na cenoura sujeita a diferentes tipos

Na figura 12 estão indicados os teores de fibra alimentar solúvel obtidos através da aplicação de diversos tratamentos de *stress* abiótico.

Através dos resultados apresentados conclui-se que a aplicação de qualquer dos tratamentos considerados tem como consequência uma redução acentuada do teor de fibra solúvel (variando entre 30% e 55%). Verifica-se, por outro lado, que os tratamentos responsáveis por menor diminuição da FS são a ripagem combinada com a descontaminação (CRD), a ripagem combinada com a descontaminação e conservação durante 7 dias a 5°C (CRD1) e a radiação ultravioleta combinada com a ripagem e conservação durante 7 dias a 5°C (CUVR1). Estes resultados são explicados pelo aumento da actividade fisiológica provocado pelos diferentes tratamentos, com conseqüente redução de glúcidos solúveis.

Quadro 10 - Comparação de médias dos teores de fibra solúvel (FS) em cenoura sujeita a tratamentos de *stress* abiótico

LSD test; variable FS (Cenoura) Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .18327, df = 9.0000						
	FS – Média	1	2	3	4	5 6
CTTRUV1	5.89					e
CR	5.95					e
CTTRUV	7.15	a				
CUVR	7.45	a	b			
CTTR	7.97	a	b	c		
CUVR1	8.41		b	c	d	
CRD1	8.75			c	d	
CRD	9.19				d	
C	13.18					f

*os valores seguidos da mesma letra, em cada coluna, não são significativamente diferentes ($p < 0.05$)

A comparação de médias realizada no quadro 11 confirma que o processamento mínimo de cenoura, em todas as modalidades estudadas, provoca uma diminuição significativa ($p < 0,05$) do teor de FS. Os menores valores de fibra solúvel foram registados para a ripagem (CR) e para a ripagem combinada com tratamento térmico, radiação ultravioleta e conservação durante 7 dias a 5 °C (CTTUVR1), representando uma redução para menos de metade do valor apresentado pela cenoura não tratada. Estes dois tratamentos foram também responsáveis pela maior diminuição da relação FS/FT, a qual passou de cerca de 48% na cenoura de controlo para 21,5 %, evolução oposta à registada pela relação FI/FT, atrás referida.

10. Conclusões gerais

O desenvolvimento experimental do presente trabalho permite concluir:

- São várias as metodologias analíticas para determinação do teor de fibra alimentar, sendo que todas são morosas e dispendiosas.
- A metodologia usada no estudo da componente fibra alimentar no material analisado permitiu a devida quantificação da fibra alimentar total através do método AOAC 985.29 e da fibra alimentar insolúvel pelo método AOAC 991.42.
- O teor de fibra total em polpas de fruta é muito influenciado pelo tipo de matéria-prima.
- Polpas de base pêra apresentam maiores teores de fibra total do que polpas de base maçã.
- A adição de hortícolas às polpas de fruta pode contribuir para um aumento do teor de fibra total das mesmas.
- Relativamente à fibra solúvel e à fibra insolúvel os seus teores são significativamente superiores nas polpas de pêra comparativamente às polpas com base de maçã.
- No que respeita às implicações de tratamentos abióticos aplicados à cenoura antes ou durante o processamento mínimo, verifica-se que o efeito imediato da sua aplicação singular ou combinada, na componente fibra total, não foi muito evidente.
- No que diz respeito ao teor de fibra insolúvel registou-se um aumento considerável desta componente como consequência de todos os tratamentos aplicados. Este aumento pode dever-se à ocorrência do processo de lenhificação, em consequência dos stress aplicados e durante o processo de conservação frigorífica.
- O teor de fibra solúvel teve uma evolução inversa à descrita para a fibra insolúvel.

Em termos de conclusão final, pode considerar-se que o processamento mínimo de cenoura não altera de forma consistente o teor de fibra total. No entanto conduz a uma modificação acentuada na sua composição, que passa de teores sensivelmente iguais de fibra insolúvel e de fibra solúvel, na cenoura não processada,

para uma proporção de dois terços da primeira para um terço da última na CMP. Esta alteração não diminui, contudo, o seu valor nutricional, conferindo-lhe antes uma maior capacidade de regulação do trânsito intestinal, importante nomeadamente no problema da obstipação.

11. Referências Bibliográficas

- ✓ AACC (2001) The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, 46(3): 112-126.
- ✓ AACCI (s/d) *Total Dietary Fiber – Determined as Neutral Sugar Residues, Uronic Acid Residues, and Klason Lignin (Upsala Method)*, 11th Edition.
- ✓ Abreu, M., Gonçalves, E., Moldão, M. (2003) Use of mild heat pre-treatments for quality retention of fresh 'Rocha' pear. *Postharvest Biology and Technology*, 30: 153-160.
- ✓ Abreu, M. (2009) *Tratamentos Integrados para a Qualidade de Pêra Rocha Minimamente Processada*, Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Alimentar, Lisboa, ISA 265.
- ✓ Alegria, C., Pinheiro, J., Gonçalves, Elsa., Fernandes, I., Martins, M., Abreu, M. (2010) Evaluation of pre-cut heat treatment as an alternative to chlorine in minimally processed shredded carrot. *Food Science and Emerging Technologies*, 11: 155-161.
- ✓ Alegria, C., Pinheiro, J., Pinheiro, J., Duthoit, M., Gonçalves, Elsa., Martins, M., Abreu, M. (2012). Fresh-cut carrot (cv. Nantes) quality as affected by abiotic stress (heat shock and UV-C irradiation) pre-treatments. *LWT-Food Science and Technology*: 197-203.
- ✓ Alothman, M., Bhat, R., Karim, A.A. (2009) UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10: 512-516.
- ✓ Anderson, J., Perryman, S., Young, L. , Prior, S. (2013) *Dietary Fiber*, nº 9.333
- ✓ AOAC, (1997) *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 16th Ed., Volume I.

- ✓ Araújo, E., Menezes, H. (2010) Estudo de fibras alimentares em frutas e hortaliças para uso em nutrição enteral ou oral. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, Campinas, 30 (1): 6p.

- ✓ Asp, N., Johansson, C., Hallmer, H., Siljestroem, M. (1983) Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31(3): 476-482.

- ✓ Barros, S. (2007) *Metodologias integradas para a conservação de kiwi minimamente processado*, Dissertação para Obtenção do Grau de Doutorado em Engenharia Agro-industrial, Lisboa, ISA,168.

- ✓ Baker, D. (1977) Determining fiber in cereals, *Cereal Chem.*, 54(2): 360-365.

- ✓ Beauchat, L. (1998) *Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review*, Belgium, 31p.

- ✓ Beirão, S., Steiner, A., Correia, L., Empis, J., Moldão, M. (2006) Effects of maturity stage and mild heat treatments on quality of minimally processed kiwifruit, *Journal of Food Engineering*, 76: 616-625.

- ✓ Callegaro, M., Dutra, C., Huber, L., Becker, L., Rosa, C., Kubota, E., Hecktheur, L. (2005) Determinação da fibra alimentar insolúvel, solúvel, e total de produtos derivados de milho, *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(2): 271-274.

- ✓ Champ M., Langkilde A.M., Brouns F., Kettlitz B., Collet Y.L.B. (2003) *Nutrition Research Reviews*,16: 71-82.

- ✓ Devries, J. (s/d) *Total Dietary Fiber*, 8p.

- ✓ Devries J.W., Prosky L., Li B., Cho S. (1999) *Cereal Foods World*,44: 367-369.

- ✓ Fernandes, D. (2009) *Impacto de processos físicos na componente bioactiva e na estabilidade de polpas de pêra*, 100 p.

- ✓ Figueiredo, R., Queiroz, A., Noronha, M. (2005) *Armazenamento de abacaxi minimamente processado tratado com ácido ascórbico*, 9 p.

- ✓ Figueiredo, T. (2012) *Desenvolvimento tecnológico de polpas refrigeradas de pêra rocha e outros hortofrutícolas*, Lisboa, 80 p.

- ✓ Gomes, F., Toledo, R., Sjöholm, I (2005) Tissue damage in heated carrot slices. Comparing mild hot water and infrared heating. *Journal of Food Engineering*, 67: 381-385.

- ✓ Henriques, C. (2009) *Desenvolvimento de Pêra Rocha – Estabilização química e estudo da componente bioactiva*, Lisboa, 90 p.

- ✓ Hodges, D., Toivonen, P. (2008) Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biology and Technology*, 48: 155-162.

- ✓ Howard, L., Griffin, L., Lee, Y. (1994) Steam treatment of minimally processed carrots sticks to control surface discoloration, *Journal of Food Science*, 59(2); 356-358.

- ✓ Instituto de Salud Publica de Chile (s/d) *Procedimiento para determinar fibra cruda – Método Enzimático-Gravimétrico*, Revnº 2, 4p.

- ✓ Institute of Food Science & Technology (2007) *Dietary Fibre*, 10p.

- ✓ Lee, S. (s/d) *Dietary Fiber Analysis*, 211 p.

- ✓ Lee, S., Prosky, L., Devries, J.W (1992) Determination of total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods: Collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 75: 395-416.

- ✓ Lima, R. (2010) *Avaliação da estabilidade química, físico-química e microbiológica de polpas de acerola orgânica pasteurizada e não-pasteurizada*, 94 p.

- ✓ Matta, V., Junior, M., Cabral, L. Furtado, A. (2005) *Polpa de Fruta Congelada*, 1ªEdição.

- ✓ Megazyme International Ireland (2012) *Total dietary Fibre – Assay Procedure*, 20 p.
- ✓ Mendes, A. (2011) *Implementação e validação de uma metodologia para análise de fibra alimentar*, 81 p.
- ✓ Mertens, D.R. (2001) Physical effective NDF and its use in formulating dairy rations, p.25-36.
- ✓ Sambucetti, M. E. , Zuleta, A. (1996) Resistant Starch in Dietary Fiber Values Measured by the AOAC Method in Different Cereals, *Cereal Chem.* 73 (6): 759-761.
- ✓ Ministério da Agricultura e do Abastecimento (2010) *Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta*.
- ✓ Monteiro, M., Amaro, A., Bonilha, P (2005) Avaliação da estabilidade físico-química e microbiológica da polpa de maracujá processada e armazenada sob refrigeração. *Alim.Nutr.* v.16, n.1, 71-76 pp.
- ✓ Moraes, I. (2006) *Produção de polpa de fruta congelada e suco de frutas*, 23p.
- ✓ Parish, M., Beauchat, L., Suslow, T., Harris, L. Garret, E. Farber, J., Busta, F. (2003) Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2, Chapter V, pp. 161-173.
- ✓ Park, K., Antonio, G. (2006) *Análises de Materiais Biológicos*, 21 p.
- ✓ Paull, R., Chen, N. (2000) Heat treatment and fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 21 (1), pp 21-37.
- ✓ Pinho, L. (2009) *Aproveitamento do resíduo do pedúnculo de caju (Anacardium occidentale L.) para alimentação humana*, 99 p.
- ✓ Porto, A., Oliveira. L. (2006) *Tabela da Composição de Alimentos*, Editorial do Ministério da Educação, Lisboa, 353 p.

- ✓ Prosky, L., Asp, N.G., Schweizer, T.F., DeVries, J.W., Furda, I. (1988) Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 71: 1017-1024.
- ✓ Quinato, E., Degáspari, H., Vilela, M. (2007) *Nutritional and functional aspects of the strawberry*, v.8, n.1, Jan.-Jun.
- ✓ Ramulu, P. , Rao, P. (2003) Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of indian fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16: 677-685.
- ✓ Rickman, J., Bruhn, C., Barret, D. (2007) Nutritional comparison of fresh, frozen, and canned fruits and vegetables II. Vitamin A and carotenoids, vitamin E, minerals and fiber, *J Sci Food Agric* (in press), disponível em: «http://www.mealtime.org/uploadedFiles/Mealtime/Content/jsfaarticle_partiucdavis_may07.pdf»
- ✓ Salgado, S., Guerra, N., Melo Filho, A. (1999) Polpa de Fruta Congelada: Efeito do Processamento sobre o conteúdo de Fibra Alimentar. *Rev. Nutr.*, Campinas, 12 (3): 303-308.
- ✓ Saltveit, M. (2000) Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. *Postharvest Biology and Technology*, 21: 61-69.
- ✓ Sant'Ana, L. Gomes, M., Evangelista, R. (2005) Apostila de Práticas de Bromatologia para o Curso de Nutrição, 33 p.
- ✓ Sigma (s/d). *Total dietary Fiber Assay Kit*. Technical Bulletin. Saint Louis, Missouri, 4p
- ✓ Silva, C., Milach, S., Silva, S., Federizzi, L., Monteiro, C., Fontaneli, R. (2006) Frações de fibra em aveia e sua aplicação em programas de melhoramento. *Pesq, agropec. Bras.*, Brasília, v.41, n.6, pp. 975-980
- ✓ Simões, J. (2010) Efeito da aplicação de pré-tratamentos físicos na qualidade de cenoura minimamente processada. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Alimentar. Lisboa, ISA, 61 p.

- ✓ Souza, M., Ferreira, T., Vieira, I. (2008) Composição Centesimal e Propriedades Funcionais Tecnológicas da Farinha da Casca do Maracujá. *Alim. Nutr.* v.19, n.1, pp. 33-36.
- ✓ Tate & Lyle (2008) Dossiê: Fibras Alimentares, *Food Ingredients Brasil* nº3
- ✓ Tsai, S., Lu, S., Yu, W., Lin, H., Fu, W. (2007) A Study on the Analytical Methods for Total Dietary Fiber in Fructan-Containing Foods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 15 (3): 325-331.
- ✓ United States Department of Agriculture (2005) *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients)*. Washington, DC, The National Academies Press.
- ✓ Van Soest, P., Wine, R. (1968) Determination of lignina and celulose in acid detergent fiber with permanganate. *Journal of Association of Agricultural Chemistry*, 51: 780-85.
- ✓ Vasconcelos, E. (2005) *Produtos Minimamente Processados*, 86 p.
- ✓ Waughon, T., Pena, R. (2006) Estudo da Secagem da Fibra Residual do Abacaxi, *Alim. Nutr.*, Araraquara v.17, nº4, 373-379 pp.
- ✓ Wilson, M. (2009) – “Figuring Out Fiber” . *Fact Sheet* 99-19, Las Vegas, University of Nevada Cooperative Extension, 2p.

Webgrafia

- ✓ Coteau J. (s/d), *Algumas considerações sobre fibras*, disponível em: «http://www.polymar.com.br/produtos/lv_quitosana/cap1.pdf» acesso em 10 de abril de 2012
- ✓ Disqual – Manual de Boas Práticas – Cenoura, disponível em: «<http://opac.iefp.pt:8080/images/winlibimg.exe?key=&doc=11399&img=66>» acesso em 5 de Junho de 2012.

- ✓ *Frutas: Polpas, desidratadas, cristalizadas*, disponível em: «http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/332.pdf» acesso em 20 de Março de 2012.

- ✓ Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Reino Unido, *Fibra Alimentar*, disponível em: «<http://www.publitecbrasil.com.br/pdf/175l.pdf>» acesso em 6 de Junho de 2012.

- ✓ Moldão M., Empis, J. (s/d) *Processamentos Mínimos*, disponível em: «<http://www2.spi.pt/documents/books/hortofructicolos/Wcebaf179e0cb2.asp>» acesso em 4 de Junho de 2012.

- ✓ Purgatto, E (2004) *Análise de Fibra Alimentar*, disponível em: «<http://www.slideshare.net/Kzona99/anlise-de-fibra-alimentar-aula-diurno>» acesso em 20 de Março de 2012