

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
Departamento de Tecnologia de Alimentos**

**Processamento Térmico de Fundos de Alcachofra
(*Cynara cardunculus scolymus L.*) sob Alto Vácuo.**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos.

Elaine Berges da Silva
Mestre em Tecnologia de Alimentos
Engenheira de Alimentos

Prof. Dr. Flávio Luis Schmidt
Orientador

Campinas – SP

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

Si38p

Silva, Elaine Berges da
Processamento térmico de fundos de alcachofra (*Cynara
cardunculus scolymus* L) sob alto vácuo / Elaine Berges da Silva. --
Campinas, SP: [s.n], 2011.

Orientador: Flávio Luis Schmidt
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.Faculdade
de Engenharia de Alimentos.

1. Alcachofra. 2. Vegetais. 3. Alimentos enlatados. 4.
Textura. I. Schmidt, Flávio Luis. II. Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

cars/bibfea

Título em inglês: Thermal processing of artichoke (*Cynara cardunculus scolymus* L.) hearts
under high vacuum

Palavras-chave em inglês (Keywords): Artichoke, Vegetables, Canned foods, Texture

Titulação: Doutor em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Flávio Luis Schmidt

Bruno de Andrade Martins

Márcia Rapacci

Priscilla Efraim

Sílvia Tondella Dantas

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

**Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida em ___/___/___
por Elaine Berges da Silva aprovada pela Comissão Julgadora em ___/___/___**

Prof. Dr. Flávio Luis Schmidt
(orientador)

Prof. Dr. Bruno de Andrade Martins
(membro)

Prof^a. Dra. Márcia Rapacci
(membro)

Prof^a. Dra. Priscila Efraim
(membro)

Dra. Sílvia Tondella Dantas
(membro)

Prof^a. Dra. Helena Maria André Bolini
(membro)

Prof^a. Dra. Hilary Castle de Menezes
(membro)

Prof^a. Dra. Silvana Maria Srebernich
(membro)

DEDICATÓRIA

Ao meu companheiro e amigo, Luís
Aos meus filhos Mateus e Leonardo
Ao meu pai (em memória)

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, que mais uma vez colocou pessoas maravilhosas no meu caminho, que me abriram as portas e ajudaram a superar os obstáculos.

Em segundo lugar agradeço ao meu marido e companheiro, Luis, a quem nunca faltou uma palavra de incentivo, além do apoio financeiro.

As todas aquelas que me substituíram na tarefa de cuidar dos meus pequeninos Mateus e Leonardo, enquanto eu trabalhava para que esta tese fosse realizada.

Agradeço ao professor Dr. Flávio Luis Schmidt, meu orientador, pelo voto de confiança e pelo conhecimento compartilhado.

Aos bolsistas que me ajudaram na realização dos experimentos e nas análises físico-químicas, sensoriais e instrumentais. Eu não poderia citá-los em ordem de importância, pois ambos contribuíram de formas diferentes, mas igualmente importantes, por isto decidi fazê-lo em ordem alfabética. Meus agradecimentos aos graduandos Luiz Henrique Albuquerque e Rânie Búrigo Pedro.

As funcionárias do laboratório de Frutas e Hortaliças e amigas Ana Koon, pela sua paciência oriental, amizade e carinho e Dona Denir pela sua infinita bondade.

Ao Dr. Homero Ferracini Gumerato pelo apoio na operação da autoclave e por compartilhar sua experiência na solução das equações mais cabulosas.

RESUMO

Os alimentos enlatados sob alto vácuo, também conhecidos como *solid pack*, contêm aproximadamente 10% de líquido em relação ao volume da embalagem e reduzem as trocas de massa por osmose entre o produto e a salmoura. Este trabalho de pesquisa teve como objetivo estudar o processamento térmico de fundos de alcachofra (*Cynara cardunculus scolymus L.*) sob alto vácuo em salmoura convencional (CV) e *solid pack* (SP). Os objetivos específicos foram: avaliar o efeito de antioxidantes na inibição do escurecimento enzimático e determinar: os parâmetros cinéticos para degradação térmica da textura; perfil de temperatura e pressão, os parâmetros de penetração de calor; letalidade; características físico-químicas e sensoriais. Foi determinado o índice de escurecimento (IE) em amostras pré-tratadas com L-cisteína (LC), ácidos cítrico (AC) e ascórbico (AA) e branqueadas em água em ebulição nos tempos 0 a 20 minutos. A textura das amostras tratadas nas temperaturas 80 a 100°C foi determinada em texturômetro (força de penetração) em função do tempo. Os fundos branqueados foram acondicionadas em latas “abre-fácil”, fechadas sob vácuo mecânico (mínimo 20 pol Hg) e processadas termicamente em autoclave por cascata de água a 128 °C por 210 s, sob agitação “end over end” de 20 rpm. Foi determinado o perfil de temperatura e pressão utilizando termopares e transmissores de pressão. As amostras processadas foram avaliadas sensorialmente quanto à aceitação e intenção de compra. Foi determinada a força de penetração das amostras processadas utilizando o texturômetro. A acidez titulável, pH, sólidos solúveis, composição centesimal, minerais e fenóis totais foram determinados. Na condição mais drástica de tratamento (AA1%, AC1%, LC1%) foi obtido o menor valor de k (0,0283). Foram obtidos os valores de E_a (20,76 kcal.mol⁻¹), z (29,22°C) e Q_{10} (2,2) para degradação térmica da textura. Os valores de fh obtidos foram, respectivamente 7,01 e 7,82 minutos para CV e SP e o jc e jh variaram em torno de 1. O F_o obtido foi 5,76 e 7,04, para os processos CV e SP. Nos dois processos a degradação da textura foi de 1 ciclo log, sendo considerada sensorialmente aceitável. Os resultados médios dos atributos odor, sabor e aceitação global variaram em torno de 5, correspondendo a “não gostei/nem gostei”. A amostra *in natura* apresentou o maior conteúdo de fenóis totais (272 ± 11,74 mg/100 g), seguido pela SP (104 ± 3,79 mg/100g) e CV (85 ± 4,54 mg/100g). As cinzas, minerais, sólidos solúveis e fenóis totais foi significativamente maior ($p < 0,05$) para SP em comparação à CV. O pré-tratamento com antioxidantes é recomendado para retardar o escurecimento antes do branqueamento. Temperaturas mais elevadas de processo por tempo mais curto minimizam a destruição térmica da textura. O tratamento térmico a 116,88 °C por 6,66 minutos é o limite mínimo de processo capaz de garantir a estabilidade microbiológica do produto sem comprometer a textura dos fundos de alcachofra. A alcachofra *in natura* apresentou quantidades importantes de cálcio e zinco, além de ser fonte de ferro. O processo *solid pack* reduziu as trocas osmóticas entre o vegetal e a salmoura.

Palavras-chave: alcachofra, vegetais, *solid pack*, enlatados, textura.

ABSTRACT

Canned foods under high vacuum, also known as solid pack type food contain approximately 10% of the recipient volume in liquid, which reduces the mass transfer by osmosis between the product and brine. This research aimed to study the thermal processing of artichoke (*Cynara cardunculus scolymus L.*) under high vacuum. The specific objectives were to assess the effect of antioxidants in inhibiting enzymatic browning and determine: the kinetic parameters for the thermal degradation of texture, temperature and pressure profile, the heat penetration parameters, lethality, and physico-chemical and sensorial characteristics of the conventional artichoke processed in brine (CV) and those of the solid pack (SP) one. The browning index (BI) of samples pretreated with solutions of L-cysteine (LC) and citric acid (CA) and ascorbic acid (AA) and blanched in boiling water from 0 up to 20 minutes were determined. The texture of the samples treated at temperatures of 80, 90 and 100°C were measured using the texturometer (penetration force) versus time. The blanched samples were packaged in "easy-open" cans, closed under mechanical vacuum (minimum 20 in Hg), and thermally processed in an water cascade autoclave at 128°C for 210 s with 20 rpm "end-over-end" agitation. The temperature and pressure profiles were determined using thermocouples and pressure transmitters, respectively. The processed samples were evaluated by sensory acceptance and attitude purchase. The penetration force of the processed samples were determined using the texturometer. The acidity, pH, soluble solids content, chemical composition, minerals and phenols were determined in the physical-chemical characterization of samples. The more drastic treatment (AA1% AC1% LC1%) provided the lowest value for k (0.0283). Values of E_a (20.76 kcal.mol⁻¹), z (29.22°C) and Q_{10} (2.2) were obtained for thermal degradation of the texture. fh values obtained were respectively 7.01 and 7.82 minutes for CV and SP and jc and the jh varied around 1. The F_0 obtained was 5.76 and 7.04 for CV and SP processes. In both cases the degradation of texture was 1 log cycle, and it was considered acceptable in sensory aspect. The average scores for odor, flavor and overall acceptability were around 5 corresponding to "neither liked nor disliked". The fresh sample showed the highest content of total phenols (272 ± 11.74 mg/100 g), followed by SP (104 ± 3.79 mg/100g) and CV (85 ± 4.54 mg/100g). The ash, minerals, phenols and total soluble solids were significantly higher ($p < 0.05$) for the SP as compared to CV. Pre-treatment with antioxidants is recommended to control the browning before the heat blanching. Higher temperatures for shorter procedures minimize the thermal destruction of the texture. The thermal treatment at 116.88°C for 6.66 minutes is the minimum process capable of ensuring the microbiological stability of the product without compromising the texture of the artichoke hearts. The artichoke is a fresh source of copper and iron, and presents significant amounts of calcium and zinc. The physical-chemical results showed that the solid pack process reduced osmotic exchanges between the plant and brine.

Keywords: vegetables, solid pack, canned foods, texture.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
CAPÍTULO 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
1. A ALCACHOFRA.....	5
2. COMPOSIÇÃO DA ALCACHOFRA.....	8
3. PROPRIEDADES FUNCIONAIS.....	15
4. PROCESSAMENTO DA ALCACHOFRA.....	16
4.1. Inibição do escurecimento enzimático.....	17
4.2. Esterilização.....	21
4.2.1. Transferência de calor em alimentos.....	23
4.2.2. Efeito do calor nos microorganismos.....	30
4.2.3. Efeito do calor na textura dos alimentos.....	32
5. SISTEMA DE EMBALAGEM “ABRE FÁCIL”.....	33
REFERÊNCIAS.....	36
CAPÍTULO 2. ÍNDICE DE ESCURECIMENTO DE ALCACHOFRA (<i>Cynara cardunculus scolymus L.</i>) BRANQUEADA APÓS PRÉ- TRATAMENTO COM ANTIOXIDANTES.....	40
1. INTRODUÇÃO.....	41
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4. CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS.....	47
CAPÍTULO 3. CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO TÉRMICA DA TEXTURA FUNDOS DE ALCACHOFRA (<i>Cynara cardunculus scolymus L.</i>).....	49
1. INTRODUÇÃO.....	50
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	51
2.1. Preparo das amostras.....	51
2.2. Realização dos ensaios.....	51

2.3. Determinação dos parâmetros cinéticos da destruição térmica da textura.....	52
2.4. Relação dos parâmetros cinéticos da degradação de textura com a destruição térmica dos microorganismos.....	53
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
3.1. Parâmetros cinéticos para degradação da textura.....	54
3.2. Relação dos parâmetros cinéticos da degradação de textura com a destruição térmica dos microorganismos.....	58
4. CONCLUSÕES.....	59
REFERÊNCIAS.....	60
CAPÍTULO 4. OTIMIZAÇÃO DO PROCESSAMENTO TÉRMICO DE FUNDOS DE ALCACHOFRA (<i>Cynara cardunculus scolymus L.</i>) SOB ALTO VÁCUO.....	62
1. INTRODUÇÃO.....	63
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	65
2.1. Preparo das amostras.....	65
2.2. Realização dos ensaios.....	66
2.3. Determinação do fh e fc , difusividade térmica aparente, coeficiente global de transferência de calor (U).....	67
2.4. Determinação da letalidade e cozimento para o processamento térmico sob alto vácuo.....	68
2.5. Determinação da textura.....	69
2.6. Determinação do pH.....	70
2.7. Otimização do processo térmico pelo método de Thijssen.....	70
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
3.1. História térmica e parâmetros de penetração de calor.....	73
3.2. Otimização pelo método de Thijssen.....	79
4. CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS.....	81

CAPÍTULO 5. PROCESSAMENTO TÉRMICO DE FUNDOS DE ALCACHOFRA (<i>Cynara cardunculus scolymus</i> L.) SOB ALTO VÁCUO	84
1. INTRODUÇÃO.....	85
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	87
2.1. Preparo das amostras.....	87
2.2. Realização dos ensaios.....	88
2.3. Determinação do rendimento do processo.....	89
2.4. Determinação da variação de massa dos fundos processados.	89
2.5. Determinação da história térmica e bária do processo térmico de alcachofra em latas “abre-fácil” sob agitação “end-over-end”	89
2.6. Determinação do fh e fc , difusividade térmica aparente, coeficiente global de transferência de calor (U).....	90
2.7. Determinação da letalidade e cozimento para o processamento térmico sob alto vácuo.....	91
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91
3.1. Rendimento do processo.....	91
3.2. Variação de massa dos fundos de alcachofra processados.....	93
3.3. Determinação da história térmica e bária do processo térmico de alcachofra em latas tipo “abre-fácil” sob agitação “end-over-end”	94
3.4. Determinação da difusividade térmica aparente, coeficiente global de transferência de calor (U).....	97
3.5. Determinação da letalidade e cozimento para o processamento térmico sob alto vácuo.....	98
4. CONCLUSÕES.....	99
REFERÊNCIAS.....	100
CAPÍTULO 6. PREFERÊNCIA SENSORIAL E ATITUDE DE COMPRA DE FUNDOS DE ALCACHOFRA (<i>Cynara cardunculus scolymus</i> L.) PROCESSADOS SOB ALTO VÁCUO.....	103
1. INTRODUÇÃO.....	104
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	105
2.1. Preparo das amostras.....	105

2.2. Preferência das amostras.....	107
2.3. Caracterização das amostras.....	108
2.4. Análise estatística dos resultados.....	109
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	109
4. CONCLUSÕES.....	113
REFERÊNCIAS.....	113
CAPÍTULO 7. COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FUNDOS DE	115
ALCACHOFRA (Cynara cardunculus scolymus L.)	
PROCESSADOS SOB ALTO VÁCUO.....	
1. INTRODUÇÃO.....	116
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	118
2.1. Preparo das amostras.....	118
2.2. Determinações físico-químicas.....	119
2.3. Análise estatística dos resultados.....	120
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	120
4. CONCLUSÕES.....	124
REFERÊNCIAS.....	124
CONCLUSÕES FINAIS.....	127
ANEXOS.....	129

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA 1	Partes do botão de alcachofra (<i>Cynara cardunculus scolymus L</i>).....	6
FIGURA 2	Coração de alcachofra em conserva.....	6
FIGURA 3	Análise quantitativa de polifenóis em diferentes partes (talos, e pétalas internas, intermediárias e externas) dos botões de variedades de alcachofras.....	10
FIGURA 4	Exemplo de histórico da temperatura versus tempo de esterilização de um alimento. $T_h = 121^\circ\text{C}$; $T_w = 27^\circ\text{C}$ e $\text{CUT} = 17$ minutos.....	28
FIGURA 5	Exemplos de curvas de penetração de calor ($T_h = 118^\circ\text{C}$), construída em papel semi-logarítmico de acordo com o método de Ball. a) aquecimento b) resfriamento...	29
FIGURA 6	Sistema de embalagem “abre-fácil”.....	34

CAPÍTULO 2

FIGURA 1	Resultados médios obtidos para o índice de escurecimento (IE) em função do tempo de branqueamento térmico de alcachofra pré-tratada com antioxidantes.....	46
----------	--	----

CAPÍTULO 3

FIGURA 1	Cinética de primeira ordem para força de penetração (C) de fundos de alcachofra.....	56
FIGURA 2	Modelo de Arrhenius para os parâmetros cinéticos de degradação da textura.....	57
FIGURA 4	Parâmetros cinéticos para degradação da textura (log D) e destruição de microorganismos (log F) em fundos de alcachofra.....	58

CAPÍTULO 4

FIGURA 1	História térmica de fundos de alcachofra processados sob alto vácuo.....	74
FIGURA 2	Curva de resfriamento (a) e aquecimento (b) obtidas para fundos de alcachofra processados sob alto vácuo...	75

CAPÍTULO 5

FIGURA 1	História térmica de fundos de alcachofra processados sob alto vácuo. a) <i>solid pack</i> b)convencional.....	94
FIGURA 2	História bária de fundos de alcachofra <i>solid pack</i> processados sob alto vácuo.....	96

CAPÍTULO 6

FIGURA 1	Amostras processadas e comerciais utilizadas na avaliação sensorial. a) congelada b) em conserva acidificada c) processada <i>solid pack</i> d) processada convencional.....	107
FIGURA 2	Apresentação das amostras para avaliação sensorial, dois blocos com duas amostras cada, distribuídas aleatoriamente.....	108

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

TABELA 1	Conteúdo total de compostos fenólicos em diferentes partes do botão e das folhas de cinco variedades de alcachofra.....	9
TABELA 2	Médias das concentrações de nutrientes e de cobalto, alumínio e sódio em alcachofra das variedades roxa de são roque (<i>Cynara scolymus</i> L.).....	12
TABELA 3	Conteúdo de cinzas de composição mineral de alcachofra (<i>Cynara cardunculus</i> L.).....	13
TABELA 4	Conteúdo de compostos fenólicos (mg/100g de matéria seca) em botões de alcachofra armazenadas a temperatura ambiente (20°C) e refrigeradas (4°C).....	14

CAPÍTULO 2

TABELA 1	Delineamento experimental para pré-tratamento de fundos de alcachofra (<i>Cynara cardunculus scolymus</i> L) com antioxidantes.....	43
TABELA 2	Resultados cinéticos obtidos para amostras de alcachofra pré-tratadas com soluções antioxidantes e branqueadas em temperatura de ebulição.....	46

CAPÍTULO 3

TABELA 1	Resultados obtidos para a força de penetração (gramas) em função do tempo de tratamento nas diferentes temperaturas, para fundos de alcachofra.....	55
TABELA 2	Parâmetros cinéticos da degradação da textura em fundos de alcachofra.....	55
TABELA 3	Força de penetração (C) estimadas para F mínimo em cada temperatura.....	59

CAPÍTULO 4

TABELA 1	Receita de processo térmico sob alto vácuo para fundos de alcaçofra envasados em latas “abre fácil” em salmoura convencional e <i>solid pack</i>	67
TABELA 2	Valores de F_{oh} em $\beta \geq 0$ e $Biot = \infty$ requeridos para valores constantes de $N_{i,1}$, $N_{i,2}$ and $C_{i,0}/C_i$	72
TABELA 3	Parâmetros de penetração de calor obtidos para fundos de alcaçofra processados sob alto vácuo.....	76
TABELA 4	Coeficientes de transferência de calor obtidos para fundos de alcaçofra processados sob alto vácuo.....	77
TABELA 5	Letalidade, cozimento, textura e pH obtidos para fundos de alcaçofra processados sob alto vácuo em salmoura convencional e <i>solid pack</i>	78
TABELA 6	Adimensionais de Thijssen calculadas para fundos de alcaçofra processados sob alto vácuo.....	80
TABELA 7	Parâmetros de processo otimizados pelo método de Thijssen para fundos de alcaçofra processados sob alto vácuo.....	80

CAPÍTULO 5

TABELA 1	Receita de processo térmico sob alto vácuo para fundos de alcaçofra envasados em latas “abre fácil” em salmoura convencional e <i>solid pack</i>	88
TABELA 2	Resultados médios obtidos no pré-processamento de fundos de alcaçofra para cálculo do rendimento.....	92
TABELA 3	Variação de massa dos fundos de alcaçofra processados sob alto vácuo em salmoura convencional e <i>solid pack</i>	93
TABELA 4	Parâmetros de penetração de calor obtidos para fundos de alcaçofra processados sob alto vácuo.....	95
TABELA 5	Coeficientes de transferência de calor obtidos para fundos de alcaçofra processados sob alto vácuo.....	97
TABELA 6	Letalidade e cozimento obtidos para fundos de alcaçofra processados sob alto vácuo.....	99

CAPÍTULO 6

TABELA 1	Valores médios dos atributos de preferência e atitude de compra obtidos para as amostras de fundos de alcachofra.....	109
----------	---	-----

TABELA 2	Resultados obtidos para o pH e textura instrumental de fundos de alcachofra.....	110
----------	--	-----

CAPÍTULO 7

TABELA 1	Resultados médios da composição físico-química de fundos de alcachofra <i>in natura</i> e processadas sob alto vácuo.....	120
----------	---	-----

TABELA 2	Valores médios do conteúdo de minerais em fundos de alcachofra <i>in natura</i> e processados sob alto vácuo.....	123
----------	---	-----

1. INTRODUÇÃO GERAL

É crescente o interesse por alimentos que desempenhem mais que a função puramente nutritiva, ou seja, apresentem atividades funcionais, tais como a prevenção da ação de radicais livres, redução do colesterol, ação como hepatoprotetor, entre outras. Na composição destes alimentos encontram-se compostos químicos que, mesmo em pequenas quantidades, podem exercer efeitos preventivos e/ou curativos em distúrbios fisiológicos. Várias estruturas químicas presentes na alcachofra são responsáveis por sua atividade antioxidante e conseqüentemente sua função fisiológica. Entre estas substâncias destacam-se os compostos fenólicos, tais como os ácidos derivados do ácido caféico e flavonóides (MENRAD, 2003; DOGAN *et al.*, 2005).

O desenvolvimento de pesquisas sobre os alimentos funcionais e seus componentes, assim como, a recente tecnologia das indústrias de alimentos que utilizam ingredientes funcionais na fabricação de seus produtos está em crescente expansão. O mercado global de alimentos funcionais é estimado em mais de 33 bilhões de dólares anuais (MENRAD, 2003).

A alcachofra (*Cynara scolymus L.*) é uma flor exótica e comestível, originária da Etiópia e do Egito, apreciada na Europa Mediterrânea e que conquista cada vez mais o paladar dos brasileiros (CRAVERO *et al.*, 2002). A alcachofra é, na verdade, uma flor imatura que pertence à família *Asteraceae*, a mesma das margaridas e dos girassóis. A cidade de Piedade, no interior paulista, é considerada a maior produtora de alcachofras do Brasil por produzir flores o ano todo (cerca de 700 mil caixas por ano), segundo Osmar Borzacchini, diretor municipal de agricultura do município (DI GIULIO, 2004).

A parte mais apreciada da flor é o coração ou fundos, bastante usado na produção de conservas e para a preparação de vários pratos. Das pétalas, consome-se a parte mais carnuda, e os talos também podem ser aproveitados. Na verdade, a alcachofra tem seis partes: as pétalas externas, não comestíveis; as pétalas intermediárias ou “sedas”, que também não se come; o “coração”, ou fundo, que é comestível, sendo a parte mais suculenta e a mais apreciada na

culinária; a base das pétalas internas, carnuda é também comestível; e o talo que, depois de limpo pode ser usado em sopas e saladas e os espinhos que devem ser removidos antes do consumo. As partes comercializáveis são os chamados “botões”, vendidos *in natura* (ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE ALCACHOFRA DE PIEDADE, 2008).

A alcachofra *in natura* possui pH em torno de 6,5 e 5,5, respectivamente para o fundo e talo, e elevada atividade de água, sendo classificada como um alimento de baixa acidez. Teoricamente esse grupo de alimentos oferece risco potencial de proliferação de bactérias patogênicas, inclusive *Clostridium botulinum*, razão pela qual medidas extremas de segurança devem ser adotadas em seu processamento (GONÇALVES *et al.*, 1992).

O *C.botulinum* não se desenvolve em atividade de água inferior a 0,93 e nem produz toxinas em pH inferior a 4,5 e por este motivo o processamento convencional da alcachofra é realizado pela acidificação com ácido cítrico ou vinagre até pH inferior ou igual a 4,5 para garantir a segurança do produto (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1990). O uso de acidulantes descaracteriza sensorialmente a alcachofra, normalmente consumida como uma especialidade gastronômica, surgindo a necessidade de se desenvolver alternativas de processamento que não alterem seu sabor e textura característicos. Entre essas alternativas existem o congelamento, a esterilização e a desidratação.

De acordo com Dogan *et al.* (2005), devido ao elevado conteúdo de compostos fenólicos (425 mg/100 g de peso fresco), a alcachofra é um vegetal extremamente susceptível ao escurecimento enzimático de forma que qualquer que seja o processamento proposto deve ser precedido da etapa de inativação enzimática ou branqueamento.

Na categoria de alimentos de baixa acidez, o processamento térmico deve ser conduzido de forma a assegurar a esterilidade comercial do produto final e deve atender as seguintes condições: ausência de microorganismos capazes de crescimento e deterioração do produto nas condições normais de armazenamento; e ausência de microorganismos patogênicos capazes de proliferar no alimento (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1990).

A determinação do processamento térmico, ou seja, da temperatura e tempo de aquecimento adequados para alcançar a esterilidade comercial, depende da resistência térmica dos microorganismos contaminantes, ou seja, sabendo-se a quantidade de calor requerida para a sua destruição e conhecendo-se como se sucede o aquecimento do produto. A partir dos parâmetros que caracterizam a penetração de calor, é possível determinar matematicamente o tempo em que o produto deve ser mantido a uma determinada temperatura para que seja alcançada a taxa de destruição microbiana desejada (RODRIGO e MARTINEZ, 1988).

O aumento da demanda por alimentos de alta qualidade têm inspirado os pesquisadores e a indústria de alimentos a buscar novas alternativas aos métodos convencionais de processamento (AWUAH *et al.*, 2007). No entanto a necessidade de otimizar a qualidade e ao mesmo tempo reduzir os custos de operação, conduz a reavaliação de sistemas já existentes em busca de benefícios adicionais, como os que podem ser obtidos com o processamento térmico de alimentos enlatados sob alto vácuo (25 pol Hg). Esta tecnologia já é conhecida desde a década de 70, mas estudos sobre a transferência de calor com o uso de rotação/agitação das embalagens podem conduzir a melhores resultados tanto econômicos quanto na qualidade dos alimentos processados (SCHMIDT, 2000).

Os alimentos processados sob alto vácuo, também conhecidos como *solid pack*, contêm aproximadamente 10% de líquido em relação ao volume da embalagem. Os benefícios desse processo são: redução drástica do peso da embalagem e conseqüentemente do custo de transporte; ocorrência apenas pequenas trocas de massa por osmose entre o produto e a salmoura mantendo o teor de sais minerais e vitaminas praticamente intactos durante a estocagem; diminuição dos efeitos das reações de oxidação pela eliminação quase que completa do ar residual da embalagem, devido ao alto vácuo do processo (SCHMIDT, 2000)

As latas “abre-fácil” Rojek® são uma inovação nacional no mercado de latas e ainda não são utilizadas para alimentos de baixa acidez ($\text{pH} > 4,5$ e $\text{Aa} > 0,85$) e, deste modo, poderão ampliar sua participação no setor de conservas tanto no Brasil como no exterior.

Desde a década de 80 já existia uma demanda por conservas de alcachofra com sabor mais natural e menos ácida, o que depende do emprego de novos métodos de processamento térmico, ainda não utilizados comercialmente (RODRIGO e MARTINEZ, 1988).

Fica evidente a necessidade de estudos científicos que abordem o desenvolvimento de tecnologias de processamento da alcachofra de forma a preservar suas características sensoriais e nutricionais, fornecendo parâmetros objetivos que orientem o desenvolvimento de produtos seguros. Estudos desta natureza além de serem de grande interesse do ponto de vista comercial, também são de inquestionável importância do ponto de vista de saúde pública.

2. OBJETIVOS

Este trabalho de pesquisa teve como objetivo geral estudar o processamento térmico da alcachofra (*Cynara cardunculus scolymus L.*) da variedade roxa de são roque, sob alto vácuo.

2.1 Objetivos específicos

2.1.1 Avaliar o efeito do pré-tratamento com antioxidantes para inibição do escurecimento enzimático de amostras branqueadas termicamente;

2.1.2 Determinar os parâmetros cinéticos de degradação térmica da textura de fundos de alcachofra;

2.1.3 Determinar os parâmetros de penetração de calor, o histórico térmico e bórico no processamento térmico da alcachofra embalada em latas “abre-fácil” Rojek® sob agitação “end-over-end”;

2.1.3 Determinar a letalidade (F_0) e cozimento (C) para o processamento térmico sob alto vácuo.

2.1.4. Determinar a textura e as características físico-químicas e sensoriais da alcachofra processada termicamente sob alto vácuo em salmoura convencional e *solid pack*.

CAPÍTULO 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. A ALCACHOFRA

A alcachofra (*Cynara scolymus L.*) é uma flor exótica e comestível, originária da Etiópia e Egito, apreciada na Europa Mediterrânea e que conquista cada vez mais o paladar dos brasileiros (CRAVERO *et al.*, 2002). A alcachofra é, na verdade, uma flor imatura que pertence à família *Asteraceae*, a mesma das margaridas e dos girassóis (DI GIULIO, 2004).

Sua história como alimento remonta ao Império Romano, quando passou a freqüentar as mesas e suas propriedades nutritivas e medicinais foram descobertas. Em 100 gramas de alcachofra se encontram vitaminas do complexo B, potássio, cálcio, fósforo, iodo, magnésio, sódio e ferro. Ela auxilia a digestão e melhora as funções do fígado, graças à ciarina, uma substância encontrada na planta. É indicada para pessoas com diabetes e hepatite (DI GIULIO, 2004).

A parte mais saborosa da flor é o coração ou fundo, bastante usado na produção de conservas e para a preparação de vários pratos. Das pétalas, consome-se a parte mais carnuda, e os talos também podem ser aproveitados. Na verdade, a alcachofra tem seis partes: as pétalas externas, não comestíveis; as pétalas intermediárias ou “sedas”, que também não se come; o “coração”, ou fundo, que é comestível, sendo a parte mais succulenta e a mais apreciada na culinária; a base das pétalas internas, carnuda é também comestível; e o talo que, depois de limpo pode ser usado em sopas e saladas e os espinhos que devem ser removidos antes do consumo, conforme Figura 1.

As partes comercializáveis são os chamados “botões”, vendidas *in natura* (ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE ALCACHOFRA DE PIEDADE, 2008). Para apreciar a alcachofra o jeito mais simples é cozinhá-la em água, retirar os espinhos e depois saborear as pétalas com um molho de azeite, vinagre, sal e cebola.

A cidade de Piedade, no interior paulista é considerada a maior produtora de alcachofras do Brasil por produzir flores o ano todo (cerca de 700 mil caixas por ano), segundo Osmar Borzacchini, diretor municipal de agricultura do município (DI GIULIO, 2004).



FIGURA 1. Partes do botão de alcachofra (*Cynara cardunculus scolymus L.*)
 FONTE: Adaptado de Art & Critique (2011).

Embora tecnicamente os corações e fundos de alcachofra façam parte da mesma estrutura vegetal, comercialmente as indústrias denominam fundo de alcachofra a base dos botões de tamanho médio a grande e denominam coração de alcachofra a parte interna (pétalas intermediárias, internas, fundos e espinho) de botões muito pequenos e ainda muito tenros, conforme Figura 2.



FIGURA 2. a) Coração de alcachofra em conserva b) Fundos de alcachofra em conserva.

FONTE: Adaptado de Barreto (2011).

No exterior, cerca de 90% da área plantada com alcachofra se encontra na região do Mediterrâneo e o restante nos Estados Unidos. No continente sul-americano, a maior área está na Argentina. A Itália é o país onde a espécie é mais

amplamente cultivada, seguida da Espanha, França e Marrocos, segundo dados da “Food and Agriculture” (FAO) da Organização das Nações Unidas (GARCIA *et al.*, 1999).

A Argentina ocupa o 4º Lugar na produção mundial de alcachofra produzindo 79,6 mil toneladas e com consumo per capita de 2,6 kg por habitante por ano (GARCIA *et al.*, 1999). A produção argentina está concentrada no cinturão hortícola de Rosário. Cerca de 90% da produção é do cultivar denominado *Francês*. A colheita nessa região é feita a partir do mês de agosto e vai até outubro, quando a elevação da temperatura faz com que a alcachofra perca qualidade e ocorra a abertura das brácteas.

A produção concentrada em uma única época do ano faz com que a oferta se torne deficitária nos outros períodos. Uma alternativa para incrementar a rentabilidade do cultivo é produzir na entressafra para se obter preços mais altos. Isso pode ser feito pelo uso exógeno de reguladores de crescimento como o ácido giberélico (AG₃) (GARCIA *et al.*, 1999).

São quatro as variedades mais encontradas no mercado: violeta de proença, roxa de são roque, verde lion e verde grande da bretanha. A mais consumida no Brasil é a roxa de são roque (DI GIULIO, 2004).

A alcachofra (*Cynara scolymus* L. família Asteraceae) é hortaliça perene, cujo cultivo realiza-se em locais de clima ameno. A multiplicação da planta é assexuada e se faz por meio de rebentões (CAMARGO, 1984). Esse tipo de reprodução vegetativa conserva as mesmas características da planta-mãe, mas carrega pragas e doenças também (ROSSI e MONTEIRO, 2001).

Cada planta dá em média de 10 a 12 flores, a comercialização é feita por unidade de botão e o preço varia com o tamanho e a oferta (DI GIULIO, 2004). Segundo Cravero *et al.* (2005) a firmeza e a cor do botão são características importantes que definem a qualidade da alcachofra, porque são percebidas pelo consumidor.

Diferenças na coloração do botão dependem da concentração e da localização das antocianinas. Alguns cultivares são completamente verdes (sem antocianinas) enquanto outros são completamente púrpura ou apresentam mistura dessas cores (CRAVERO *et al.*, 2005).

Além da cor a aparência do botão de alcachofra também está relacionada com a firmeza, que é uma característica desejável não somente do ponto de vista estético, mas também por razões relacionadas à colheita e acondicionamento da alcachofra, pois práticas inadequadas de manuseio promovem a perda de água por transpiração do vegetal e causam a murcha dos botões. A firmeza também depende do formato das pétalas e da sua posição no botão e pode variar de macio a firme, sendo as variedades mais macias menos valorizadas comercialmente (CRAVERO *et al*, 2005).

2. COMPOSIÇÃO DA ALCACHOFRA

É crescente o interesse em alimentos que desempenhem mais que a função puramente nutritiva, ou seja, apresentem atividades funcionais, tais como prevenir ação de radicais livres, reduzir o colesterol, atuar como hepatoprotetor entre outras funções. Na composição destes alimentos encontram-se compostos químicos que, mesmo em pequenas quantidades, podem exercer efeitos preventivos e/ou curativos em distúrbios fisiológicos.

Entre as estruturas químicas presentes na alcachofra e às quais se atribui atividade antioxidante e conseqüentemente sua função fisiológica, destacam-se os compostos fenólicos tais como os ácidos derivados do ácido caféico e flavonóides (LATTANZIO e VAN SUMERE, 1987; FRATIANNI *et al.*, 2007).

Nos alimentos em geral as substâncias fenólicas podem aparecer livres ou na forma de glicosídeos. Os poliglicosídeos são muito solúveis em água e pouco solúveis em solventes orgânicos apolares. A posição do açúcar na estrutura fenólica influi na solubilidade e em outras propriedades físico-químicas. As agliconas apresentam uma grande variedade de solubilidade e estabilidade. Estas diferenças podem ser usadas para separá-las, quantificá-las e desenvolver estudos de suas atividades fisiológicas (FURLONG *et al*, 2008).

O conteúdo de compostos fenólicos presentes na alcachofra varia conforme o estágio fisiológico de desenvolvimento com redução gradual e contínua com o crescimento da planta. De acordo com Lattanzio *et al.* (1994) o ácido clorogênico é encontrado em maior quantidade nos tecidos mais jovens e é o principal *Orto*-monofenol presente nos botões de alcachofra (1545 mg/100 g de matéria seca),

enquanto o *Orto*-difenoil presente em maior quantidade é o ácido 1,5-O-dicafeoilquinina (837 mg/100g de matéria seca).

De acordo com estudo realizado por Fratianni *et al.* (2007), nas cinco variedades estudadas os botões apresentaram maior conteúdo de compostos fenólicos do que as folhas, que são normalmente utilizadas na indústria fitoterápica. As partes que apresentaram maior conteúdo de compostos fenólicos foram os fundos e as pétalas internas, conforme Tabela 1.

As partes aéreas da alcachofra apresentaram elevado conteúdo de polifenóis totais em estudo realizado por Falleh *et al.* (2008). As folhas e as sementes apresentaram conteúdo similar, respectivamente 14,79 e 14,33 mg expressos em ácido gálico (GAE) por grama de matéria seca (mg GAE/g DW), seguida pelas flores com 6,96 mg GAE/g DW.

TABELA 1. Conteúdo total de compostos fenólicos em diferentes partes do botão e das folhas de cinco variedades de alcachofra.

Variedades	Fundos	Pétala	Pétala	Pétala	Folhas
		interna	intermediária	externa	
Aquara	3,09 (+/-0,09)	7,61 (+/-0,07)	1,54 (+/-0,01)	0,47 (+/-0,01)	0,69 (+/-0,14)
Bianco de Pertosa	1,36 (+/-0,03)	2,35 (+/-0,04)	0,61 (+/-0,02)	0,51 (+/-0,06)	0,52(+/-0,01)
Violet de Provence	1,32 (+/-0,02)	2,33 (+/-0,01)	0,50 (+/-0,04)	0,58 (+/-0,07)	0,68 (+/-0,01)
Tondo de Paestum	3,09 (+/-0,07)	2,95 (+/-0,04)	0,98 (+/-0,07)	0,54 (+/-0,02)	0,60 (+/-0,10)
C3	1,98 (+/-0,09)	8,03 (+/-0,14)	1,74 (+/-0,01)	1,79 (+/-0,01)	2,30 (+/-0,01)

Os dados são médias de 3 determinações e estão expressas em mM/g de produto fresco.

Fonte: Adaptado de FRATIANNI *et al.*, 2007.

Entre os polifenóis presentes na alcachofra Fratianni *et al.* (2007), quantificaram alguns ácidos hidroxicinâmicos como o ácido clorogênico, *p*-cumárico e ferrúlico, assim como a cinarina (ácidos 1,3-dicafeoilquinico) e os flavonóides apigenina e luteolina. Foram analisadas diferentes partes de 5 variedades de alcachofra, conforme Figura 3.

Os derivados do ácido hidroxicinâmico estão presentes principalmente nos talos e nas pétalas internas e em menor quantidade nas pétalas intermediárias e externas. A única exceção foi o ácido clorogênico na variedade Aquara, enquanto a variedade C3 apresentou pequena variação nas diferentes partes do botão. A

ciarina, principal polifenol associado às propriedades anti-colesterolêmica da alcachofra, não apresentou variação significativa nas diferentes partes das cinco variedades estudadas (FRATIANNI *et al*, 2007).

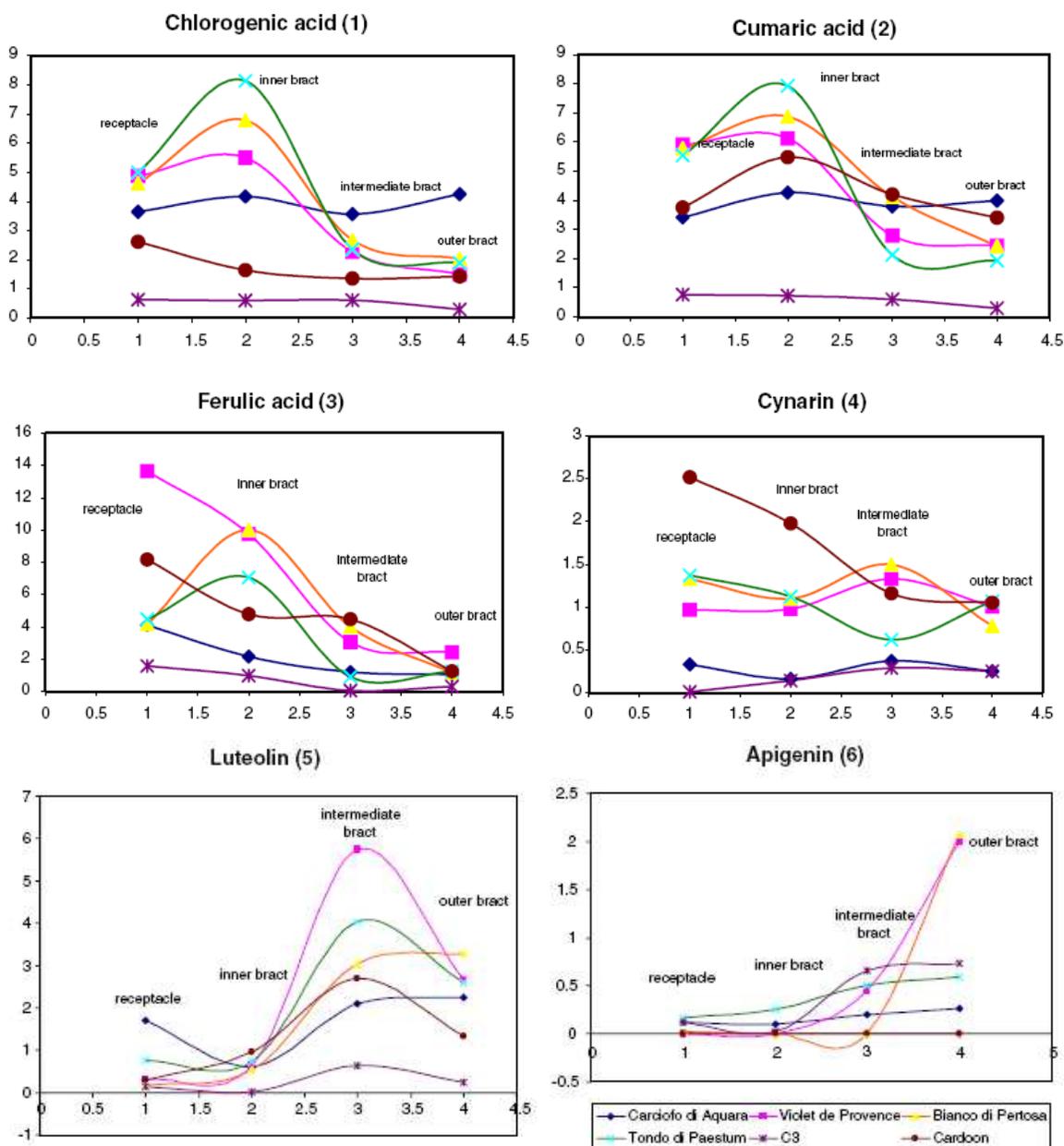


FIGURA 3. Análise quantitativa de polifenóis em diferentes partes (talos, e pétalas internas, intermediárias e externas) dos botões de variedades de alcachofras.

NOTA: Os valores representam a média de 3 amostras independentes. 1. Ácido clorogênico. 2. Ácido cumárico. 3. Ácido ferrúlico. 4. Ciarina. 5. Luteolina. 6. Apigenina

Fonte: FRATIANNI *et al*, 2007.

Quantidade significativa de ácido clorogênico foi encontrada na parte interna das pétalas de alcachofras nas variedades *Tondo di Paestum*, *Bianco di*

Pertosa e Violeta de Provence, respectivamente 8,14; 6,79 e 5,5 $\mu\text{M/g}$ (FRATIANNI *et al.*, 2007). De acordo com com Fratianni *et al.* (2007) esse resultado é muito importante, pois estudos *in vivo* demonstraram propriedades antioxidantes e anticarcinogênica do ácido clorogênico.

De maneira semelhante, o ácido cumárico também se encontra em maior quantidade nos talos e partes internas das pétalas. As variedades *Tondo di Paestum*, *Bianco di Pertosa* e *Violeta de Provence* apresentaram respectivamente, 7,92; 6,87 e 6,12 $\mu\text{M/g}$, em estudo realizado por FRATIANNI *et al.* (2007). O ácido cumárico tem recebido muita atenção nos últimos anos devido a suas propriedades anti-inflamatórias.

Os flavonóides luteolina e apigenina têm diversas atividades farmacológicas e são componentes bioativos de diferentes plantas. No mesmo estudo realizado por Fratianni *et al.* (2007), o conteúdo de luteolina foi maior nos talos e nas partes internas das pétalas (variando de 0,02 a 1,7 $\mu\text{M/g}$), enquanto o conteúdo mais elevado foi determinado nas partes intermediárias das variedades *Violet de Provence*, *Tondo di Paestum* e *Bianco di Pertosa*, as que apresentaram maior conteúdo de flavonóides (5,74; 4,03 e 3,03 $\mu\text{M/g}$, respectivamente).

A presença de luteolina é muito importante para os efeitos terapêuticos atribuídos a alcachofra, pois é o composto responsável pela inibição da biossíntese do colesterol (GEBHARDT e BECK, 1996).

O conteúdo de apigenina determinado por Fratianni *et al.* (2007) foi baixo nos talos e partes internas de todas as variedades de alcachofra estudadas, os quais bruscamente aumentaram nas pétalas externas das variedades *Bianco di Pertosa* (2,07 $\mu\text{M/g}$) e *Violet de Provence* (2 $\mu\text{M/g}$).

Em estudo realizado por Falleh *et al.* (2008) o conteúdo de flavonóides variou de 6 a 10 mg expressos em catequina (CE) por grama de matéria seca (CE/g DW) nas partes aéreas da alcachofra, sendo menor nas flores (5,58) do que nas folhas (9,08) e sementes (9,78). Os flavonóides representam a maior parte do conteúdo de polifenóis nas flores (80%) e está presente em menor proporção nas folhas (61%) e sementes (68%).

Os taninos estão presentes nas partes aéreas da alcachofra, porém em menor quantidade que os flavonóides, principalmente nas flores (1,28 CE/g DW),

seguida pelas folhas (1,96 CE/g DW) e sementes (2 mg CE/g DW), conforme estudo realizado por Falleh *et al.* (2008).

Gil-Izquierdo *et al.* (2001) estudaram o efeito da temperatura de armazenamento (0, 2, 5, 7 e 10°C) durante 14 dias no conteúdo de antioxidantes como a vitamina C e compostos fenólicos na alcachofra da variedade “Branca de Tudela”. O conteúdo de vitamina C foi maior nas pétalas internas comparado com as externas (193 e 144 mg/kg de matéria fresca, respectivamente) e reduziu em todas as temperaturas de armazenamento.

TABELA 2. Média das concentrações de nutrientes e de cobalto, alumínio e sódio em alcachofra das variedades roxa de são roque e branca (*Cynara scolymus L.*).

	ROXA DE SÃO ROQUE		BRANCA	
	FOLHA + CAULE	INFLORESCÊNCIA	FOLHA + CAULE	INFLORESCÊNCIA
N (%)	2,41	2,90	2,38	2,57
P (%)	0,436	0,430	0,371	0,421
K (%)	3,75	2,96	3,85	2,85
Ca (%)	0,88	0,49	0,93	0,41
Mg (%)	0,22	0,28	0,18	0,25
S (%)	0,212	0,144	0,213	0,147
B (ppm)	16	13	17	12
Cl (ppm)	9518	6013	13445	10966
Cu (ppm)	6,6	11,3	5,4	5,4
Fe (ppm)	226	130	312	116
Mn (ppm)	42	42	36	38
Mo (ppm)	0,05	0,02	0,06	0,04
Zn (ppm)	26	55	27	43
Co (ppm)	0,06	0,06	0,05	0,06
Al (ppm)	209	55	441	51
Na (ppm)	784	273	906	474
Água (%)	90,5	86,2	90,5	86,4
IRPF(%)	51,7	48,3	47,1	52,9

Nota: IRPF = índice de relação peso fresco
 FONTE: FURLANI *et al.*, 1978.

No armazenamento, o conteúdo total de compostos fenólicos (618 mg/kg), ácido clorogênico (143 mg/kg) e ácido 1,4-dicafeoilquinico + 4,5 dicafeoilquinico (207 mg/kg) aumentaram nas pétalas internas, particularmente a 2, 5 e 7°C. Por

outro lado o ácido 1,5-dicafeoilquinico + 3,5-dicafeoilquinico diminuíram de 260 para 150 mg/kg depois da estocagem (GIL-IZQUIERDO *et al.*, 2001).

A composição mineral de duas variedades de alcachofra foram determinadas por Furlani *et al.* (1978) , conforme dados da Tabela 2. O caule e folhas das variedades Roxa de São Roque e Branca apresentaram maior conteúdo de umidade do que a inflorescência, além de maior conteúdo da maioria dos minerais pesquisados, exceto nitrogênio, magnésio e zinco para a duas variedades e o fósforo, manganês e cobalto para a variedade Branca.

De acordo com Monti *et al.* (2008) o conteúdo de cinzas é maior nas folhas (117 g/kg) e muito próximo para os caules e inflorescência, respectivamente 68 e 67 mg/kg, conforme dados apresentados na Tabela 3. A inflorescência apresentou conteúdo elevado de nitrogênio, cálcio, cloro, sódio e fósforo e baixo conteúdo de ferro quando comparado às folhas e ao caule.

TABELA 3. Conteúdo de cinzas e composição mineral de alcachofra (*Cynara cardunculus L.*).

	FOLHA	CAULE	INFLORESCÊNCIA
Cinzas (g/kg)	117	68	67
Nitrogênio (mg/kg)	9,6	3,0	14,3
Carbono (g/kg)	417	401	444
Alumínio (mg/kg)	1781	150	106
Cálcio (mg/kg)	27,802	12,19	9960
Cloro (mg/kg)	13,143	18,171	9863
Ferro (mg/kg)	655	79	71
Potássio (mg/kg)	4711	6467	19,325
Magnésio (mg/kg)	1876	766	1815
Sódio (mg/kg)	11,942	12,807	1340
Fósforo (mg/kg)	1459	1363	2427
Enxofre (mg/kg)	3760	1740	1708
Sílica (mg/kg)	4267	889	474

Fonte: MONTI *et al.* (2008).

O conteúdo de compostos fenólicos nos botões de alcachofra fresca e armazenada em duas temperaturas (20°C e 4°C) estão apresentados na Tabela 4. Os botões frescos contêm apenas traços de apigenina e luteolina livre (fração A),

enquanto no vegetal com injúrias visíveis houve um aumento no conteúdo desses compostos os quais junto com o ácido caféico, foram encontrados na forma livre (fração A), provavelmente devido a reações hidrolíticas (LATTANZIO e VAN SUMERE, 1987).

TABELA 4. Conteúdo de compostos fenólicos (mg/100 g de matéria seca) em botões de alcachofra armazenadas a temperatura ambiente (20°C) e refrigeradas (4°C).

Compostos fenólicos	Frescos	Sadios com qualidade comercial		Com escurecimento interno		Com injúrias visíveis externamente	
		20°C	4°C	20°C	4°C	20°C	4°C
Fração A							
Ácido caféico	-	-	-	-	-	34,8	2,7
Apigenina	traços	-	-	-	-	31,5	23,4
Luteolina	traços	-	-	-	-	48,5	23,8
Fração B							
Ácido vanílico	0,9	0,5	1,0	0,5	0,8	1,4	0,2
Ácido siríngico	5,3	7,5	14,9	2,8	3,6	5,9	1,8
Ácido <i>p</i> -cumárico	2,8	5,2	3,1	2,9	1,4	3,3	2,1
Ácido caféico	2581	5270	3637	1754	2364	1218	1260
Ácido ferrúlico	5,1	26,7	18,3	4,2	6,4	3,9	12,1
Apigenina	31	48,2	44,6	10,4	27,4	13,1	3,2
Luteolina	36,2	66,9	78,3	12,4	44	17,9	6,4
Fração D							
Ácido vanílico	0,4	0,6	1,1	0,3	1	0,7	0,3
Ácido siríngico	0,9	2,2	5,9	0,4	1,5	1,1	0,8
Ácido <i>p</i> -cumárico	5,7	9	11,3	11,9	8,2	9,1	16,4
Ácido caféico	563	1410	1144	429	413	276	420
Ácido ferrúlico	0,1	0,1	0,3	traços	Traços	traços	traços

Nota: Fração A: fenóis livres. Fração B: fenóis ligados, solúveis em álcool e carbonatos, insolúveis em éter etílico e instáveis em álcalis. Fração D: fenóis ligados, insolúveis em álcool e instáveis em álcalis. Os dados correspondem a média ponderada de seis botões

Fonte: LATTANZIO e VAN SUMERE (1987).

O conteúdo de compostos fenólicos aumentou consideravelmente durante a estocagem dos botões sadios por 2 semanas a 20°C e por 1 mês a 4°C, conforme

Tabela 4. Nas amostras com escurecimento interno armazenadas por 2 semanas a 20°C ocorreu uma redução no conteúdo de ácido caféico, assim como o de outros compostos fenólicos, enquanto nas amostras com injúrias visíveis externamente armazenadas pelo mesmo período de tempo, houve uma redução de cerca de 50% no conteúdo de ácido caféico em relação a amostra fresca. Nas amostras armazenadas a 4°C a redução no conteúdo de ácido caféico ocorreu mais lentamente (LATTANZIO e VAN SUMERE, 1987).

A alcachofra possui alto conteúdo de inulina (3% do peso fresco). A inulina é um tipo de carboidrato com propriedades funcionais (prebiótico). No processamento da alcachofra enlatada é gerado cerca de 70% do seu peso em resíduos, o qual pode ser utilizado para a extração da inulina (LÓPEZ-MOLINA *et al.*, 2005).

A inulina extraída da alcachofra (*Cynara scolymus* L) é moderadamente solúvel em água (máximo de 5% a temperatura ambiente), tem sabor neutro, sem nenhum sabor residual ou *off-flavor*, porém não é doce. Possui grau de polimerização (GP) de 46, maior do que o grau de polimerização do *Jerusalem artichoke* (GP 26), chicória (GP 24) e Dália (GP 43). Quando misturada com água forma um gel cremoso com boa espalhabilidade e que pode ser incorporado aos alimentos para substituir até 100% da gordura. Pode ser utilizado em combinação com outros hidrocolóides como a gelatina, alginato, *k* e *i*-carragena, goma gelana e maltodextrina (LÓPEZ-MOLINA *et al.*, 2005).

3. PROPRIEDADES FUNCIONAIS

As folhas da alcachofra são utilizadas na medicina fitoterápica e são reconhecidas por seus benefícios desde tempos remotos, incluindo a circulação sanguínea, inibição da biossíntese do colesterol e oxidação do LDL colesterol, além de apresentar atividade antibacteriana, antifúngica e antioxidante. Possui ainda possui forte efeito hepatoprotetor (FRATIANNI *et al.*, 2007).

O extrato das folhas de alcachofra é utilizado na medicina popular contra doenças do fígado; para o tratamento de hepatite e hiperlipidemia na medicina tradicional Européia; para exercer um efeito hepatoprotetor; para o preparo de

chás ou produtos medicinais; no tratamento de disfunções hepatobiliares e problemas digestivos, como a perda de apetite, náusea e dores abdominais; em vários sistemas farmacológicos: antibacteriano, antioxidante, anti-HIV, secreção de bile, hepatoprotetor, urinário e atividade colesterolêmica e tem a habilidade de inibir a biosíntese do colesterol e a oxidação da lipoproteína de baixa densidade (LDL); inibir o estresse oxidativo gerado por espécies reativas do oxigênio nos leucócitos humanos (DOGAN *et al.*, 2005). Todas essas propriedades fazem da alcachofra um alimento importante para a indústria.

4. PROCESSAMENTO DA ALCACHOFRA

Os produtores, além da venda dos botões *in natura*, comercializam as folhas da alcachofra para indústria farmacêutica, para a fabricação de produtos de beleza e medicamentos e os botões, de onde são retirados os fundos que são utilizados para a fabricação de conservas em salmoura (ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE ALCACHOFRA DE PIEDADE, 2008).

A alcachofra *in natura* possui pH em torno de 6,5 e 5,5, respectivamente para os fundos e talo, e atividade de água acima de 0,90, sendo classificada como um alimento de baixa acidez. Teoricamente esse grupo de alimentos oferece risco potencial de proliferação de bactérias patogênicas, inclusive *C. botulinum*, razão pela qual medidas extremas de segurança devem ser adotadas em seu processamento (GONÇALVES *et al.*, 1992).

O *C.botulinum* não se desenvolve em atividade de água inferior a 0,93 e nem produz toxinas em pH igual ou inferior a 4,5 por isto no processamento convencional da alcachofra é realizada a acidificação com ácido cítrico, vinagre ou ácido acético até pH inferior a 4,5 para garantir a segurança do produto. No entanto, o uso de acidulantes descaracteriza sensorialmente a alcachofra, normalmente consumida como uma especialidade gastronômica, surgindo a necessidade de se desenvolver alternativas de processamento que não alterem seu sabor e textura característico. Entre essas alternativas temos o congelamento, a esterilização e a desidratação.

Devido ao elevado conteúdo de compostos fenólicos, de acordo com Dogan *et al.*(2005) 425 mg/100 g de peso fresco, a alcachofra é um vegetal extremamente susceptível ao escurecimento enzimático de forma que qualquer que seja o processamento proposto deve ser precedido da etapa de inativação enzimática ou branqueamento.

4.1 Inibição do escurecimento enzimático

A alcachofra mesmo quando armazenada sob refrigeração desenvolve cor e odor indesejáveis, além de perdas nutricionais devido ao escurecimento enzimático. Essa reação é catalisada por uma enzima endógena: a polifenoloxidase (PPO), cujo centro ativo contém o cobre. A PPO pode catalisar a orto-hidroxilação de monofenóis e a oxidação de orto-difenóis para orto-quinonas, que são polimerizadas formando pigmentos marrons, vermelhos e pretos (ARAÚJO, 2004).

Em estudo realizado por Dogan *et al.* (2005) a PPO presente na alcachofra não mostrou atividade sobre os substratos L-tirosina, resorcinol e *p*-cresol, no entanto, mostrou atividade sobre os substratos 4-metilcatecol, catecol, pirogalol e L-dopa. Resultados semelhantes foram obtidos por Leoni *et al.* (1990). Esses resultados sugerem a ausência de monofenolase (cresolase) e a presença de *O*-difenoil oxidase.

O parâmetro utilizado para avaliar qual o substrato mais efetivo é o chamado “poder catalítico” dado pela razão V_{max}/k_m , expresso em EU/min.mM, onde V_{max} é a velocidade máxima de reação e k_m é constante de Michaelis-Menten. Entre os substratos estudados por Dogan *et al.* (2005) o que apresentou maior poder catalítico para a PPO extraída da alcachofra foi o 4-metilcatecol (1393 U/min.mM), seguido pelo pirogalol (1220 U/min.mM), para os quais o pH ótimo de atuação foi 5 e 8, respectivamente.

Em estudo realizado por Leoni *et al.* (1990) a PPO extraída da alcachofra apresentou maior atividade relativa quando foram utilizados os substratos ácido 5-*O*-cafeoilquinico (100%) seguido pelo ácido caféico (69%) e o pirocatecol (42%). Foram obtidas baixas atividades relativas para os substratos pirogalol (8%), catequina (6%), L-DOPA (5%) e ácido 1,5 dicafeoilquinico (6%).

O pH ótimo de atuação da PPO extraída da alcachofra foi de 6,5 a 8,0 quando o ácido caféico foi utilizado como substrato e de 5 a 7 quando o ácido 5-*O*-cafeoilquinico (ácido clorogênico), o pirocatecol e o ácido 1,5-dicafeoilquinico foram utilizados como substrato (LEONI *et al.*,1990).

A Figura 5 mostra o efeito da temperatura na atividade e estabilidade enzimática. Quando o catecol foi utilizado como substrato a enzima apresentou atividade máxima a 40°C e reduziu gradualmente a atividade acima dessa temperatura. Quando o pirogalol foi utilizado como substrato a enzima apresentou somente flutuações na atividade com o aumento da temperatura, mesmo acima de 60°C. Esses resultados demonstram que a enzima é termoestável entre 10 e 60°C (DOGAN *et al*, 2005).

Em estudo realizado por Leoni *et al.* (1990) a atividade da PPO extraída da alcachofra foi determinada em diferentes temperaturas variando de 4 a 50°C. Quando o ácido caféico foi utilizado como substrato a atividade enzimática aumentou com a elevação da temperatura atingindo o máximo a 25°C, reduzindo acima desta temperatura sem ser totalmente inativada até a temperatura máxima estudada que foi de 50°C.

Na avaliação da estabilidade térmica da PPO extraída da alcachofra, realizada por Dogan *et al.* (2005), a enzima foi incubada em diferentes temperaturas (35, 55 e 75°C) por 60 minutos em pH 6,5. Após o resfriamento a 25°C foi determinada a atividade residual da enzima, conforme resultados apresentados na Figura 6. Quando a temperatura passou de 55 para 75°C a atividade da PPO reduziu de 82 para 24% em 30 minutos e de 67 para 0% em 60 minutos, quando o 4-metilcatecol foi utilizado como substrato. Foram obtidos resultados semelhantes para o pirogalol. Esses resultados indicam que a enzima foi rapidamente inativada em temperaturas elevadas.

O escurecimento enzimático pode ser controlado de diferentes formas. Além do tratamento térmico e acidificação existe uma variedade de compostos químicos que podem inibir a atividade da polifenoloxidase, mas somente um número limitado deles pode ser considerado aceitável, por razões de segurança para o consumidor e/ou custo e podem atuar como uma alternativa potencial ao uso do sulfito, que é muito efetivo no controle do escurecimento, porém sujeito a

restrições regulatórias (MELO e VILAS BOAS, 2006; MELO *et al.*, 2009; LATTANZIO *et al.* 1989).

A inibição do escurecimento enzimático pode ser resultado da: inativação da PPO, eliminação de um ou mais reagentes ou substratos (oxigênio ou polifenóis) da reação ou a ação de inibidores que atuam sobre o produto da reação evitando a polimerização e conseqüente formação de pigmentos escuros. A inibição do escurecimento enzimático por inibidores pode envolver um único mecanismo ou pode ser o resultado da interação de dois ou mais mecanismos (ARAÚJO, 2004).

Dogan *et al.* (2005) avaliaram o efeito inibitório de diferentes substâncias na atividade da PPO extraída da alcachofra. Nesse estudo a presença do EDTA, ácido 4-aminobenzóico, ácido salicílico, ácido gálico e ácido benzóico não inativaram a enzima. O efeito inibitório variou conforme o substrato utilizado, sendo que o inibidor mais efetivo quando o 4-metilcatecol foi utilizado como substrato foi a tropolona (2-hidroxi-2,4,6-cicloheptatrieno-1), seguido pela L-cisteína, D,L-ditiotreitol, glutatona, *sodium azide* (NaN_3) e ácido ascórbico.

A cisteína tem sido utilizada com eficácia na conservação de banana, maçãs e batatas (MELO e VILAS BOAS, 2006; MELO *et al.*, 2009). Três diferentes mecanismos de atuação da cisteína são propostos: redução das orto-quinonas a orto-dihidroxifenóis; inibição direta da atividade da polifenoloxidase e reação com orto-quinonas dando origem a compostos incolores cisteína-quinona, inibidores competitivos da polifenoloxidase.

Em estudo realizado por Melo *et al.* (2009) a imersão durante 3 minutos de fatias de banana “maçã” em solução de cloridrato de L-cisteína 0,5% + ácido ascórbico 1% + carbonato de cálcio 1% foi efetiva na manutenção da qualidade. No entanto a aplicação de cloridrato de L-cisteína, na concentração de 0,5% resultou no desenvolvimento de coloração avermelhada, que pode estar relacionado ao mecanismo citado por Richard-Forget *et al.* (1992), segundo o qual a ocorrência dessa coloração está relacionada à regeneração de fenóis, quando a quantidade de cisteína aplicada é baixa (relação cisteína/fenólico no tecido menor que 1).

Em estudo realizado com bananas “maçã” aplicando a mistura de carbonato de cálcio 1% + ácido ascórbico 1% + cisteína (0,5%, 1% ou 1,5%), observou-se que quanto maior o teor de cisteína na mistura, menor foi a intensidade do “roseamento” de fatias de banana “maçã” (MELO e VILAS-BOAS, 2006).

Lattanzio *et al.* (1989) avaliaram amostras de alcachofra tratadas por 2 horas com solução de ácido cítrico (1%) ou ácido ascórbico (1%), colhidas na primavera e no inverno e armazenadas em embalagens de polietileno a 4°C e a temperatura ambiente. Os autores concluíram que a alcachofra colhida no verão pode ser armazenada em boas condições por 2 semanas a 4°C, entretanto a vida-de-prateleira diminui quando a colheita é feita na primavera. O escurecimento interno dos botões de alcachofra reduziu de 75% em amostras não tratadas para 15% nas amostras tratadas com solução de ácido cítrico (1%). A atividade da PPO permaneceu constante ou reduziu durante o armazenamento. No entanto, a atividade das enzimas extraídas das amostras tratadas com ácido cítrico ou ácido ascórbico foi de apenas 30% em relação à atividade das amostras não tratadas. Nessas amostras o pH foi mantido entre 6 e 6,2, por isso o efeito inibitório foi associado a complexação do cobre do sítio ativo da enzima.

A forma de inibição realizada pelo ácido ascórbico envolve a redução das quinonas formadas pela PPO com regeneração dos polifenóis e conseqüente oxidação do ácido ascórbico para ácido dihidroascórbico. Por este motivo o efeito do ácido ascórbico na inibição do escurecimento é apenas temporário. De acordo com Dogan *et al.* (2005) o ácido ascórbico pode promover a inativação da PPO somente quando utilizado em altas concentrações.

A reação de escurecimento pode também ser catalisada por metais de transição via a formação de um complexo metal-polifenol. A presença de íons ferro (Fe^{+++}) e cobre (Cu^{++}) ativa a oxidação pela PPO extraída da alcachofra. A atividade relativa foi de 108% e 110%, respectivamente para o cobre e ferro. A ativação pelo ferro não deve ser negligenciada devido ao elevado conteúdo de ferro (cerca de 10 mg/100 g de peso fresco) na alcachofra (LEONI *et al.*, 1990).

No passado, o escurecimento era atribuído a interações entre compostos fenólicos e metais pesados, especialmente o ferro. Alguns autores sugeriram que o ácido clorogênico (ácido 5-O-cafeoilquinico) liberado das células vegetais

durante o processamento e/ou armazenamento se ligava ao ferro. Como o metal normalmente está presente na forma reduzida, forma-se um complexo incolor que ao ser exposto ao oxigênio, era oxidado formando compostos coloridos (LATTANZIO *et al.*, 1994).

O ácido cítrico produz 100% de redução na cor quando em solução ferro-ácido cítrico na proporção de 1:10 e sem alteração do pH da solução. O citrato também pode ser considerado um potente agente sequestrante para o ferro e o principal motivo para seu emprego na inativação enzimática da alcachofra (LATTANZIO *et al.*, 1994).

Resultados obtidos em estudos já realizados mostram que mudanças na concentração dos substratos durante o desenvolvimento e armazenamento não correspondem às mudanças observadas para o escurecimento, reforçando a hipótese de que outros mecanismos estariam envolvidos no escurecimento da alcachofra (LATTANZIO *et al.*, 1994).

A atividade da PPO extraída da alcachofra apresenta pequena variação nos diferentes estágios de desenvolvimento da planta, com atividade um pouco maior nos tecidos em formação (pétalas internas), o mesmo ocorre para o conteúdo de ácido clorogênico que chega a ser 5 a 6 vezes maior nos tecidos mais jovens (LATTANZIO *et al.*, 1994).

Quando armazenada a 4°C por 50 dias a atividade da PPO extraída da alcachofra aumentou com o tempo. Essa ativação da enzima pode ser relacionada com o processo de envelhecimento dos tecidos ou por condições de estresse durante a estocagem (LATTANZIO *et al.*, 1994).

4.2 Esterilização

De acordo com a definição da FDA (Food and Drug Administration) a alcachofra se enquadra como um alimento de baixa acidez, que compreende “quaisquer alimentos, exceto bebidas alcoólicas, com atividade de água superior a 0,85 e um pH de equilíbrio superior a 4,6” (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1990).

Na categoria de alimentos de baixa acidez, o processamento térmico deve ser conduzido de forma a assegurar a esterilidade comercial do produto final e

deve atender as seguintes condições: ausência de microorganismos capazes de crescimento e deterioração do produto nas condições normais de armazenamento e ausência de microorganismos patogênicos capazes de proliferar no alimento (CANADA *et al.*, 1976).

A partir do conceito de esterilidade comercial, fica evidente que nem todos os microorganismos são destruídos com o processamento térmico, (o que corresponderia a uma condição de esterilidade absoluta) restando, porém a probabilidade de sobrevivência de poucos microorganismos (viáveis) e que ficam impedidos de crescimento nas condições normais de armazenagem. Não há um ponto específico de morte térmica para todos os microorganismos, tendo em vista que a destruição térmica ocorre em progressão geométrica e, assim, a sobrevivência dos microorganismos deve ser encarada de forma probabilística (PASCHOALINO, 1994).

A especificação numérica, definindo o ponto final de um processo térmico de preservação de alimentos, foi descrita pela primeira vez por Pflug, em 1987. Pflug se prendeu ao objetivo principal de um processo térmico, que segundo ele é “nenhuma embalagem deteriorada apesar de existir a probabilidade da mesma apresentar microorganismos viáveis para crescimento” e especificou o ponto final de processo como a Probabilidade de uma Unidade Não Estéril (PUNE), considerando-se inclusive problemas de vazamento e outras falhas de processo (SCHMIDT, 2000).

Na área de processamento de alimentos de baixa acidez é desejável que exista uma especificação para o ponto final de processo para cada uma das três condições básicas de preservação encontradas: segurança do ponto de vista de saúde pública (PUNE de 10^{-9}), preservação contra outros esporos mesófilos além de *C.botulinum* (PUNE de 10^{-6}) e preservação contra deterioração por esporos termófilos (PUNE de 10^{-2} para condições temperadas ou 10^{-3} a 10^{-6} para condições tropicais) (PFLUG, 1987).

A determinação do processamento térmico, ou seja, da temperatura e tempo de aquecimento adequados para alcançar a esterilidade comercial, depende da resistência térmica dos microorganismos contaminantes, ou seja, sabendo-se a quantidade de calor requerida para a sua destruição e conhecendo-

se como se sucede o aquecimento do produto, a partir dos parâmetros que caracterizam a penetração de calor é possível determinar matematicamente o tempo em que o produto deve ser mantido a uma determinada temperatura para que seja alcançada a taxa de destruição microbiana desejada (RODRIGO e MARTINEZ, 1988).

O aumento da demanda por alimentos de alta qualidade tem inspirado os pesquisadores e a indústria de alimentos a buscar novas alternativas aos métodos convencionais de processamento. No entanto a necessidade de otimizar a qualidade e ao mesmo tempo reduzir os custos de operação conduz a reavaliação de sistemas já existentes, em busca de benefícios adicionais, como os que podem ser obtidos com o processamento térmico de alimentos enlatados sob alto vácuo (25 pol Hg). Esta tecnologia já é conhecida desde a década de 70, mas estudos sobre a transferência de calor com o uso de rotação/agitação das embalagens podem conduzir a melhores resultados tanto econômicos quanto na qualidade dos alimentos processados.

Os alimentos processados sob alto vácuo, também conhecidos como *solid pack*, contêm aproximadamente 10% de líquido em relação ao volume da embalagem. Os benefícios desse processo são: redução drástica do peso da embalagem e conseqüentemente do custo de transporte; ocorrência de pequenas trocas de massa por osmose entre o produto e a salmoura mantendo o teor de sais minerais e vitaminas praticamente intactos durante a estocagem; diminuição dos efeitos das reações de oxidação pela eliminação quase que completa do ar residual da embalagem, devido ao alto vácuo do processo (SCHMIDT, 2000).

A demanda por conservas de alcachofra com sabor mais natural e menos ácida, já existe desde a década de 80, o que depende do emprego de novos métodos de processamento térmico, ainda não utilizados comercialmente (RODRIGO e MARTINEZ, 1988).

4.2.1 Transferência de calor em alimentos

Nos alimentos processados termicamente em embalagens hermeticamente fechadas, emprega-se uma fonte de calor externa para realizar o aquecimento. Se o alimento é líquido ou contém líquido de baixa viscosidade o calor é distribuído

por convecção. Se o alimento é sólido ou muito viscoso, ele pode ser aquecido apenas por condução, assim, como resultado, parte do produto é “super processado” para que o centro geométrico da embalagem seja esterilizado (FELLOWS, 2006).

A condução é o movimento de calor pela transferência direta de energia molecular dentro dos sólidos. A convecção é a transferência de calor por grupos de moléculas que se movem como resultado de diferenças na densidade ou como resultado da agitação. Na maioria das aplicações os dois tipos de transferência de calor ocorrem simultaneamente, mas um tipo pode predominar em relação ao outro (FELLOWS, 2006).

A agitação durante o processamento (axial ou *end-over-end*) pode efetivamente reduzir o tempo e temperatura necessária para garantir a segurança de alguns alimentos viscosos ou particulados. Além disso, o tratamento a alta temperatura por pouco tempo reduz os danos a qualidade sensorial e nutricional do alimento.

A taxa de transferência de calor por condução estacionária é determinada pela diferença de temperatura entre o alimento e o meio de aquecimento ou resfriamento e a resistência total à transferência de calor. A resistência à transferência de calor é expressa, como a sua recíproca que é a condutividade térmica. Sob condições estacionárias, a taxa de transferência de calor é calculada conforme Equação 1.

$$Q = \frac{KA(T_1 - T_2)}{x} \quad (1)$$

Onde:

Q (J/s) = taxa de transferência de calor

K (J/m.s.K) ou (W/m.K) = condutividade térmica

A (m²) = área superficial

T₁- T₂ (°C ou K) = diferença de temperatura

x = espessura do material

A razão $\frac{T_1 - T_2}{x}$ também é conhecida como gradiente de temperatura .

A condutividade térmica dos alimentos é influenciada por uma série de fatores relacionados com a natureza do alimento (como estrutura da célula, quantidade de ar preso entre as células e teor de umidade) e com a temperatura e pressão do ambiente (FELLOWS, 2006).

Na condução não estacionária, a temperatura em um determinado ponto dentro do alimento depende da taxa de aquecimento ou resfriamento e da posição do alimento. Portanto, a temperatura altera-se continuamente. Os fatores que influenciam as mudanças de temperatura são: a temperatura do meio de aquecimento, a condutividade térmica do alimento e o calor específico do alimento (FELLOWS, 2006). A transferência de calor não-estacionária em uma única direção x é dada pela Equação 2.

$$\frac{dT}{dt} = \frac{K}{\rho c} \frac{dT^2}{dx^2} \quad (2)$$

Onde:

$\frac{dT}{dt}$ = alteração da temperatura com o tempo

ρ (kg/m³) = densidade;

c (J/kg.K) = capacidade térmica

K (W/m.K) = condutividade térmica

Quando um fluido tem sua temperatura alterada, as modificações resultantes na densidade estabelecem correntes naturais de convecção. A convecção forçada acontece quando um misturador ou ventilador é utilizado para agitar o fluido. Isso reduz a espessura do filme limite para produzir taxas mais altas de transferência de calor e uma redistribuição mais rápida da temperatura (FELLOWS, 2006). Quando líquidos ou gases são usados como meio de aquecimento ou resfriamento, a taxa de transferência de calor do fluido para a superfície do alimento é dada pela Equação 3.

$$Q = h_s A (T_s - T_{sf}) \quad (3)$$

Onde:

Q (J/s) = taxa de transferência de calor

A (m²) = área superficial

T_s (K) = temperatura da superfície

T_{sf} (K) = temperatura no seio do fluido

h_s (W/m².K) = coeficiente de transferência de calor da superfície (ou filme)

A maioria dos casos de transferência de calor no processamento de alimentos envolve a transferência através de diferentes materiais. O somatório das resistências ao fluxo de calor é denominado coeficiente global de transferência de calor (U) e a taxa de transferência de calor (Q) é dada pela Equação 4.

$$Q = U.A.(\theta_a - \theta_b) \quad (4)$$

Onde:

U (W/m².K) = coeficiente global de de transferência de calor

A (m²) = área superficial

θ_a = temperatura no ponto a

θ_b = temperatura no ponto b

O tempo de aquecimento no processamento por batelada é encontrado utilizando a Equação 5.

$$t = \frac{m.c}{U.A} \cdot \ln\left(\frac{T_h - T_i}{T_h - T_f}\right) \quad (5)$$

Onde:

m (kg) = massa

c (J/kg.K) = capacidade de calor específica

T_h (°C) = temperatura do meio de aquecimento

T_i (°C) = temperatura inicial

T_f (°C) = temperatura final

A (m²) = área superficial

U (W/m².K) = coeficiente global de transferência de calor

Quando um pedaço sólido de alimento é aquecido ou resfriado por um fluido contido na embalagem, as resistências à transferência de calor são o coeficiente de transferência de calor e a condutividade térmica do alimento (FELLOWS, 2006). Esses dois fatores são relacionados pelo *número de Biot* = Bi , (Equação 6):

$$Bi = \frac{h.R_s}{k} \quad (6)$$

Onde:

h (W/m².K) = coeficiente de troca térmica

k (W/m.K) = condutividade térmica do alimento

R_s (m) = raio característico da lata, dado pela Equação 7.

Em valores de Bi pequenos (menores que 0,2), o filme superficial é a principal resistência ao fluxo de calor, e o tempo necessário para aquecer o alimento sólido é encontrado utilizando a Equação 5, empregando-se o coeficiente de transferência de calor do filme h_s em vez de U . No entanto, na maioria das aplicações a condutividade térmica do alimento é o fator limitante à taxa de transferência de calor ($Bi > 0,2$)

$$\frac{1}{R_s^2} = \frac{2,80}{d^2} + \frac{1,20}{l^2} \quad (7)$$

Onde:

R_s (m) = raio característico da lata

d (m) = diâmetro interno da lata

l (m) = altura interna da lata.

Para avaliar o processo de esterilização de alimentos de baixa acidez, é importante obter dados experimentais das características de transferência de calor do alimento na embalagem utilizada sob as condições de processo estabelecidas. A temperatura do alimento nos diferentes estágios do processamento é determinada no ponto mais frio da embalagem utilizando termopares (JARDIM e VITALI, 1995).

A curva de penetração de calor representa a relação entre a temperatura e o tempo em um determinado ponto do produto. Durante um ciclo de esterilização, o tempo de processo deve ser cronometrado a partir do momento em que a temperatura do meio de aquecimento ou da autoclave atinge a temperatura programada (JARDIM e VITALI, 1995).

Na prática, sabe-se que a autoclave não atinge a temperatura programada instantaneamente havendo um tempo de subida da temperatura chamada de *come-up time* (CUT) conforme mostra a Figura 4. O mesmo ocorre no resfriamento onde a temperatura do meio não cai instantaneamente.

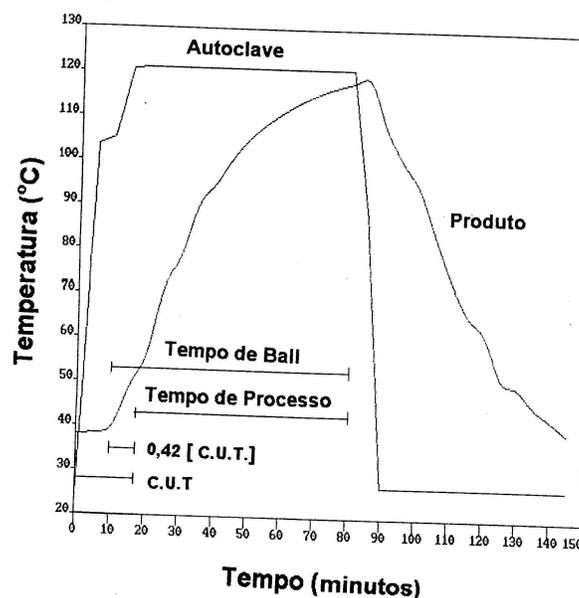


FIGURA 4. Exemplo de histórico da temperatura versus tempo de esterilização de um alimento. $T_h = 121^\circ\text{C}$; $T_w = 27^\circ\text{C}$ e CUT = 17 minutos.

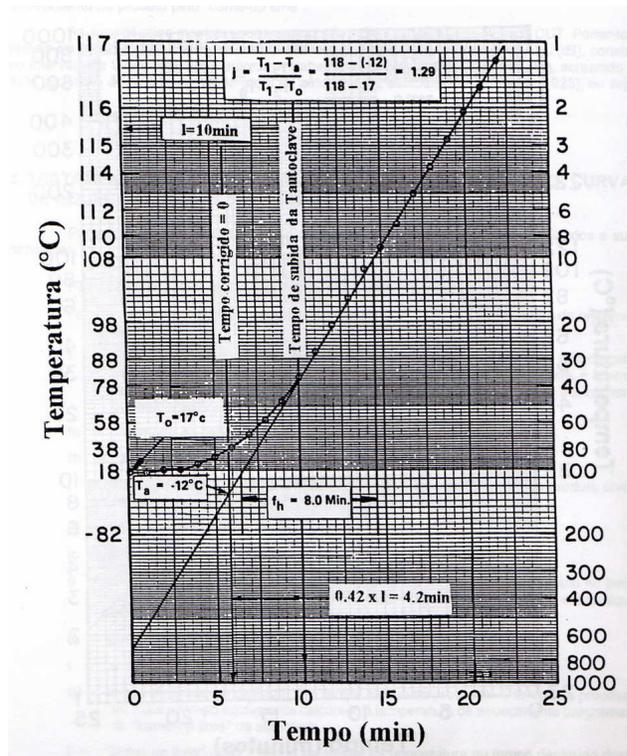
Fonte: JARDIM e VITALI, 1995.

O tempo de esterilização deve ser corrigido para compensar a contribuição no aquecimento do produto pelo CUT. As experiências mostram que essa contribuição é da ordem de 42% do CUT. Portanto, o tempo de esterilização corrigido, conhecido como tempo de Ball (t_B), consiste no intervalo de tempo em que autoclave trabalha à temperatura de processo (t_p), acrescido de 42% do tempo de subida da temperatura da autoclave, estabelecido por BALL (1923), conforme Equação 8 ou seja:

$$t_B = t_p + 0,42CUT \quad (8)$$

Os dados experimentais obtidos devem ser transformados apropriadamente para serem utilizados nos cálculos dos tempos de processo utilizando métodos matemáticos. Para construir as curvas de aquecimento e resfriamento, o log da diferença entre a temperatura da autoclave e do alimento são plotados em função do tempo, utilizando escala linear, conforme mostra a Figura 5.

a)



b)

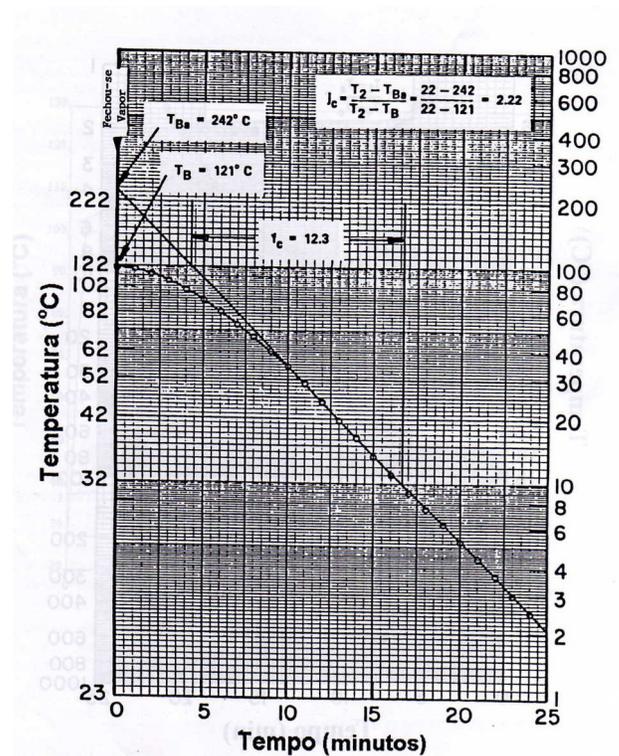


FIGURA 5. Exemplos de curvas de penetração de calor ($T_h = 118^\circ\text{C}$), construídas em papel semi-logarítmico de acordo com o método de Ball. a) aquecimento b) resfriamento.

Fonte: JARDIM e VITALI, 1995.

Existem vários parâmetros associados às condições de processamento e às propriedades de transferência de calor do alimento, entre eles os mais utilizados são: o fator de atraso j e fh , matematicamente definidos pelas Equações 9, 10 e 11, onde: jc é o fator lag para o resfriamento; jh é o lag para o aquecimento; T_h é a temperatura do meio de aquecimento; T_w é a temperatura do meio de resfriamento; T_0 é a temperatura do alimento no ponto zero; T_a é a temperatura obtida pelo intercepto da porção linear da curva de aquecimento com o eixo da escala logarítmica, também chamada de temperatura pseudo-inicial no aquecimento; T_{ic} é a temperatura do alimento no início do resfriamento e T_{pic} é a temperatura obtida pelo intercepto da porção linear da curva de resfriamento com o eixo da escala logarítmica, também chamada de temperatura pseudo-inicial no resfriamento (JARDIM e VITALI, 1995).

$$jh = \frac{T_h - T_a}{T_h - T_0} \quad (9)$$

$$jc = \frac{T_w - T_{pic}}{T_w - T_{ic}} \quad (10)$$

$$fh = \frac{1}{\text{inclinação}} \quad (11)$$

O fator fh expressa o efeito combinado das propriedades de transferência de calor do alimento, da difusividade térmica (α) e do tamanho da embalagem na elevação da temperatura no centro geométrico do alimento durante o processamento (STUMBO *et al.*, 1983). É definido como o tempo em minutos necessário para que a porção linear da curva de penetração de calor atravesse um ciclo logarítmico. Numericamente fh é o inverso da inclinação da curva (Figura 5).

4.2.2 Efeito do calor nos microorganismos

O efeito do calor na conservação dos alimentos ocorre devido à desnaturação de proteína que interrompem a atividade enzimática e os metabolismos controlados por enzimas nos microorganismos. A taxa de reação é

de primeira ordem; isto é, quando o alimento é aquecido a uma temperatura alta o suficiente para destruir microorganismos contaminantes, a mesma porcentagem morre em um determinado intervalo de tempo, independente do número presente no começo. Isso é conhecido como ordem logarítmica de morte e é descrito pela curva da taxa de letalidade (FELLOWS, 2006).

O tempo necessário para destruir 90% dos microorganismos (reduzir seu número por um fator de 10) é referido como tempo de redução decimal ou valor D. Os valores de D variam para diferentes espécies microbianas e um maior valor de D indica maior resistência ao calor. Em estudo realizado por Rodrigo e Martinez (1988) em amostras de purê de alcachofra (pH 5,2) o valor de D_{121} foi de 0,36 minutos para *Clostridium sporogenes* PA 3679.

A destruição de microorganismos depende da temperatura; as células morrem mais rapidamente em temperaturas elevadas. O gráfico que relaciona valores de D em diferentes temperaturas é chamado de curva de destruição térmica, cuja inclinação é denominada valor de z e definida como o número de °C necessários para que a curva de destruição térmica atravesse um ciclo logarítmico (FRANCO e LANDGRAF, 2003).

Os valores de D e z são utilizados para caracterizar a resistência térmica dos microorganismos e sua dependência da temperatura, respectivamente. O valor de z encontrado para purê de alcachofra (pH 5,2) variou de 8,3 a 8,5°C dependendo do método utilizado para análise microbiológica (RODRIGO e MARTINEZ, 1988).

O valor de F é o tempo, em minutos, a uma determinada temperatura, necessário para a destruição de esporos ou células vegetativas de um microorganismo específico. F_0 representa a medida da capacidade de um processo térmico de reduzir o número de esporos ou células vegetativas de um microorganismo por embalagem e é dado pela Equação 12.

$$F_0 = Dr(\log a - \log b) \quad (12)$$

Onde: a = número de células da população inicial; b = número de células da população final; Dr = tempo necessário, a uma temperatura de referência, para destruir 90% dos esporos ou células vegetativas de um microorganismo.

4.3.3 Efeito do calor na textura dos alimentos

A textura é um dos mais importantes fatores na avaliação da qualidade de frutas e vegetais, influenciando na aceitação pelos consumidores (NISHA *et al.*, 2006). O processamento térmico causa certo grau de cozimento e conseqüente degradação da textura (AHMED e SHIVHARE, 2006)..

As propriedades de textura dos alimentos são definidas (BOURNE, 1982) como “ um grupo de características físicas que dependem da microestrutura do alimento; que são percebidas pelo tato; estão relacionadas com a deformação, desintegração e fluxo dos alimentos quando submetidos a uma força”.

Os métodos instrumentais utilizados para a avaliação da textura são baseados em testes mecânicos. Para a avaliação da textura, o alimento é deformado por compressão, tensão, cisalhamento ou a combinação dessas operações e a reação da amostra à aplicação dessa força é determinada. O processamento térmico provoca mudanças na microestrutura do alimento causando alteração na textura (NISHA *et al.*, 2006).

Para maximizar a qualidade e minimizar a degradação da textura durante o processamento térmico são necessários estudos cinéticos. Os parâmetros cinéticos podem fornecer variáveis que permitam a compreensão e previsão das alterações que ocorrem durante o processamento térmico (VU *et al.*, 2004). Em estudo realizado por Rodrigo *et al.* (1992) em alcachofras enlatadas foi observada uma alta correlação entre a textura e o tempo de tratamento térmico.

Os valores de D e z também podem ser utilizados para avaliar variações nas características físico-químicas dos alimentos. A textura de alcachofra enlatada foi avaliada por Rodrigo *et al.* (1992). Nesse estudo a força máxima de cisalhamento foi determinada após o tratamento das amostras nas temperaturas de 100, 110, 115 e 121°C, para as quais foram obtidos os respectivos valores de D: a 157; 68,5; 42,2 e 25,5 minutos, que correspondem a redução de 90% no valor inicial. Nesse estudo foi obtido o valor de z = 27°C.

5. SISTEMA DE EMBALAGEM “ABRE-FÁCIL” ROJEK®

Enlatamento é um método de preservação de alimentos onde o alimento e o recipiente tornam-se comercialmente estéreis pela aplicação de calor, unicamente ou em combinação com o pH e/ou atividade de água ou outros produtos químicos. Para a manutenção da esterilidade do alimento o recipiente precisa ser hermeticamente fechado (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1990).

O processo de enlatamento depende de uma série de operações técnicas que devem ser executadas com cuidado e precisão para garantir a segurança do alimento. A conservação de alimentos pelo processo conhecido como enlatamento não poderia ter atingido a aceitação generalizada e a aplicação comercial que alcançou atualmente sem o aperfeiçoamento contínuo destes recipientes (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1990).

A invenção da lata metálica ofereceu as primeiras respostas às questões de durabilidade do recipiente e integridade do sistema de fechamento. Os métodos de manufatura e recravação das latas metálicas têm melhorado constantemente desde as latas originais com o corpo soldado, passando pelo desenvolvimento da recravação para a junção do fundo e da tampa, as latas de duas peças com uma simples recravação em uma das extremidades e, mais recentemente, as latas com tampas “abre fácil” (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1990).

De acordo com o Instituto dos Fabricantes de Latas dos Estados Unidos o número de latas fabricadas para uso em alimentos para consumo humano excedeu 25 bilhões de peças por ano. As latas metálicas se tornaram populares porque apresentam resistência a adulteração, baixo custo de produção, fácil operação, além de ser a opção mais reciclável (WIEMER, 2005).

Os fabricantes estão ampliando a produção de latas com tampa “abre-fácil” para atender a crescente demanda dos consumidores por este tipo de embalagem. Estudos recentes mostram que mais de 70% dos consumidores americanos realizam algum tipo de refeição “on the run” a cada semana,

ampliando a demanda por enlatados de fácil abertura para refeições rápidas, como alternativas aos restaurantes *fast food* (WIEMER, 2005).

A tecnologia de abertura “abre-fácil” Rojek® está disponível no mercado nacional desde 1989 (ROJEK, 2011). O fechamento dessas embalagens é realizado sem qualquer sistema mecânico de retenção e permite a abertura sem o auxílio de utensílios, conforme apresentado na Figura 6. O sistema de fechamento é baseado no vácuo formado no interior da embalagem. Ao ser retirado o lacre externo, o vácuo é desfeito e a tampa se solta. Essa tecnologia pode ser utilizada tanto em embalagens metálicas como em vidros (ROJEK, 1995).



FIGURA 6. Sistema de embalagem “abre-fácil”.
FONTE: ROJEK, 2010.

A tampa “abre fácil” Rojek® é formada por um painel metálico circular com uma flange em seu perímetro, contendo um adesivo na parte interna. Possui uma depressão côncava na parte superior, onde existe um orifício de liberação de pressão. É aplicado um revestimento sanitário no lado interno da tampa e um adesivo que forma uma película na face interna do orifício. Na depressão concâva também é aplicado um adesivo para formar uma vedação removível, que ao ser retirada pelo consumidor permite a entrada do ar e fácil abertura da embalagem (ROJEK, 1995).

A conservação segura dos alimentos pelo enlatamento depende do cumprimento de três condições: o emprego de procedimentos adequados de enchimento e fechamento, que resulta em recipientes fechados hermeticamente a ponto de prevenir a reentrada de microorganismos no produto depois do

processamento térmico; a aplicação de calor em grau necessário para garantir a esterilidade comercial do produto; uso de procedimentos de manuseio pós-processamento que protejam a integridade do recipiente selado e processado (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1990).

Nas embalagens com tampa “abre fácil” Rojek® o fechamento da embalagem é baseada na formação do vácuo no interior da embalagem, exigindo que durante todo o processamento e armazenamento do produto a pressão externa seja maior que a interna para que a embalagem se mantenha fechada e a hermeticidade da embalagem seja preservada.

Algumas etapas do processo são críticas para garantir o adequado fechamento da embalagem, entre elas: o branqueamento por eliminar gases contidos nas células do tecido; a remoção do ar do interior da embalagem para formação do vácuo; e pressão no interior do equipamento de processamento térmico (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1990; ROJEK, 2010).

Industrialmente a formação do vácuo no espaço livre da embalagem é realizada na etapa de exaustão. Normalmente essa operação é realizada pelo aquecimento da lata e seu conteúdo antes do fechamento ou pela injeção de vapor que expulsa o oxigênio presente no interior da embalagem. A alternativa a esses processos é a sucção mecânica do ar (PASCHOALINO, 1994).

O vácuo obtido através do aquecimento da lata e seu conteúdo varia de acordo com a temperatura da lata durante o fechamento, de maneira que, quanto maior a temperatura da lata durante o fechamento, maior a expansão do ar originalmente na lata, e assim maior quantidade de ar é substituído por vácuo (PASCHOALINO, 1994).

A exaustão obtida por meio de aquecimento é normalmente realizada em câmaras de exaustão, cujo aquecimento é efetuado por injeção de vapor sobre o corpo da lata, de modo a permitir o aquecimento indireto do produto e a saída de ar remanescente da embalagem (PASCHOALINO, 1994). Nessa etapa a tampa “abre fácil” Rojek® é colocada sobre o corpo da embalagem.

A exaustão obtida por vácuo produzido mecanicamente é realizada em câmara com vedação hermética. A câmara fica acoplada a uma bomba de vácuo,

que opera por um determinado tempo até a produção do vácuo desejado, sendo em seguida procedida a colocação da tampa “abre fácil” Rojek®.

REFERÊNCIAS

AHMED, J.; SHIVHARE, U.S., 2006. Thermal processing of vegetables. *In*: SUN, Da-Wen. Thermal food processing. CRC Press. Chapter 13. Disponível em: http://www.crcnetbase.com/page/food_science_ebooks> Acesso em: julho, 2010.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004, 478 p.

ART & CRITIQUE. M.Collier: Still life with artichokes with figs. Disponível em: <http://artandcritique.com> Acesso em: 06/02/2011.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE ALCACHOFRA DE PIEDADE. **Alcachofra**. Disponível em: <http://www.jornalentreposto.com.br/out2006/noticias.htm>. Acesso em: 08/12/08.

AWUAH, G.B.; RAMASWAMY, H.S.; ECONOMIDES, A. Thermal processing and quality: principles and overview. **Chemical Engineering and Processing**. v.46, p. 584-602, 2007.

BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity: Concept and measurement**. London: Academic Press. 1982.

CAMARGO, L.S. **As hortaliças e seu cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 448p.

CRAVERO, V.P.; LÓPEZ ANIDO, F.S.; COINTRY, E.L. Caracterización y selección de familias S1 de alcaucil a través de técnicas de análisis multivariado. **Horticultura Brasileira**, *Brasília*, v. 20, n. 4, p. 619-625, dezembro 2002.

CRAVERO, V.P.; PICARDI, L.A.; COINTRY, E.L. An approach for understanding the heredity of two quality traits (head color and tightness) in globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) **Genetics and Molecular Biology**. v.28, n.3, p. 431-434, 2005.

BARRETO, D. Alcachofras em conserva. Disponível em: <http://thinkfood.com.br>. Acesso em: 06/02/2011.

DI GIULIO, G. Falta pesquisa para aumentar produção de alcachofra no Brasil. **Ciência e Cultura**. v.56, n.2, p.13-14, 2004.

DOGAN, S.; TURAN, Y.; ERTÜRK, H.; ARSLAN, O. Characterization and purification of polyphenol oxidase from artichoke (*Cynara scolymus* L.). **J. Agricultural and Food Chemistry**. n.53, p.776-785, 2005.

FALLEH, H.; KSOURI, R.; CHAIEB, K.; KARRAY-BOURAOUI, N.; TRABELSI, N.; BOULAABA, M.; ABDELLY, C. Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. **C.R.Biologies**. n.331, p. 372-379, 2008.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed., 2006. p.41-59.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2003. p.109-120.

FRATIANNI, F.; TUCCI, M.; DE PALMA, M.; PEPE, R.; NAZZARO, F. Polyphenolic composition in different parts of some cultivar of globe artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* L.). **Food Chemistry**. n. 104, p.1282-1286, 2007.

FURLANI, A.M.C.; FUKLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R.; GALLO, J.R.; BERNARDI, J.B.; FORNASIER, J.B. Composição mineral de diversas hortaliças. **Revista Científica do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**. v.37, n.5, p.33-44, 1978.

FURLONG, E.B.; COLLA, E.; SA BORTOLATO, D.; BAISCH, A.L.M.; SOUZA-SOARES, L.A. Avaliação do potencial de compostos fenólicos em tecidos vegetais. Disponível em: <http://www.seer.fruq.br/pjs-indez.php-dqm-a>. Acesso em: 08/12/2008.

GARCIA, S.M.G.; FIRPO, I.T.; ANIDO, F.S.L.; COINTRY, E.L. Aplicación de ácido giberélico em alcaucil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.34, n.5, p.789-793, 1999.

GEBHARDT, R. BECK, H.. Differential effects of garlic-derived organosulfides on cholesterol biosynthesis in primary rat hepatocyte cultures. **Lipids**. v. 31, p.1269–1276, 1996.

GIL-IZQUIERDO, A.; GIL, M.I.; CONESA, M.A.; FERRERES, F. The effect of storage temperatures on vitamin C and phenolics content of artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. n.2, p.199-202, 2001.

GONÇALVES, J. R. **Princípios de esterilização de alimentos**. Campinas: ITAL. Manual Técnico n.10. 1992, 116 p.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Alimentos enlatados**: princípios de controle de processamento térmico, acidificação e avaliação do fechamento de recipientes. 4.ed. Campinas: ITAL, 1990. 239p.

JARDIM, D.C.P.; VITALI, A.A. Método matemático para cálculo da penetração de calor e da letalidade do processo térmico. In: **Princípios de esterilização de alimentos**. Manual técnico n. 10. 2.ed. Campinas: ITAL, 1995.123 p.

LATTANZIO, V.; VAN SUMERE, C.F. Changes in phenolic compounds during the development and cold storage of artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads. **Food Chemistry**. n.24, p.37-50, 1987.

LATTANZIO, V.; LINSALATA, V.; PALMIERI, S. VAN SUMERE, C.F. The beneficial effect of citric and ascorbic acid on the phenolic browning reaction in stored artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads. **Food Chemistry**. n.33, p.93-106, 1989.

LATTANZIO, V.; CARDINALI, A.; DI VENERE, D.; LINSALATA, V.; PALMIERI, S. Browning phenomena in stored artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads: enzymic or chemical reactions? **Food Chemistry**. n. 50, p.1-7, 1994.

LEONI, O.; PALMIERI, S.; LATTANZIO, V.; VAN SUMERE, C.F. Polyphenol Oxidase from Artichoke (*Cynara scolymus* L.). **Food Chemistry**. n.38, p.27-39, 1990.

LÓPEZ-MOLINA, D.; NAVARRO-MARTÍNEZ, M.D.; MELGAREJO, F.R.; HINER, A.N.P.; CHAZARRA, S.; RODRÍGUEZ-LÓPEZ, J.N. Molecular properties and prebiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynara scolymus* L.). **Phytochemistry**. n.66, p.1476-1484, 2005.

MELO, A.A.M.; VILAS BOAS, E.V.B. Inibição do escurecimento enzimático de banana “maçã” minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. n.26, v.1, p. 110-115. jan-mar, 2006.

MELO, A.A.M.; VILAS BOAS, E.V.B.; JUSTO, C. F. Uso de aditivos químicos para a conservação pós-colheita de banana “maçã” minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**. v.33, n.1, p. 228-236. jan-fev, 2009.

MENRAD, K. Market and marketing of functional food in Europe. **Journal of Food Engineering**. v.56, p.181-188, 2003.

MONTI, A.; DI VIRGILIO, N.; VENTURIA G. Mineral composition and ash content of six major energy crops. **Biomass and Energy**, n.32, p.216-223, 2008.

NISHA, P.; SINGHAL, R.S; PANDIT, A.B. Kinetic modeling of texture development in potato cures (*Solanum tuberosum* L.), green gram whole (*Vigna radiate* L.) and red gram splits (*Cajanus cajan* L.) **Journal of Food Engineering**. 76, 524–530, 2006.

PASCHOALINO, J.E. **Processamento de hortaliças**. Manual técnico n.4. Campinas:ITAL, 1994, 70 p.

PFLUG, I.J. Endpoint of a preservation process. **Journal Food Protection**. v.50, n. 6, p.528-533, 1987.

RICHARD-FORGET, F. C.; GOUPY, P. M.; NICOLAS, J. J. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning: 2. Kinetic studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 40, n. 11, p. 2108-2113, 1992.

RODRIGO, M.; GARCÍA, M.G.; RAMIREZ, L.; MARTINEZ, A.; GINER, V.; SAFÓN, J. Physical texture as an indicator of processing conditions for canning low-acid artichoke hearts. **International Journal of Food Science and Technology**. n.27, p.41-48, 1992.

RODRIGO, M.; MARTINEZ, A. Determination of a process time for a new product: canned low acid artichoke hearts. **International Journal of Food Science and Technology**. n.23, p.31-41, 1988.

ROJEK. **Sistema abre-fácil**. Disponível em: http://www.rojek.com.br/sistema_abre.asp?pag=sistema. Acesso em: 20/03/2011.

ROJEK, A. **Lid with a pressure release hole and a removable seal for vaccum sealing of glasses and other glass container used to pack foodstuffs**. United States Patent n. 5439724. Aug. 8, 1995.

ROSSI, C.E.; MONTEIRO, A.R. Alcachofra: nova planta hospedeira de *Pratylenchus penetrans* no estado de São Paulo, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.703-704, 2001.

SCHMIDT, F.L. **Transferência de calor em sistemas líquido/particulados envasados sob alto vácuo**. Campinas, 2000. 145 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.

STUMBO, C.R.; PUROHIT, K.S.; RAMAKRISHNAN, T.V.; EVANS, D.A.; FRANCIS, F.J. **Handbook of lethality guides for low-acides canned foods: conduction-heatin**. New York: Academic Press, v.1, p.3-24, 1983.

VU, T.S.; SMOUT, C.; SILA, D.N.; LYNGUYEN, B.; VAN LOEY, A.M.L.; HENDRICKX, M.E.G. Effect of preheating on thermal degradation kinetics of carrot texture. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v. 5, p.37–44, 2004.

WIEMER, G. **Ther market opens wide for easy-open cans: several new styles five consumers more choice for convenient meals on the run**. Food and Drug Packging Jan. 2005. Disponível em: http://findarticles.com/p/articles/mi_m0UQX/is_1_69/ai_n9533547/?tag=content;col1. Acesso em: 21/03/2011.

CAPÍTULO 2. ÍNDICE DE ESCURECIMENTO DE ALCACHOFRA (*Cynara cardunculus scolymus* L.) BRANQUEADA APÓS PRÉ-TRATAMENTO COM ANTIOXIDANTES

Resumo

A alcachofra é rica em compostos fenólicos, o que lhe confere propriedades funcionais, porém, a torna extremamente susceptível ao escurecimento enzimático. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do pré-tratamento com antioxidantes no índice de escurecimento (IE) de alcachofras branqueadas pelo calor. Os botões de alcachofra foram pré-tratados por imersão em soluções de ácido ascórbico (AA), ácido cítrico (AC) e L-cisteína (LC), na concentração de 0% e 1%, combinados de forma a totalizar 8 experimentos. Em seguida foi realizado o branqueamento em água em ebulição pelos tempos 0; 5; 10; 15 e 20 minutos. Foi determinada a cor instrumental em colorímetro utilizando o sistema "L", "a", "b". O IE obtido foi plotado em função do tempo e a constante da velocidade de reação (k) foi calculada. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey para os diferentes tratamentos. Na condição mais drástica de tratamento (AA1%,AC1%,LC1%) foi obtido o menor valor de k (0,0283), sugerindo que a combinação dos três antioxidantes avaliados reduz a velocidade da reação de escurecimento. O IE final foi pouco afetado pelos pré-tratamentos com as soluções antioxidantes, no entanto o valor de k variou significativamente, indicando que o pré-tratamento é recomendado para retardar o escurecimento antes do branqueamento térmico. Os botões após serem tratados por 10 minutos em água em ebulição apresentaram redução no IE, para todos os tratamentos realizados.

Palavras-chave: processamento de vegetais, ácido ascórbico, cisteína, ácido cítrico, inativação enzimática.

Browning index for artichoke (*Cynara cardunculus scolymus* L.) pretreated with antioxidants and blanched by heat.

Abstract

The artichoke is rich in phenolic compounds, which confer functional properties on the vegetable but make it extremely susceptible to enzymatic browning. This study aimed to evaluate the effect of pretreating with antioxidants on the browning index (BI) for artichokes blanched by heat. The artichoke buds were pretreated by immersion in solutions of ascorbic acid (AA), citric acid (CA) and L-cysteine (LC) at concentrations of 0% and 1%, giving a total of eight experiments. The heat blanching were carried out in boiling water for 0, 5, 10, 15 and 20 minutes. The instrumental color was determined and the values for BI plotted against the time. The reaction rate constants (k) were calculated and compared using the Tukey test for each treatment. The most drastic treatment (AA1% AC1% LC1%) caused the lowest value for k (0.0283), suggesting that the combination of the three antioxidants evaluated slowed the browning reaction. The final BI was not affected by the pretreatment with the antioxidant solutions, but the value for k varied

significantly, indicating that the pretreatment was recommended to slow down browning before the heat blanching.

Keywords: fresh vegetables, ascorbic acid, cysteine, citric acid, enzymatic inactivation.

1. INTRODUÇÃO

A alcachofra (*Cynara scolymus L.*) é uma flor exótica e comestível que pertence à família *Asteraceae*, a mesma das margaridas e dos girassóis (DI GIULIO, 2004). A parte mais apreciada da flor é o coração ou fundo, bastante usado na produção de conservas e para a preparação de vários pratos. Das pétalas, come-se a parte mais carnuda, e os talos também podem ser aproveitados (CRAVERO *et al.*, 2002).

Entre as estruturas químicas presentes na alcachofra e às quais se atribui atividade antioxidante e conseqüentemente sua função fisiológica, destacam-se os compostos fenólicos tais como os ácidos derivados do ácido caféico e flavonóides (LATTANZIO e VAN SUMERE, 1987; FRATIANNI *et al.*, 2007).

Devido ao elevado conteúdo de compostos fenólicos (425 mg/100 g de peso fresco), a alcachofra é um vegetal extremamente susceptível ao escurecimento enzimático, de forma que qualquer que seja o processamento a ser realizado deve ser precedido da etapa de inativação enzimática ou branqueamento (DOGAN *et al.*, 2005).

A alcachofra mesmo quando armazenada sob refrigeração desenvolve cor e odor indesejáveis, além de perdas nutricionais devido ao escurecimento enzimático. Essa reação é catalisada por uma enzima endógena: a polifenoloxidase (PPO), cujo centro ativo contém o cobre. A PPO pode catalisar a orto-hidroxilação de monofenóis e a oxidação de orto-difenóis para orto-quinonas que são polimerizadas, formando pigmentos marrons, vermelhos e pretos (ARAÚJO, 2004).

O escurecimento enzimático pode ser controlado de diferentes formas. Além do tratamento térmico e acidificação existe uma variedade de compostos químicos que podem inibir a atividade da PPO, mas somente um número limitado deles pode ser considerado aceitável, por razões de segurança para o consumidor e/ou custo (ARAÚJO, 2004; DOGAN *et al.*, 2005).

Dogan *et al.* (2005) avaliaram o efeito inibitório de diferentes substâncias na atividade da PPO extraída da alcachofra. Nesse estudo a presença do EDTA, ácido 4-aminobenzóico, ácido salicílico, ácido gálico e ácido benzóico não inativaram a enzima. O efeito inibitório variou conforme o substrato utilizado, sendo que o inibidor mais efetivo quando o 4-metilcatecol foi utilizado como substrato foi a tropolona (2-hidroxi-2,4,6-cicloheptatrieno-1), seguido pela L-cisteína, D,L-ditiotreitol, glutathiona, NaN₃ e ácido ascórbico.

A cisteína tem sido utilizada com eficácia na conservação de banana, maçãs e batatas (MELO e VILAS BOAS, 2006; MELO *et al.*, 2009). Três diferentes mecanismos de atuação da cisteína são propostos: redução das orto-quinonas a orto-dihidroxifenóis; inibição direta da atividade da polifenoloxidase e reação com orto-quinonas dando origem a compostos incolores cisteína-quinona, inibidores competitivos da polifenoloxidase.

A forma de inibição realizada pelo ácido ascórbico envolve a redução das quinonas formadas pela PPO com regeneração dos polifenóis e conseqüente oxidação do ácido ascórbico para ácido dihidroascórbico. Por este motivo o efeito do ácido ascórbico na inibição do escurecimento é apenas temporário. De acordo com Dogan *et al.* (2005) o ácido ascórbico pode promover a inativação da PPO somente quando utilizado em altas concentrações.

A PPO não pertence à classe de enzimas termoresistentes. A exposição do tecido vegetal por curto período de tempo à temperatura de 70 a 90°C é suficiente para a paralisação completa de suas funções catalíticas. O branqueamento térmico de vegetais é uma etapa importante no processamento, realizada geralmente pela imersão em água quente (88 a 99°C) ou exposição ao vapor (ARAÚJO, 2004)

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do pré-tratamento com antioxidantes combinado com branqueamento térmico da alcachofra (*Cynara cardunculus scolymus L.*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados botões de alcachofra roxa de são roque (*Cynara cardunculus scolymus L.*) *in natura* recém colhidas (diâmetro entre 50 e 60 mm) –

classe 50 (HORTIBRASIL, 2009), adquiridas diretamente dos produtores da região de Piedade (São Paulo, Brasil) entre os meses de março a abril de 2009. Os experimentos foram realizados nos laboratórios do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP (Campinas, Brasil).

Os botões de alcachofra *in natura* foram lavados em água corrente. Em seguida as pétalas externas não comestíveis foram removidas manualmente, os talos e as pontas dos botões foram cortados a cerca de 1 cm da extremidade. Os botões agrupados dois a dois foram pré-tratados, a temperatura ambiente, por imersão em 1,5 L das soluções de ácido ascórbico (AA) e/ou ácido cítrico (AC) e/ou L-cisteína (LC), de diferentes concentrações, conforme Tabela 1. Os botões foram mantidos nas soluções por 30 minutos. A seqüência dos tratamentos foi aleatorizada e realizada em duplicata.

Em seguida os botões, agrupados dois a dois, foram submetidas ao tratamento térmico colocando-os em água em ebulição (ARAÚJO, 2004). Foram retiradas amostras nos tempos 0, 5, 10, 15 e 20 minutos, sendo imediatamente resfriadas por imersão em água a 10°C durante 15 minutos. O excedente de água das amostras foi escorrido com o auxílio de uma peneira.

TABELA 1. Delineamento experimental para pré-tratamento de fundos de alcachofra (*Cynara cardunculus scolymus* L) com antioxidantes.

EXPERIMENTO	ÁCIDO ASCÓRBICO	ÁCIDO CÍTRICO	L-CISTEÍNA
T1	1%	0%	0%
T2	0%	1%	0%
T3	0%	0%	1%
T4	1%	1%	0%
T5	1%	0%	1%
T6	0%	1%	1%
T7	1%	1%	1%
T8	0%	0%	0%

Após o tratamento foram removidas as pétalas e espinhos para obtenção do fundo da alcachofra. Os fundos foram expostos ao ar durante 10 minutos. Em

seguida foi determinada a cor em colorímetro Color Quest II utilizando sistema “L”, “a”, “b”. A leitura foi realizada diretamente nos fundos de alcachofra em triplicata (centro e duas extremidades).

Com os resultados obtidos no colorímetro foi calculado o Índice de Escurecimento (IE), conforme descrito por Palou *et al.* (1999) e dado pelas Equações 1 e 2, onde “L” é a luminosidade que varia de 0 (preto) a 100 (branco) e “a” e “b” coordenadas de cromo (-a = verde, +a = vermelho, -b = azul, +b = amarelo) ambas variando de -60 a +60, de acordo com ASTM International (2001).

$$IE = \left[\frac{100.(x - 0,31)}{0,172} \right] \quad (1)$$

$$x = \frac{(a + 1,75L)}{5,645L + a - 3,021b} \quad (2)$$

Em geral a taxa de reação de degradação pode ser descrita conforme Equação 3 (LABUZA, 1984)

$$-\frac{d(IE)}{dt} = k(IE)^m \quad (3)$$

Onde *IE* é o índice de escurecimento, *t* é o tempo de aquecimento, *k* é a taxa de reação numa dada temperatura (*T*) e *m* é a ordem da reação.

Integrando-se a Equação 3 em relação ao tempo para uma reação de primeira ordem (*m*=1) obtêm-se a Equação 4:

$$\ln \frac{IE}{IE_0} = -kt \quad (4)$$

Onde *IE*₀ é o índice de escurecimento no tempo zero e *IE* é o índice de escurecimento no tempo *t*. Foi plotado o gráfico de ln (IE/IE₀) em função do tempo para determinar a constante da velocidade de reação *k* (inclinação da reta obtida) para cinética de primeira ordem. Os valores de *k* para os diferentes tratamentos foram analisados por análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (<0,05), com auxílio de planilhas Microsoft Excell® versão 2007.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o IE estão apresentados na Figura 1. No tempo zero todas as amostras se apresentaram escurecidas com IE acima de 73. Após 5 minutos imersos na água em ebulição o IE aumentou em todas as amostras com exceção do tratamento 6 (AA0%;AC1%;LC1%). Este aumento ocorreu devido à elevação da temperatura da alcachofra e conseqüente aumento da atividade enzimática até que a temperatura de inativação fosse atingida. A partir do tempo de 10 minutos o IE diminuiu em todos os tratamentos devido à inativação térmica da enzima.

No tempo zero a amostra que apresentou maior IE foi a T6 (AA0%;AC1%;LC1%), seguida da T1 (AA1%;AC0%;LC0%), com IE de 94,53 e 90,96, respectivamente; essas mesmas amostras após 20 minutos de tratamento térmico apresentaram os menores IE, respectivamente de 32,09 e 30,96. Esses resultados são compatíveis com os obtidos por Lattanzio *et al.* (1989) em amostras de alcachofra tratadas por 2 horas com solução de ácido cítrico (1%) ou ácido ascórbico (1%), no qual o escurecimento interno dos botões de alcachofra reduziu nas amostras tratadas com solução de ácido cítrico (1%) em comparação as amostras não tratadas.

Após 20 minutos de tratamento térmico as amostras T5 (AA1%; AC0%; LC1%) e T2 (AA0%; AC1%; LC0%) foram as que apresentaram os maiores IE, respectivamente 50,93 e 50,30. Esses resultados diferem dos obtidos por Melo *et al.* (2009), no qual a imersão durante 3 minutos de fatias de banana “maçã” em solução de cloridrato de L-cisteína 0,5% + ácido ascórbico 1% + carbonato de cálcio 1% foi efetiva na manutenção da qualidade. Essa diferença possivelmente ocorreu porque as bananas foram utilizadas fatiadas (sem casca), enquanto nesse estudo o pré-tratamento foi realizado na alcachofra antes da remoção das pétalas internas e espinhos, dificultando o contato das soluções com os fundos da alcachofra.

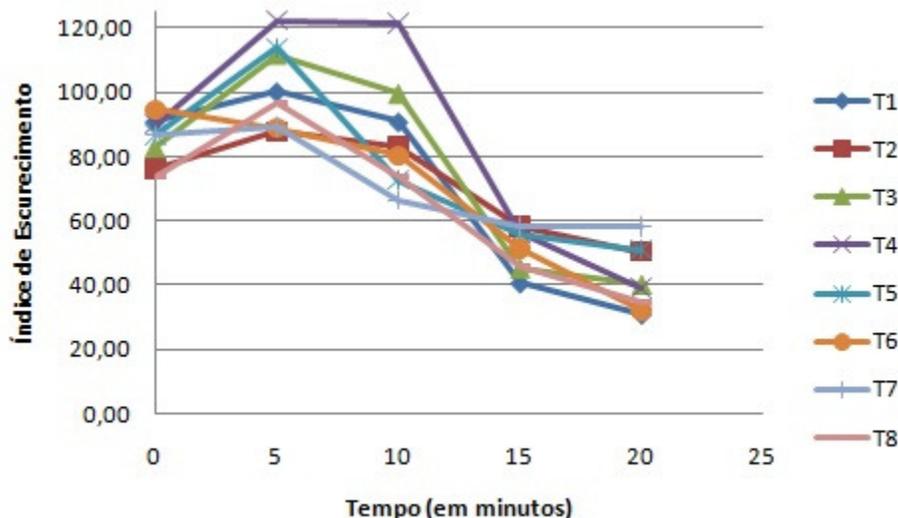


FIGURA 1. Resultados médios obtidos para o índice de escurecimento (IE) em função do tempo de branqueamento térmico de alcachofra pré-tratada com antioxidantes.

NOTA: AA = ácido ascórbico, AC = ácido cítrico, LC = L-cisteína. T1 = AA1%;AC0%,LC0%; T2 = AA0%;AC1%,LC0%; T3 = AA0%;AC0%,LC1%; T4 = AA1%;AC1%,LC0%; T5 = AA1%;AC0%,LC1%; T6 = AA0%;AC1%,LC1%; T7 = AA1%;AC1%,LC1%; T8 = AA0%;AC0%,LC0%.

O baixo IE (34,50) obtido para a T8 tratada apenas com água sugere que o pré-tratamento com as soluções antioxidantes pouco influenciaram no IE final das alcachofras branqueadas, no entanto, conforme Tabela 2, a constante da velocidade de reação (k) apresentou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) para a maioria dos tratamentos.

TABELA 2. Resultados cinéticos obtidos para amostras de alcachofra pré-tratadas com soluções antioxidantes e branqueadas em temperatura de ebulição.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
k (min.^{-1})	0,0866 ^a	0,0406 ^b	0,0776 ^c	0,0839 ^a	0,0536 ^d	0,0700 ^e	0,0283 ^f	0,0713 ^e
R^2	0,9178	0,9323	0,8926	0,8971	0,9194	0,9391	0,8233	0,9877

NOTA: AA = ácido ascórbico, AC = ácido cítrico, LC = L-cisteína. T1 = AA1%,AC0%,LC0%; T2 = AA0%,AC1%,LC0%; T3 = AA0%,AC0%,LC1%; T4 = AA1%,AC1%,LC0%; T5 = AA1%,AC0%,LC1%; T6 = AA0%,AC1%,LC1%; T7 = AA1%,AC1%,LC1%; T8 = AA0%,AC0%,LC0%. Letras diferentes na mesma linha apresentam diferença estatisticamente significativa em nível de 5%.

Os maiores valores de k foram obtidos para as amostras T1 (AA1%,AC0%,LC0%) e T4 (AA1%;AC1%,LC0%), respectivamente 0,087 e 0,084, que não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si ($p > 0,05$). Na condição mais drástica de tratamento T7 (AA1%,AC1%,LC1%) foi obtida a

menor constante da velocidade de reação (k) (0,0283), sugerindo que a combinação dos três antioxidantes avaliados reduziu a velocidade da reação de escurecimento. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) entre os T6 (AA0%; AC1%; LC1%) e T8, amostras tratadas apenas com água.

4. CONCLUSÕES

O índice de escurecimento final da amostra foi pouco afetado pelos pré-tratamentos com soluções antioxidantes, no entanto a constante da velocidade de reação (k) variou significativamente, sugerindo que o pré-tratamento é recomendado para retardar o escurecimento nas soluções de espera utilizadas antes do branqueamento térmico. Neste caso, o tratamento com AA1%, AC1% e LC1% foi o que apresentou os melhores resultados.

Os botões após serem tratados por 10 minutos em água em ebulição apresentaram redução no IE, para todos os pré-tratamentos realizados, indicando que esse tempo é suficiente para a inativação da enzima pelo calor.

A ação dos antioxidantes pode ser potencializada com o emprego de técnicas de preparo da alcachofra que permitam maior contato das soluções com a porção comestível, como a remoção das pétalas e espinhos antes do tratamento com os antioxidantes.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3.ed.rev.ampl. Viçosa: Imprensa Universitária, 2004, p.287-304

ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **Standard practice for computing the colors of objects by using the CIE System – E 308-01**. Pennsylvania: ASTM International, 2001.

CRAVERO, V.P.; LÓPEZ ANIDO, F.S.; COINTRY, E.L. Caracterización y selección de familias S1 de alcaucil a través de técnicas de análisis multivariado. **Horticultura Brasileira**, *Brasília*, v. 20, n. 4, p. 619-625, dezembro 2002.

DI GIULIO, G. Falta pesquisa para aumentar produção de alcachofra no Brasil. **Ciência e Cultura**. v.56, n.2, p.13-14, 2004.

DOGAN, S.; TURAN, Y.; ERTÜRK, H.; ARSLAN, O. Characterization and purification of polyphenol oxidase from artichoke (*Cynara scolymus* L.). **J.Agricultural and Food Chemistry**. n.53, p.776-785, 2005.

HORTIBRASIL. Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. Proposta de Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Alcachofra (*Cynara scolymus* L.). Brasil, 2009. 6 p.

LABUZA, Theodore .P. Application of chemical kinetics to deterioration of foods. **Journal of chemical education**, v. 61.n.4. April 1984. 348-358.

LATTANZIO, V.; LINSALATA, V.; PALMIERI, S. VAN SUMERE, C.F. The beneficial effect of citric and ascorbic acid on the phenolic browning reaction in stored artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads. **Food Chemistry**. n.33, p.93-106, 1989.

MELO, A.A.M.; VILAS BOAS, E.V.B. Inibição do escurecimento enzimático de banana “maçã” minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. n.26, v.1, p. 110-115. jan-mar, 2006.

MELO, A.A.M.; VILAS BOAS, E.V.B.; JUSTO, C. F. Uso de aditivos químicos para a conservação pós-colheita de banana “maçã” minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**. v.33, n.1, p. 228-236. jan-fev, 2009.

PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; WELTI-CHANES, J.; SWANSON, B.G. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. **Journal of food science**. V.64, n.1, p.42-45, 1999.

CAPÍTULO 3. CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO TÉRMICA DA TEXTURA DE FUNDOS DE ALCACHOFRA (*Cynara cardunculus scolymus L.*)

Resumo

A textura é um dos mais importantes fatores na avaliação da qualidade dos vegetais, porque influencia na aceitação do produto pelos consumidores. O presente trabalho teve como objetivo determinar os parâmetros cinéticos da degradação térmica da textura de fundos de alcachofra e relacioná-los com os parâmetros cinéticos de destruição microbiológica. A cinética da degradação térmica da textura de alcachofra foi estudada na faixa de temperatura de 80 a 100 °C. A textura (força de penetração) foi medida objetivamente em texturômetro. Foram estimados os parâmetros cinéticos de degradação usando o modelo de Arrhenius. Os parâmetros cinéticos de degradação térmica da textura foram relacionados com os parâmetros cinéticos de morte de microorganismos usando o modelo de Bigelow. Foram obtidos os valores de E_a (20,76 kcal.mol⁻¹), z (29,22°C) e Q_{10} (2,2) para degradação térmica da textura. Temperaturas mais elevadas de processo por tempo mais curto minimizam a destruição térmica da textura. O tratamento térmico a 116,88°C por 6,66 minutos é o limite mínimo de processo capaz de garantir a estabilidade microbiológica do produto sem comprometer a textura dos fundos de alcachofra. O limite máximo de temperatura é dado pela condição operacional do equipamento (autoclave).

Palavras-chave: processamento térmico, alimentos enlatados; textura

Thermal degradation kinetics for texture of artichoke (*Cynara cardunculus scolymus L.*)

Abstract

Texture is one of the most important assessment of vegetable quality, because consumers acceptance. This study aimed to determine the kinetic parameters of thermal degradation of the texture of artichoke hearts and relate them to the kinetics of microbial destruction. The thermal degradation kinetics for the texture of artichoke were studied in the temperature range from 80 to 100 °C. The texture (penetration force) was measured objectively using a texturometer. The kinetic parameters of degradation using the Arrhenius model. Than the kinetic parameters for thermal degradation of texture were related to the microbial death kinetics parameter using the Bigelow model. Values for E_a (20.76 kcal mol⁻¹), z (29.22 °C) and Q_{10} (2.2) for the thermal degradation of the texture were obtained. Higher temperatures and shorter processes lessen thermal destruction of the texture. The thermal treatment at 116.88°C for 6.66 min is the minimal limit to ensure microbiological stability of the product with compromising by the operational condition of the equipment (autoclave)

Keywords: Thermal processing; Canned food; Artichoke; Texture.

1.INTRODUÇÃO

A textura é um dos mais importantes fatores na avaliação da qualidade dos vegetais, influenciando na aceitação pelos consumidores (NISHA *et al.*, 2006). A alcachofra *in natura* possui pH em torno de 6,5 e 5,5, respectivamente para o fundo e talo, sendo classificada como um alimento de baixa acidez. Nessa categoria de alimentos o processamento térmico deve ser conduzido de forma a assegurar a esterilidade comercial do produto final (AHMED e SHIVHARE, 2006). Esse processo causa certo grau de cozimento e conseqüente degradação da textura.

As propriedades de textura dos alimentos são definidas como: um grupo de características físicas que dependem da microestrutura do alimento; que são percebidas pelo tato; estão relacionadas com a deformação, desintegração e fluxo dos alimentos quando submetidos a uma força” (BOURNE, 1982).

Os métodos instrumentais utilizados para a avaliação da textura são baseados em testes mecânicos. Para a avaliação da textura, o alimento é deformado por compressão, tensão, cisalhamento ou a combinação dessas operações e a reação da amostra à aplicação dessa força é determinada. O processamento térmico provoca mudanças na microestrutura do alimento causando alteração na textura (NISHA *et al.*, 2006).

O aumento da demanda por alimentos de alta qualidade tem inspirado os pesquisadores e a indústria de alimentos a buscar novas alternativas aos métodos convencionais de processamento (AWUAH *et al.*, 2007). No entanto a necessidade de otimizar a qualidade e ao mesmo tempo reduzir os custos de operação conduzem a reavaliação de sistemas já existentes, em busca de benefícios adicionais, como os que podem ser obtidos com o processamento térmico de alimentos enlatados sob alto vácuo (25 pol Hg).

Para maximizar a qualidade e minimizar a degradação da textura durante o processamento térmico são necessários estudos cinéticos. Os parâmetros cinéticos podem fornecer variáveis que permitam a compreensão e previsão das alterações que ocorrem durante o processamento térmico (VU *et al.*, 2004). Em estudo realizado por Rodrigo *et al.* (1992) em alcachofras enlatadas foi observada uma alta correlação entre a textura e tempo de tratamento térmico.

O presente trabalho teve como objetivo determinar os parâmetros cinéticos da degradação térmica da textura de fundos de alcachofra e relacioná-los com os parâmetros cinéticos de destruição microbiológica para obter a faixa de temperatura e tempo de processamento térmico que causam a menor degradação da textura da alcachofra e ao mesmo garantem a segurança microbiológica do produto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados botões de alcachofra roxa de São Roque (*Cynara cardunculus scolymus L.*) *in natura* recém colhidas, com diâmetro entre 50 e 60 mm - Classe 50 (HORTIBRASIL, 2009), teor de sólidos solúveis de 8,3^oBrix, adquiridas diretamente dos produtores da região de Piedade (São Paulo, Brasil) entre os meses de novembro e dezembro de 2009. Os experimentos foram realizados nos laboratórios do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP (Campinas, Brasil).

2.1. Preparo das amostras

As amostras foram lavadas em água corrente. Em seguida as pétalas externas não comestíveis foram removidas manualmente, os talos e a ponta dos botões foram cortados a cerca de 1 cm da extremidade. Os botões foram imersos em água em ebulição por 7 minutos e resfriados em água a 10°C por 15 minutos, conforme determinado experimentalmente em estudos preliminares, para permitir a remoção manual dos espinhos. O excedente de água das amostras foi escorrido com o auxílio de peneira.

Foram removidos as folhas internas, os espinhos e as imperfeições, mantendo os fundos imersos em água, antes e após esta operação.

2.2. Realização dos ensaios

Os fundos de alcachofra foram imersos em água a: 80°C por 0; 10; 25; 50 e 100 minutos; a 90°C por 0; 5; 12,5; 30; 40 e 55 minutos e a 100°C por 0; 2,5; 5; 15; 20 e 25 minutos. Os tempos foram estabelecidos experimentalmente em

ensaios preliminares. Em seguida as amostras foram resfriadas em água a 10°C por 15 minutos.

Para cada tratamento foram utilizados três fundos de alcachofra, os quais foram cortados em 4 partes para determinação da força de penetração, em texturômetro TA-XT2i Texture Analyser, utilizando o método analítico adaptado de Stable Microsystems (2000). Foi utilizada a célula máxima de carga de 50 kg, velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,5 mm/s e penetração de 3 mm; probe SMS P/2, resultando em 12 determinações por tratamento. Para o ponto zero foram avaliados 5 fundos, resultando em 20 determinações. Parte desses resultados foram excluídos para se obter um coeficiente de variação (CV) inferior a 20%.

2.3. Determinação dos parâmetros cinéticos da degradação térmica da textura

A média dos resultados obtidos para a força de penetração foi analisada quanto à ordem da reação de degradação e foi calculada a velocidade da reação (k) e a energia de ativação (E_a) nas respectivas temperaturas.

Para a determinação da ordem da reação e a constante de velocidade, foram plotados o logaritmo natural (\ln) dos valores médios da força de penetração (C) versus o tempo para cada temperatura e realizada a regressão linear para determinar o valor de k (constante da velocidade de reação).

Para a dependência da velocidade da reação com a temperatura, foi utilizado o Modelo de Arrhenius. A inclinação do gráfico $\ln(k)$ versus $1/T$ é conhecida com E_a/R . Sendo $R= 1,987$ cal/ gmol , determinou-se a energia de ativação (E_a). O valor de z foi determinado utilizando a Eq. (1) descrita abaixo (TEIXEIRA NETO e VITALI, 1996):

$$z = \frac{4,6T^2}{E_a} \quad (1)$$

Onde: E_a é a energia de ativação em kcal/gmol e T é a temperatura média usada para determinar a E_a em Kelvin.

Utilizando o valor de z calculado foi determinado o Q_{10} pela Equação 2 descrita abaixo (TEIXEIRA NETO e VITALI, 1996):

$$Q_{10} = 10^{\frac{10}{z}} \quad (2)$$

2.4. Relação dos parâmetros cinéticos da degradação de textura com a destruição térmica dos microorganismos.

Para comparação dos parâmetros cinéticos de degradação térmica da textura e destruição térmica de microorganismos foi utilizado o modelo de Bigelow. A reação de degradação térmica da textura em vegetais é descrita na literatura como de primeira ordem (Equação 3), com a seguinte forma:

$$\frac{dC}{dt} = -k.t \quad (3)$$

Na forma integrada tem-se a Equação 4:

$$\log\left(\frac{C_0}{C}\right) = \frac{k}{2,303}.t = \frac{t}{D_T} \quad (4)$$

Onde:

C_0 = força de penetração inicial (gramas);

C = força de penetração final (gramas);

k = constante da velocidade de reação de primeira ordem (s^{-1} ou min^{-1});

D_T = tempo de redução decimal, ou seja, o tempo necessário para reduzir a força de penetração a um décimo do valor inicial, a uma dada temperatura T (s ou min).

t = tempo em minutos ou segundos

Os valores de D foram extrapolados para temperaturas acima de $100^{\circ}C$ utilizando a Equação 4.

Utilizando os parâmetros cinéticos de morte de esporos de *C. botulinum*, $D_{121} = 0,21$ minutos, $z = 10^{\circ}C$ e $F_0 = 2,52$ minutos (STUMBO, 1973; AHMED e SHIVHARE, 2006) foram estimados os tempos mínimos de tratamento térmico (F) para que ocorra a destruição de 12 ciclos logarítmicos (processo 12D) deste microorganismo alvo em temperaturas acima e abaixo de $121^{\circ}C$.

No mesmo gráfico foram plotados os valores de $\log D$ para a textura e de $\log F$ para os microorganismos em função da temperatura para se determinar a região ótima de processamento, na qual ocorre a destruição dos microorganismos e a degradação mínima da textura. O binômio tempo e temperatura mínimos de processo foram obtidos pela intersecção das duas retas.

Foi adotada a temperatura máxima de 130°C, devido a limitação operacional da maioria das autoclaves (PENONNE, 2010), determinando-se o tempo correspondente pela substituição dessa temperatura nas equações das retas obtidas para o $\log D$ (textura) e $\log F$ (microorganismos), em função da temperatura.

A força de penetração (gramas) foi estimada para a faixa de temperatura ótima determinada, utilizando a equação da reta obtida para o $\log D$ (textura) em função da temperatura, considerando-se o tempo mínimo para a morte de microorganismos em cada temperatura (valor de F).

Todos os resultados foram analisados com auxílio de planilhas Microsoft Excel®, versão 2007.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Parâmetros cinéticos para degradação da textura.

Os resultados obtidos para a força de penetração em função da temperatura estão apresentados na Tabela 1. Os dados apresentaram coeficientes de variação entre 8,4 a 19,55 %. Esses resultados estão compatíveis com aqueles obtidos por Rodrigo *et al.* (1992), que obtiveram coeficientes de variação de 66% e 19%, respectivamente para fundos de alcachofra inteiros e ¼ de fundo, na determinação da força de cisalhamento.

De acordo com Rodrigo *et al.* (1992) a variação nos resultados individuais ocorre devido à composição da alcachofra, que apresenta variação substancial no conteúdo de fibras de um fundo para outro dependendo do estágio de maturação na época da colheita.

Com base nos dados obtidos (Tabela 1) foi determinada a ordem da reação de redução da força de penetração (em gramas), ocorrida devido ao amaciamento ou amolecimento do vegetal e neste trabalho entendida como a degradação da

textura dos fundos de alcachofra. O amaciamento da textura em vegetais é causado pela hidrólise de substâncias pécticas, gelatinização de amidos e solubilização parcial da hemicelulose combinado com a perda de turgescência do vegetal. O processamento térmico também resulta em mudanças na parede celular, especialmente na lamela média. A textura final depende então do quanto cada um desses fatores é afetado pelo método de processamento térmico empregado (AHMED e SHIVHARE, 2006).

TABELA 1. Resultados obtidos para a força de penetração (gramas) em função do tempo de tratamento nas diferentes temperaturas, para fundos de alcachofra.

80°C		90°C		100°C	
Tempo (min.)	Força de penetração (g)	Tempo (min.)	Força de penetração (g)	Tempo (min.)	Força de penetração (g)
0	1189 ±101	0	1189 ±101	0	1189 ±101
10	1003 ±155	5	1135 ±107	2,5	936 ±85
25	562 ±110	12,5	571 ±61	5	445 ±75
50	431 ±71	30	341 ±52	15	222 ±30
100	181 ±27	40	192 ±32	20	155 ±26
		50	152 ±27	25	118 ±15

NOTA: Para o cálculo da média e desvio padrão foram consideradas 19 medições para o tempo zero e 9 para os demais tratamentos. As variações para mais ou para menos referem-se ao desvio padrão.

Conforme descreve a literatura para vegetais (AHMED e SHIVHARE, 2006), nas três temperaturas as reações se ajustaram ao modelo cinético de 1ª ordem, com coeficiente de correlação (R^2) de 0,95 a 0,97 (Figura 1). Rodrigo *et al.* (1992) obtiveram resultados semelhantes na avaliação da textura de corações de alcachofra por força de cisalhamento, com R^2 variando de 0,97 a 0,98.

A Tabela 2 mostra os parâmetros cinéticos da degradação da textura (força de penetração) dos fundos de alcachofra.

TABELA 2. Parâmetros cinéticos da degradação da textura em fundos de alcachofra.

Parâmetros	Resultados
Ea (kcal/mol)	20,76
Z(°C)	29,22
Q ₁₀	2,20

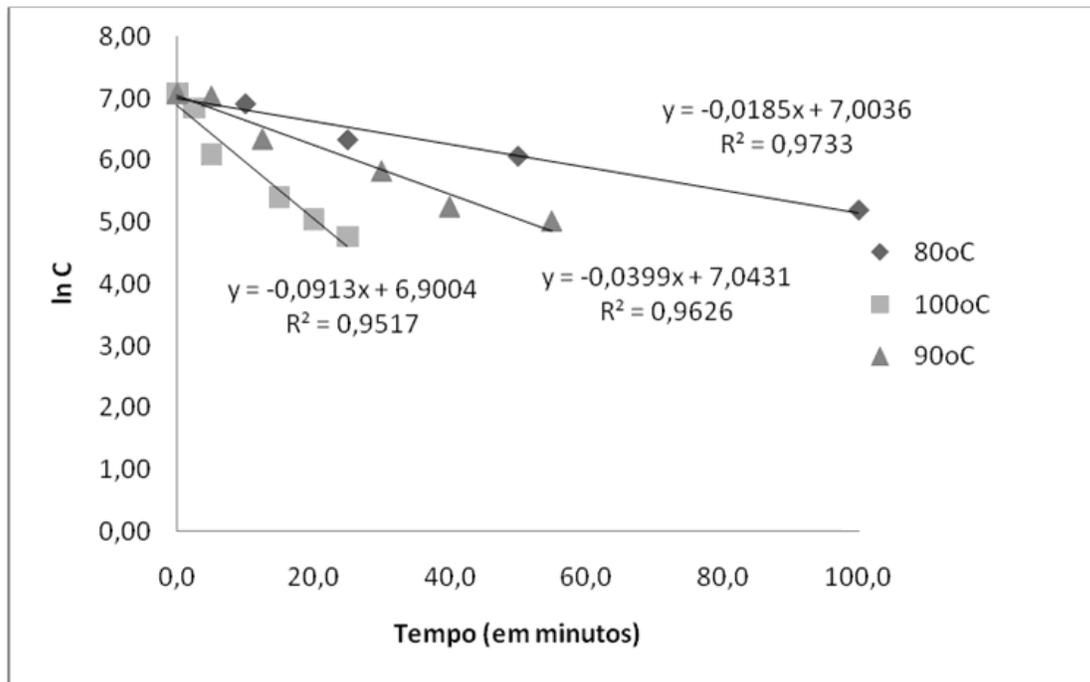


Figura 1. Cinética de primeira ordem para força de penetração (C) de fundos de alcachofra.

Os valores da energia de ativação (E_a) foram calculados utilizando o modelo de Arrhenius (Figura 2). Para a degradação da textura a energia de ativação necessária foi de $20,76 \text{ kcal.mol}^{-1}$ (ou $87,27 \text{ kJ.mol}^{-1}$). O resultado obtido está compatível com a faixa de 10 a 30 kcal.mol^{-1} descrito por Teixeira Neto e Vitali (1996) para energia de ativação de alteração da cor, textura e sabor dos alimentos. Lund (1982) e Nagel e Vaugh (1954) obtiveram os valores de 20 e 22 kcal.mol^{-1} , respectivamente para ervilha e pepino.

Em estudo recente realizado com cenouras, De Roeck *et al.* (2010) obtiveram para a energia de ativação (E_a) da degradação da textura o valor de $152,12 \pm 15,58$ e $176,79 \pm 7,89 \text{ kJ.mol}^{-1}$, respectivamente para amostras processadas sob pressão de 0,1 MPa e 600 MPa, mostrando que a energia de ativação aumenta com a elevação da pressão, reduzindo conseqüentemente a degradação da textura.

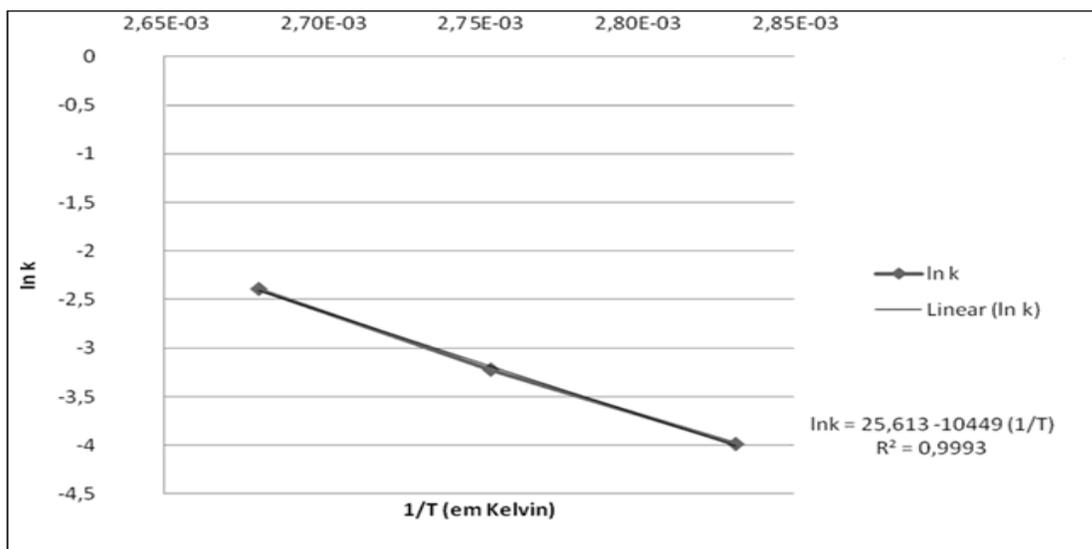


Figura 2. Modelo de Arrhenius para os parâmetros cinéticos de degradação da textura de fundos de alcachofra.

O valor de z representa o intervalo de temperatura que ocasiona uma variação de 10 vezes na velocidade de uma transformação e varia em geral de 25 a 45°C para os parâmetros: cor, textura e sabor, segundo Teixeira Neto e Vitali (1996). O valor de z obtido (Tabela 2) para a degradação da textura (redução da força de penetração) foi de 29,22°C. Esse resultado está muito próximo do valor de z de 27°C obtido por Rodrigo *et al.* (1992) para coração de alcachofra.

O valor de Q_{10} também denominado fator de aceleração, é um termo utilizado para descrever a resposta dos sistemas biológicos à mudança de temperatura. Esse valor representa o quanto aumenta a velocidade de reação para um incremento de 10°C. De acordo com Labuza (1984) os valores de Q_{10} variam de 1,5 a 2 para perda da qualidade sensorial em enlatados, portanto o valor de 2,2 (Tabela 2) obtido para o valor de Q_{10} indica uma forte dependência da degradação da textura (redução da força de penetração) dos fundos de alcachofra em relação à temperatura de processamento.

3.2. Relação dos parâmetros cinéticos da degradação de textura com a destruição térmica dos microorganismos.

As equações obtidas respectivamente para a destruição térmica de microorganismos (5) e degradação térmica da textura (6) estão descritas abaixo, onde T é a temperatura:

$$\text{Log}F = -0,1T + 12,512 \quad (5)$$

$$\text{Log}D = -0,03461T + 4,8678 \quad (6)$$

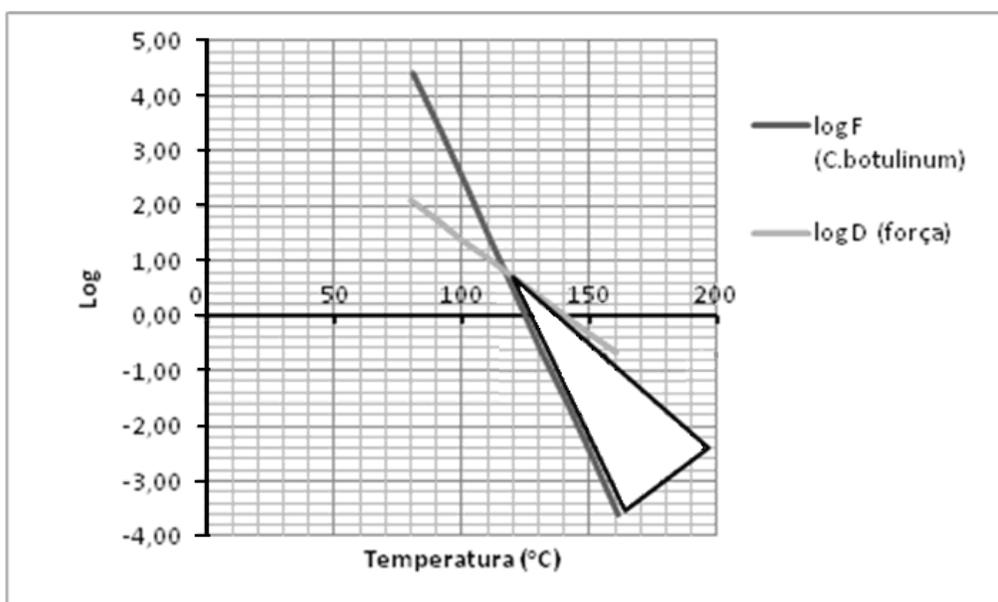


Figura 3. Parâmetros cinéticos para a degradação da textura (log D) e destruição de microorganismo (log F) em fundos de alcachofra.

Nota: A textura foi determinada pela força de penetração em gramas.

A região ótima de processamento (tempo versus temperatura) está apresentada na Figura 3. Com as equações 5 e 6 foi determinada a temperatura mínima de tratamento térmico de 116,88°C e tempo de 6,66 minutos para morte de microorganismos e degradação da textura. Adotando como temperatura máxima 130°C, o tempo de tratamento térmico obtido foi de 2,34 minutos para manutenção da textura e 0,33 minutos para a morte dos microorganismos.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 3, na faixa de temperatura de processo compreendida entre 116,88 e 130°C, utilizando-se o tempo mínimo (F)

para garantir a estabilidade microbiológica do produto, foi possível determinar que com o aumento da temperatura de processo a força de penetração (C) é maior, indicando que para minimizar a degradação na textura devem ser utilizadas temperaturas mais elevadas de processo.

TABELA 3. Forças de penetração (C) estimadas para F em cada temperatura.

Temperatura (°C)	F mínimo	Força de penetração (em gramas)
116,88	6,66	118,95
117	6,49	123,98
118	5,15	170,31
119	4,09	223,81
120	3,25	283,09
121	2,58	346,50
122	2,05	412,31
123	1,63	478,84
124	1,29	544,59
125	1,03	608,33
126	0,82	669,10
127	0,65	726,21
128	0,52	779,23
129	0,41	827,92
130	0,33	872,23

Nota: F tempo mínimo de tratamento térmico para que ocorra a destruição de 12 ciclos logarítmicos do microorganismo alvo (*C. botulinum*).

Adotando-se a temperatura de referência de 121°C, empregada em geral para esterilização de vegetais enlatados, foi obtido o tempo de 4,8 minutos para textura e 2,58 minutos para morte de microorganismos. Este resultado é semelhante ao obtido por Rodrigo *et al.* (1992) para corações de alcachofra no qual a máxima conservação da textura foi obtida com aquecimento a 121°C por 15 minutos de processamento, equivalendo a F_0 de 2,09 minutos e 7,80 minutos para textura.

4.CONCLUSÕES

A degradação térmica da textura se ajustou ao modelo cinético de primeira ordem com E_a de 20,76 kcal.mol⁻¹, z de 29,22 °C e Q_{10} de 2,2.

Temperaturas mais elevadas de processo por tempo mais curto minimizam a degradação térmica da textura. O tratamento térmico a 116,88 °C por 6,66 minutos é o limite mínimo de processo capaz de garantir a estabilidade microbiológica do produto sem comprometer a textura dos fundos de alcachofra. O limite máximo de temperatura é dado pela condição operacional do equipamento (autoclave).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento da FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo), Brasil.

REFERÊNCIAS

AHMED, J.; SHIVHARE, U.S., 2006. **Thermal processing of vegetables**. In: SUN, Da-Wen. *Thermal food processing*. CRC Press. Chapter 13 <http://www.crcnetbase.com/page/food_science_ebooks> (accessed July, 2010).

AWUAH, G.B.; RAMASWAMY, H.S.; ECONOMIDES, A. Thermal processing and quality: principles and overview. **Chemical Engineering and Processing**. v.46, p. 584-602, 2007.

PENNONE. **Autoclave de esterilização**. Disponível em: <<http://pennone.com.br/17%20autoclave%20de%20esteriliza%C3%A7%C3%A3o.htm>> Acesso em: 09 de Junho de 2010.

BOURNE, M.C., 1982. **Food texture and viscosity: Concept and measurement**. Academic Press, London.

DE ROECK, A.; MOLS, J.; DUVETTER, T.; LOEY, A.V.; HENDRICKX, M., 2010. Carrot texture degradation kinetics and pectin changes during thermal versus high-pressure/high-temperature processing: A comparative study. **Food Chemistry**. 120, p.1104-1112.

HORTIBRASIL. Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. **Proposta de Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Alcachofra (*Cynara scolymus* L.)**. Brasil, 2009. 6 p.

LABUZA, T. P., 1984. Application of chemical kinetics to deterioration of foods. **Journal of chemical education**, 61 (4), p.348-358.

LUND, D. B. 1982. Quantifying Reactions Influencing Quality of Foods: Texture, Flavor and Appearance. **Journal of Food Processing and Preservation**. 6, p.133-153

NAGEL, C. W. and VAUGHN, R. H., 1954. Sterilization of cucumbers for studies on microbial spoilage. **Food Res.** 19, p. 613.

TEIXEIRA NETO, R.O.; VITALI, A.A., 1996. **Reações de transformações e vida-de-prateleira de alimentos processados.** Manual Técnico n.6, 2.1-2.13.

NISHA, P.; SINGHAL, R.S; PANDIT, A.B. Kinetic modeling of texture development in potato cives (*Solanum tuberosum* L.), green gram whole (*Vigna radiate* L.) and red gram splits (*Cajanus cajan* L.) **Journal of Food Engineering.** 76, 524–530. 2006.

RODRIGO, M.; GARCÍA, M.G.; RAMIREZ, L.; MARTINEZ, A.; GINER, V.; SAFÓN, J. Physical texture as an indicator of processing conditions for canning low-acid artichoke hearts. **International Journal of Food Science and Technology.** 27, 41-48, 1992.

SCHMIDT, F.L., 2000. **Transferência de calor em sistemas líquido/particulados envasados sob alto vácuo.** Campinas, 145 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.

STABLE MICROSYSTEMS. **Guia de aplicação dos software do texturômetro TA-XT2i Texture Analyser: Application Study Peppers.** Ref. PEPP 1/P3. Janeiro 2000.

STUMBO. C.R. 1973. **Thermobacteriology in Food Processing.** 2nd New York: Academic Press.

VU,T.S.; SMOUT, C.; SILA, D.N.; LYNGUYEN, B.; VAN LOEY, A.M.L.; HENDRICKX, M.E.G. Effect of preheating on thermal degradation kinetics of carrot texture. **Innovative Food Science and Emerging Technologies.** v. 5, p.37–44, 2004.

CAPÍTULO 4. OTIMIZAÇÃO DO PROCESSAMENTO TÉRMICO DE FUNDOS DE ALCACHOFRA (*Cynara cardunculus scolymus* L.) SOB ALTO VÁCUO

Resumo

A segurança microbiológica de alimentos é o primeiro critério para a determinação das condições do processamento térmico de alimentos embalados. O efeito letal requerido, entretanto, pode ser obtido numa ampla faixa de combinações de tempo e temperatura de esterilização. Essa pesquisa teve como objetivo geral estudar o processamento térmico da alcachofra (*Cynara cardunculus scolymus* L.) sob alto vácuo e determinar: parâmetros de penetração de calor; temperatura e tempo de processo otimizados pelo método de Thijssen e a retenção da textura nessas condições. Após serem pré-processados e branqueados, os fundos de alcachofra foram envasados em latas “abre-fácil” Rojek®. Foi realizada a adição de 100 ml de salmoura (CV) convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA) e 20 mL de salmoura (SP) *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA). As latas foram fechadas sob vácuo e processadas em autoclave com cascata de água sob agitação “end-over-end” de 20 RPM, com circulação de água. Foi empregada a temperatura de 128 °C por 420 s. Foram determinados os parâmetros de penetração de calor, pH, textura e calculados os valores de letalidade e cozimento. Foram obtidos os valores de *fh* de 17 e 16 minutos, respectivamente para CV e SP. O valores de *jc* foram menores que 1 e de *jh* maiores que 1, indicando uma troca térmica mais eficiente no início do resfriamento. O pH médio das amostras variou em torno de 5. O processamento térmico empregado foi considerado seguro do ponto de vista microbiológico, no entanto ocorreu a redução de cerca de 2 ciclos logarítmicos na textura, tornando a alcachofra sensorialmente muito mole. O binômio temperatura e tempo otimizado pelo método de Thijssen foi respectivamente 118,8°C por 20,7 minutos e 120,5°C por 13 minutos, para convencional e *solid pack*. Nessas condições a textura residual foi de apenas 0,7 e 1,9%, indicando que o binômio tempo e tempo e temperatura otimizado pelo método de Thijssen não foi adequado para o processamento da alcachofra neste experimento.

Palavras-chave: transferência calor, alimentos enlatados, textura.

Optimization of the thermal processing of artichoke (*Cynara cardunculus scolymus* L.) under high vacuum

Abstract

The microbiological safety of food is the primary criterion for determining the conditions of thermal processing of packaged foods. However lethal effect required, can be obtained over a wide range of combinations of temperature and time of sterilization. To obtain safe products from a microbiological point of view and at the same time quality from the standpoint of the sensory and nutritional, the time-temperature combination must be determined. This research work aimed to

study the thermal processing of artichoke (*Cynara cardunculus scolymus L.*) under high vacuum and determine: the heat penetration parameters, temperature and process time-optimized by the method of Thijssen and retention of texture under these conditions. After being pre-processed and blanched, the artichoke hearts were packaged in "easy-open" cans Rojek® for processing. For conventional (CV) 100 ml of brine (1.75% sodium chloride, 1% calcium chloride and 0.017% EDTA) and for solid pack (SP) 20 mL (8.75% sodium chloride, 5% calcium chloride and 0.085% EDTA) were used. The cans were sealed under vacuum and processed in an autoclave with stirring and a water cascade, "end-over-end" of 20 RPM agitation and water circulation. Temperature of 128 °C for 420 s was used. Heat penetration, pH, texture and the values obtained for lethality and cooking were calculated. The values were obtained from fh 17 and 16 minutes respectively for CV and SP. The jc values were less than 1 and the jh greater than 1, indicating that the heat transfer was more conductive at cooling and more convective at heating. The average pH for the samples was around 5. The thermal process used was considered safe from a microbiological standpoint, however there was a reduction of about 2 log cycles in texture, making the artichoke too soft. The temperature and time optimized by the method of Thijssen were respectively 118.8°C per 20.7 minutes and 120.5°C per 13 minutes for conventional and solid packs. Under these conditions the residual texture was just 0.7 and 1.9 %.

Keywords: heat transfer, canned food, texture.

1. INTRODUÇÃO

A segurança microbiológica de alimentos é o primeiro critério para a determinação das condições do processamento térmico de alimentos embalados. O efeito letal requerido, entretanto, pode ser obtido numa ampla faixa de combinações de tempo e temperatura de esterilização. Com a redução no tempo de esterilização a temperatura de processo precisa ser elevada e vice-versa (TEIXEIRA NETO, 1995).

Uma temperatura elevada pode causar degradação severa do produto nas regiões próximas à parede da embalagem, antes que o centro frio da lata tenha atingido a temperatura de esterilização. No entanto, baixas temperaturas de retenção também causam grande perda de qualidade por reações químicas indesejáveis, que ocorrem devido ao tempo de processo muito longo, necessário para que seja obtida a esterilização (AHMED e SHIVHARE, 2006).

Para a obtenção de produtos seguros do ponto de vista microbiológico e ao mesmo tempo com qualidade do ponto de vista sensorial e nutricional, é necessário realizar a otimização do binômio tempo e temperatura. Vários métodos de otimização já foram desenvolvidos com o objetivo de prever a retenção de

nutrientes no processamento térmico (BALL e OLSON, 1957; HAYAKAWA, 1969; TEIXEIRA *et al.*, 1969; JEN *et al.*, 1971; THIJSSSEN *et al.*, 1978). Fatores tipicamente considerados na otimização incluem a máxima temperatura de operação e a mínima degradação de nutrientes e atributos sensoriais. No entanto o mais importante é atingir a letalidade mínima requerida para o produto (THIJSSSEN *et al.* 1980).

Dos métodos de otimização descritos pelos autores citados, o método de Thijssen é o de mais fácil aplicação na prática diária das indústrias de enlatados, porque envolve cálculos matemáticos simples. Pelo método de Thijssen, como a relação tempo e temperatura em qualquer ponto da embalagem é também uma função: da temperatura inicial T_0 do alimento, da temperatura do meio de aquecimento T_h e da temperatura do meio de resfriamento T_w . A redução dos fatores de qualidade termolábeis depois do aquecimento e subsequente resfriamento é uma função de quatro variáveis adimensionais: F_{oh} ; $N_{i,1}$; $N_{i,2}$; β , conforme Equação 1 (THIJSSSEN *et al.*, 1978)

$$\ln \frac{C_{i,0}}{C_i} = f(F_{oh}, N_{i,1}, N_{i,2}, \beta) \quad (1)$$

Onde: C_i é a concentração no tempo t e $C_{i,0}$ é a concentração no tempo $t=0$.

Pelo método de Thijssen as condições de processo podem ser calculadas para a redução decimal do número de microorganismos desejada para qualquer valor de D e z , para embalagens com diferentes geometrias, considerando o número de Fourier entre 0,3 e 1. Com as condições de processo calculadas, pode ser determinada a perda de nutrientes ou qualquer outro fator de qualidade desde que os parâmetros cinéticos sejam conhecidos (THIJSSSEN *et al.*, 1978; 1980).

O aumento da demanda por alimentos de alta qualidade tem inspirado os pesquisadores e a indústria de alimentos a buscar novas alternativas para os métodos convencionais de processamento (AWUAH *et al.*, 2007). No entanto a necessidade de otimizar a qualidade e ao mesmo tempo reduzir os custos de operação conduz à reavaliação de sistemas já existentes, em busca de benefícios adicionais, como os que podem ser obtidos com o processamento térmico de alimentos enlatados sob alto vácuo (25 pol Hg).

Os alimentos processados sob alto vácuo, também conhecidos como *solid pack*, contêm aproximadamente 10% de líquido em relação ao volume da embalagem. Os benefícios desse processo são: redução drástica do peso da embalagem e conseqüentemente do custo de transporte; ocorrência de apenas pequenas trocas de massa por osmose entre o produto e a salmoura mantendo os teores de sais minerais e vitaminas praticamente intactos durante a estocagem; diminuição dos efeitos das reações de oxidação pela eliminação quase que completa do ar residual da embalagem, devido ao alto vácuo do processo (SCHMIDT, 2000)

Esse trabalho de pesquisa teve como objetivo estudar o processamento térmico da alcachofra (*Cynara cardunculus scolymus L.*) sob alto vácuo e determinar: os parâmetros de penetração de calor; a temperatura e tempo de processo otimizados pelo método de Thijssen e a retenção da textura nessas condições.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados botões de alcachofra da variedade roxa de são roque (*Cynara cardunculus scolymus L.*) *in natura* recém colhidas com diâmetro entre 50 e 60 mm – Classe 50 (HORTIBRASIL, 2009), adquiridas diretamente dos produtores da região de Piedade (São Paulo, Brasil) entre os meses de setembro e outubro de 2009. Os experimentos foram realizados na planta de Processamento de Vegetais da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP (Campinas, Brasil).

Após a recepção dos botões de alcachofra, o talo foi cortado a cerca de 2 cm da base. Em seguida as amostras foram divididas em lotes com 30 botões, acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas em câmara fria (5°C) por no máximo 14 dias, até serem processadas.

2.1. Preparo das amostras

As pétalas externas foram removidas e os botões foram imersos em solução de ácido ascórbico 0,5%, por no máximo uma hora, para evitar o escurecimento enzimático. Foi realizado o corte dos espinhos com a faca, o talo

remanescente e as imperfeições foram removidos. Os fundos foram imersos novamente na solução de ácido ascórbico 0,5%, conforme adaptado de Martín *et al.*(2008).

Os fundos de alcachofra foram branqueados em água em ebulição por 1 minuto e resfriados em água fria (10°C) por 15 minutos. Esse binômio tempo e temperatura foi determinado experimentalmente em ensaios preliminares para inibição do escurecimento enzimático até o processamento térmico. Em seguida foram acondicionados em latas "abre fácil" Rojek®, produzidas pela Metalgráfica Rojek, com 68 mm de diâmetro interno e 78 mm de altura interna, volume nominal de 280 mL e camada interna de verniz epoxifenólico, com quantidade de enchimento de $180 \pm 1,8$ g de produto. As latas com o produto foram preenchidas com 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 mL de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA), conforme determinado experimentalmente em estudos preliminares.

As latas foram fechadas em seladora Selovac® modelo 200 S em dois ciclos de vácuo de 15 segundos cada, antes e após a colocação da tampa (previamente aquecida em água em ebulição).

2.2. Realização dos ensaios

As embalagens fechadas foram colocadas na autoclave piloto por cascata de água projetada por Gumerato e Schmidt (2009) e processadas conforme receita de processo descrita na Tabela 1. O tempo, temperatura e pressão de todas as fases do processo foram controlados automaticamente pela autoclave.

O processo foi realizado sob agitação "end-over-end" com as amostras na forma convencional em salmoura e *solid pack*, com circulação de água na autoclave. As condições de operação foram: temperatura do meio de aquecimento (T_h) de 128°C (262,4 °F), tempo de processo (t_p) de 420 segundos e temperatura do meio de resfriamento (T_w) de 25°C (77°F).

TABELA 1. Receita de processo térmico sob alto vácuo para fundos de alcachofra envasados em latas “abre fácil” em salmoura convencional e *solid pack*.

Etapa	Processo	Alvo	Tempo (s)
1	Pressão (bar)	0,5	0
2	Circulação água (%)	75	0
3	Rotação (RPM)	20	0
4	Aquecimento (°C)	100	0
5	Pressão (bar)	1,7	0
6	Aquecimento (°C)	120	0
7	Pressão (bar)	2,0	0
8	Aquecimento (°C)	128	0
9	Processo (°C)	128	420
10	Resfriamento (°C)	100	0
11	Pressão (bar)	1,7	0
12	Resfriamento (°C)	60	0
13	Pressão (bar)	0,5	0
14	Resfriamento (°C)	30	600
15	Rotação (RPM)	0	0
16	Circulação (%)	0	0
17	Pressão (bar)	0	0
18	Parada		

Para determinação da história térmica, duas embalagens tiveram as temperaturas monitoradas por meio de termopares tipo T. O termopar teve sua junta quente espetada em uma alcachofra localizada no ponto frio da embalagem, determinado previamente. As histórias térmicas dos processos (tempo e temperatura) foram registradas a cada 15 segundos. Todos os termopares foram conectados a um aquisitor de temperatura Alhborn Almemo 2890-9 e os dados (tempo x temperatura) foram analisados com auxílio de planilha Microsoft Excel®, versão 2007.

2.3 Determinação do fh e fc , difusividade térmica aparente e coeficiente global de transferência de calor (U).

Os parâmetros fh e fc , respectivamente para o aquecimento e resfriamento foram determinados pelo método de Ball e Olson (1957), plotando-se o gráfico do $\log (T-T_c)$ em função do tempo, onde T_c é a temperatura no ponto central da amostra e T é a temperatura da autoclave no aquecimento (128°C) para o cálculo de fh e no resfriamento (25°C) para o cálculo de fc . Em geral o gráfico apresenta

uma parte curvilínea no início, seguida de uma parte linear. A inclinação (m) da parte linear foi utilizada para determinar o parâmetro fh ou fc pela Equação 2.

$$m = \frac{-1}{f_h} \text{ ou } m = \frac{-1}{f_c} \quad (2)$$

Para uma amostra de geometria cilíndrica, a taxa de aquecimento é relacionada à difusividade térmica aparente pela Equação 3 (BALL e OLSON, 1957).

$$\alpha = \frac{2,303}{\left(\frac{5,783}{r^2} + \frac{9,87}{l^2} \right) \cdot fh} \quad (3)$$

Onde r e l são respectivamente o raio e a altura da lata e α é a difusividade térmica em m^2/s .

O coeficiente global de transferência de calor U foi calculado pela Equação 4 (GUMERATO *et al.*, 2007).

$$U = \frac{\rho \cdot Cp \cdot V}{fh \cdot A} \quad (4)$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l + 2 \cdot \pi \cdot r^2 \quad (5)$$

Onde ρ ($g \cdot m^{-3}$) e V (m^{-3}) são respectivamente a densidade da alcachofra e o volume da lata e foram determinados experimentalmente, Cp (calor específico da água, $J \cdot g^{-1} \cdot C^{-1}$) e A (área de transferência de calor, m^2), calculados pela Equação 5.

2.4 Determinação da letalidade e cozimento para o processamento térmico sob alto vácuo.

A letalidade (valor de F_o) foi calculada conforme descrito por Teixeira Neto (1995), utilizando as Equações 6 e 7. Foram utilizados os parâmetros cinéticos de $z = 10^\circ C$ e $D_{121^\circ C} = 0,21 \text{ min}$ para esporos de *C.botulinum* (STUMBO, 1973) e a temperatura de referência de $T_r = 121,1^\circ C$.

$$F_o = \sum TL \cdot \Delta t \quad (6)$$

$$TL = 10^{\left(\frac{T-T_r}{z}\right)} \quad (7)$$

Onde F_o é o tempo de processo térmico em minutos na temperatura de referência 121,1 °C no ponto crítico; z é a variação na temperatura que cause 90 % de redução no valor de D (tempo para reduzir um ciclo log) e TL é a taxa letal dada pela Equação 7.

O valor do cozimento (C) foi calculado utilizando as Equações 6 e 7, considerando os valores de $z = 29,22^\circ\text{C}$, $D_{121,1} = 4,78$ e $T_r = 121,1^\circ\text{C}$ para degradação da textura de alcachofra, substituindo na equação TL por C_T e F_o por C .

A letalidade integral (F_s) foi calculada conforme descrito por Stumbo (1973), utilizando a Equação 8. Foram utilizados os parâmetros cinéticos já descritos e $F_o = 3$ minutos.

$$F_s = F_o + D \cdot \left(1,084 + \frac{\log(F_\lambda - F_o)}{D} \right) \quad (8)$$

Onde F_o é o tempo de processo térmico em minutos na temperatura de referência 121,1 °C no ponto crítico; z é a variação na temperatura que cause 90 % de redução no valor de D (tempo para reduzir um ciclo log); F_λ representa o valor de F para um dado valor de j , calculado conforme descrito por Stumbo (1973, p.165-175).

2.5 Determinação da textura

Para cada tratamento foram utilizados três latas e um fundo de alcachofra foi selecionado aleatoriamente dentro de cada lata, após a exclusão dos fundos espetados com o termopar e os que apresentaram algum tipo de rachadura. Os fundos foram cortados em 4 partes para determinação da força de penetração em texturômetro (TA-XT2i Texture Analyser, utilizando o método analítico adaptado de Stable Microsystems (2000). Foi utilizada a célula máxima de carga de 50 kg, velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,5 mm/s e penetração de 3 mm; probe SMS P/2), resultando em 12 determinações por tratamento.

2.6 Determinação do pH

A determinação do pH foi realizada em triplicata, segundo metodologia descrita nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (ZENEBO e PASCUET, 2005), em pHmetro Digimed DM 20.

2.7 Otimização do processo térmico pelo método de Thijssen

Com os dados da história térmica obtidos no experimento, o binômio tempo e temperatura foi otimizado pelo método de Thijssen *et al.* (1978).

A segurança microbiológica do produto foi o fator determinante na definição do processamento térmico e a retenção da textura para esse processo foi calculada. Foram utilizados os parâmetros cinéticos de $z = 10^{\circ}\text{C}$ e $D_{121^{\circ}\text{C}} = 0,21\text{min}$ para esporos de *C.botulinum* (STUMBO, 1973) e $z = 29,22^{\circ}\text{C}$ para degradação da textura da alcachofra, conforme determinado experimentalmente (capítulo 3).

Para a otimização foi calculada a taxa de morte de microorganismos k na temperatura de resfriamento, utilizando as Equações 9, 10, 11.

$$k = k_{T_r} \exp \left[a \left(\frac{T - T_r}{1,8} \right) \right] \quad (9)$$

$$D = \frac{2,303}{k} \quad (10)$$

$$z = \frac{4,145}{a} \quad (11)$$

Onde: T é a temperatura em Fahrenheit; T_r é a temperatura de referência, 250°F ($121,1^{\circ}\text{C}$); a é a constante que representa a dependência de k com a temperatura; k_{T_r} é o valor de k na temperatura de referência; D é o tempo em minutos necessário para reduzir a contagem de microorganismos em um ciclo log correspondendo a 0,21 minutos para *C.botulinum*; z é a variação de temperatura necessária para reduzir o valor de D em um ciclo log (18°F para *C.botulinum*).

O raio característico da embalagem R_s foi calculado pela Equação 12, considerando a lata cilíndrica com diâmetro interno $d = 0,068$ m e altura interna $l = 0,078$ m.

$$\frac{1}{R_s^2} = \frac{2,80}{d^2} + \frac{1,20}{l^2} \quad (12)$$

Com esses dados foi calculada a constante adimensional de Thijssen $N_{i,1}$ utilizando a Equação 13, onde k_{T_w} é o valor de k na temperatura de resfriamento e α é a difusividade térmica em m^2/s , calculada pela Equação 3.

$$N_{i,1} = \frac{R_s^2 \cdot k_{T_w}}{\alpha} \quad (13)$$

O número de Biot foi calculado pela Equação 14, onde U é o coeficiente global de transferência de calor em $W/m^2 \cdot ^\circ C$, calculado pela Equação 5, e K é a condutividade térmica da alcachofra calculada pela Equação 15, conforme descrito por Perego *et al.* (1995) considerando a umidade C da alcachofra *in natura* igual a 89,6%.

$$Bi = \frac{U \cdot R_s}{K} \quad (14)$$

$$K = 0,148 + 0,00493 \cdot C \quad (15)$$

O número de reduções decimais expresso por $C_i/C_{i,0}$ foi calculado pela Equação 16, conforme descrito por Teixeira Neto *et al.* (1969), utilizando o F_s calculado pela Equação 6 e o valor de D igual a 0,21 min.

$$\frac{C_i}{C_{i,0}} = 10^{\left(\frac{-F_s}{D}\right)} \quad (16)$$

O adimensional de Thijssen Y_i foi calculado pela Equação 17, considerando o número de Fourier (F_{oh}) igual a 0,5.

$$Y_i = \ln \left(\frac{-\ln \left(\frac{C_i}{C_{i,0}} \right)}{F_{oh} \cdot N_{i,1}} \right) \quad (17)$$

O adimensional de Thijssen Y foi obtido graficamente (Figura 1, p.1097. THIJSSSEN *et al.*, 1978), utilizando os valores de Y_i e o número de reduções decimais $C_i/C_{i,0}$ calculados conforme descrito acima.

O adimensional de Thijssen $N_{i,2}$ foi calculado pela Equação 18.

$$N_{i,2} = Y + Y_i \quad (18)$$

A temperatura do meio de aquecimento T_h foi calculado pela Equação 19.

$$T_h = \frac{N_{i,2}}{a_i} + T_w \quad (19)$$

O β foi calculado pela Equação 20, onde T_{ih} é a temperatura do alimento; T_w é a temperatura do meio de resfriamento e T_h é a temperatura do meio de aquecimento.

$$\beta = \frac{(T_{ih} - T_w)}{(T_h - T_w)} \quad (20)$$

O valor de Fourier F_{oh} foi obtido pela interpolação da Tabela 2, descrita por Thijssen *et al.* (1978, p.1098), utilizando os valores de β calculado e F_0 igual a 3 minutos.

TABELA 2. Valores de F_{oh} em $\beta \geq 0$ e Biot = ∞ requeridos para valores constantes de $N_{i,1}$, $N_{i,2}$ and $C_{i,0}/C_i$.

β	F_{oh} para $\beta \geq 0$
0	0,50
0,1	0,49 + 0,01 F_0
0,2	0,47 + 0,02 F_0
0,3	0,45 + 0,04 F_0
0,4	0,43 + 0,06 F_0
0,5	0,41 + 0,09 F_0
0,6	0,38 + 0,12 F_0
0,7	0,35 + 0,15 F_0
0,8	0,29 + 0,20 F_0
0,9	0,24 + 0,22 F_0
1,0	$F_0 - 0,06/N_{i,2}$

FONTE: THIJSSSEN *et al.* (1978, p.1098).

O tempo de aquecimento t_h , compreendido entre o início do aquecimento e o início do resfriamento, foi calculado pela Equação 21. Como a temperatura de aquecimento não é atingida instantaneamente, o tempo de processo t_2 difere de t_h e foi calculado pela Equação 16, conforme descrito por Stumbo (1973).

$$t_h = \frac{F_{oh} \cdot R S^2}{\alpha} \quad (21)$$

$$t_2 = t_h - 0,42 t_1 \quad (22)$$

Onde t_1 é o *come-up time*, ou seja o tempo até que a autoclave atinja a temperatura de processo T_h ; α é a difusividade térmica em $m^2/s.$, calculado pela Equação 3 e F_{oh} é o número de Fourier determinado conforme descrito acima.

Para o cálculo da retenção da textura, foram utilizadas as Equações 9, 10, 11 para determinar o valores de a_i e k_{i,T_w} , utilizando os valores cinéticos de z e D da textura. As adimensionais $N_{i,1}$ e $N_{i,2}$ foram calculados utilizando o valor de T_h determinado anteriormente.

O número de reduções decimais da textura foi calculado pela Equação 23.

$$-\ln\left(\frac{C_i}{C_{i,0}}\right) = F_{oh} \cdot N_{i,1} \cdot \exp^{N_{i,2}} \quad (23)$$

O adimensional de Thijssen Y_i foi calculada pela Equação 17, considerando o número de Fourier (F_{oh}) calculado anteriormente. A adimensional de Thijssen Y foi obtida graficamente (Figura 1, p.1097. THIJSEN *et al.*, 1978), utilizando os valores de Y_i e o número de reduções decimais $C_i/C_{i,0}$ calculados conforme descrito acima.

O adimensional de Thijssen $N_{i,2}$ foi calculada pela Equação 24.

$$N_{i,2} = Y + Y_i \quad (24)$$

Com o novo valor obtido para $N_{i,2}$, a redução decimal $C_i/C_{i,0}$ para textura foi recalculada, e seu inverso foi determinado para obtenção do teor remanescente do fator de qualidade no produto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 História térmica e parâmetros de penetração de calor

A história térmica obtida (Figura 1) representa a relação entre a temperatura e o tempo, na autoclave e no ponto de aquecimento mais lento do recipiente denominado ponto frio ou crítico, e mostra a velocidade com que ocorre a transferência de calor entre a autoclave e o alimento.

A curva obtida é característica de processos térmicos de alimentos embalados, realizados em autoclaves, no qual a temperatura de processo não é atingida instantaneamente, havendo um tempo de subida da temperatura chamada de *come-up time* (CUT), que foi de 8,75 minutos.

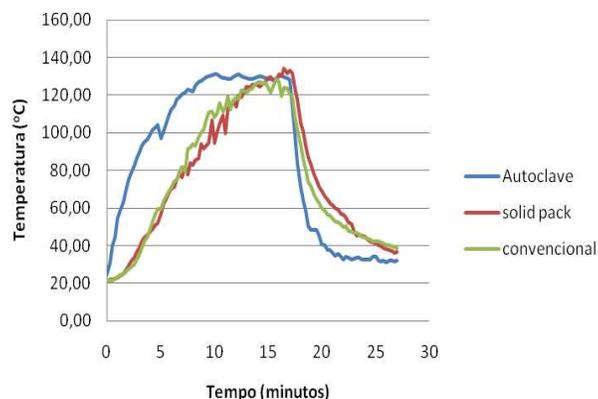


FIGURA 1. História térmica de fundos de alcachofra processados sob alto vácuo.

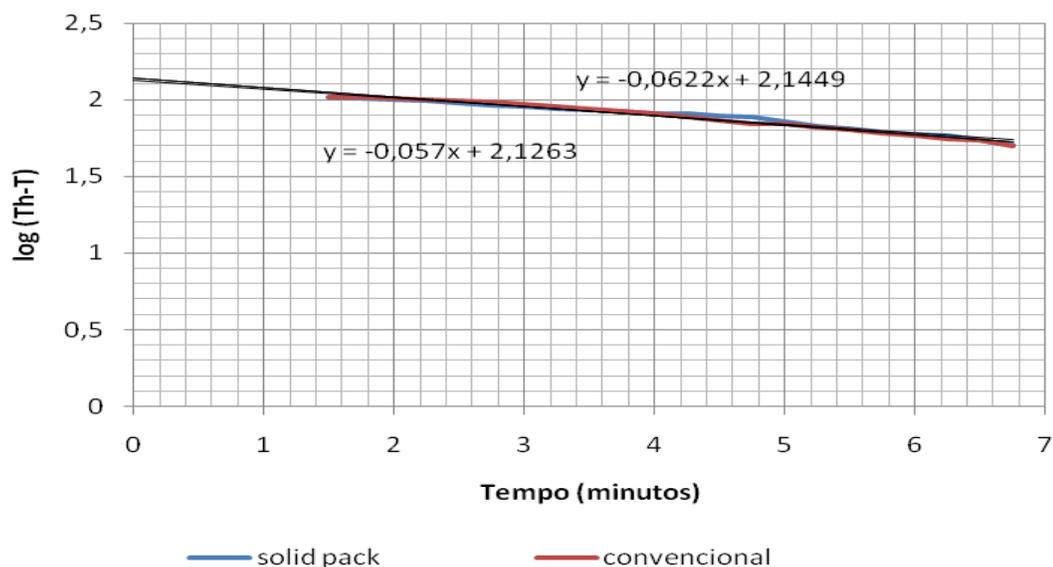
NOTA: $T_w = 25^\circ\text{C}$, $T_h = 128^\circ\text{C}$ e T = temperatura no alimento no tempo t . Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 ml de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA).

No resfriamento a temperatura também não cai instantaneamente, e esta etapa também contribui para a letalidade. Os atrasos tanto no aquecimento quanto no resfriamento da autoclave fazem com que o tempo de esterilização seja corrigido para compensar essas contribuições no aquecimento do produto.

A contribuição de 42% do CUT é considerada satisfatória, portanto o tempo de esterilização corrigido é conhecido como tempo de processo de Ball (t_B) e consiste no intervalo de tempo em que a autoclave trabalha à temperatura de processo (t_p), acrescido de 42% do tempo de subida da autoclave (BALL, 1923). O tempo de Ball obtido foi de 10,675 minutos.

Na etapa de aquecimento, a elevação da temperatura na autoclave ocorre mais rápido do que no alimento, conforme mostra a Figura 1, o mesmo ocorre no resfriamento, no qual a temperatura da autoclave decresce mais rápido do que a do alimento. Essa diferença é representada pelo parâmetro f_h para o aquecimento e f_c para o resfriamento. Normalmente esses dois parâmetros apresentam valores com a mesma ordem de grandeza, e indicam o tempo requerido para que a diferença de temperatura entre o produto e o meio (de aquecimento ou resfriamento) diminua ou aumente em 90% (JARDIM e VITALI, 1995). A Figura 2 mostra os gráficos obtidos para as curvas de resfriamento e aquecimento.

a) AQUECIMENTO



b) RESFRIAMENTO

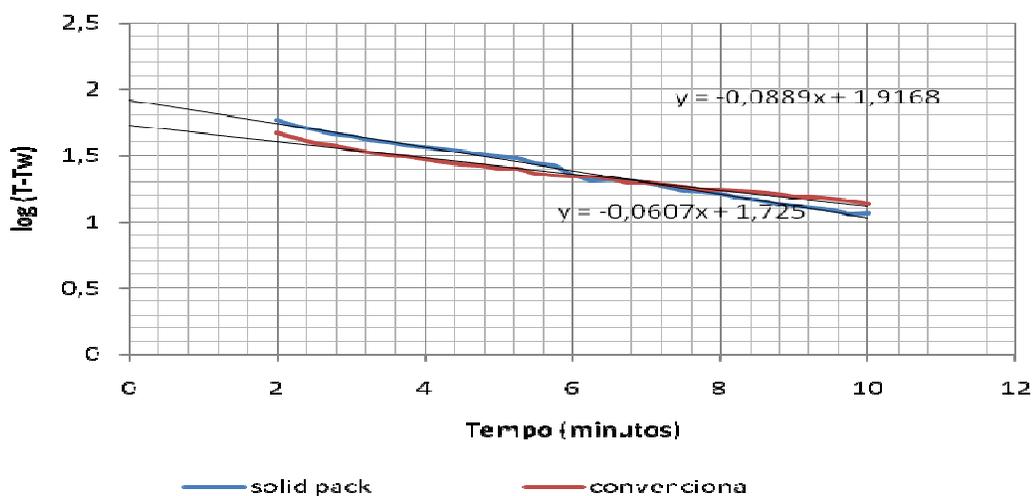


FIGURA 2. Curva de aquecimento (a) e resfriamento (b) obtidas para fundos de alcachofra processados sob alto vácuo.

NOTA: $T_w = 25^\circ\text{C}$, $T_h = 128^\circ\text{C}$ e T = temperatura no alimento no tempo t . Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 ml de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA).

Os valores obtidos (Tabela 3) para fh foram 17 para o processo *solid pack* e 16 para o processo convencional, representados em unidades de tempo (minutos), sugerindo que a transferência de calor do meio de aquecimento para os fundos de

alcachofra foi um pouco mais rápida para as amostras convencionais e o inverso ocorreu no resfriamento, que foi mais lento para essas amostras.

Em estudo realizado por Carbonera *et al.* (2003), com tomates envasados em embalagem de vidro (70 mm de diâmetro, 81 mm de altura e 2 mm de espessura) e aquecidos em banho a 90 °C, os valores de *fh* encontrados foram, de 63 e 62 minutos, para os dois ensaios realizados. Schmidt (2000), obteve o valor médio de *fh* de 0,5 minuto em estudo de penetração de calor em alimentos particulados tipo *solid pack*, utilizando latas (75 mm de diâmetro e 90 mm de altura, capacidade nominal de 370 mL) e esferas de polietileno de 11 mm para simulação.

De acordo com Pflug e Zechman (1994), para que a comparação dos parâmetros de penetração de calor obtidos por diferentes autores seja válida é necessário que os experimentos sejam realizados de forma padronizada, justificando assim as divergências nos valores apresentados acima para *fh*.

TABELA 3. Parâmetros de penetração de calor obtidos para fundos de alcachofra processados sob alto vácuo.

PARÂMETROS	Convencional	<i>Solid pack</i>
Fator tempo aquecimento <i>fh</i> (min.)	16	17
Fator tempo resfriamento <i>fc</i> (min.)	16	11
Fator de atraso aquecimento <i>jh</i>	1,54	1,53
Fator de atraso resfriamento <i>jc</i>	0,55	0,76

Nota: dimensões da lata: diâmetro = 0,068 m; altura = 0,078 m. Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 ml de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA). $T_w = 25^\circ\text{C}$ e $T_h = 128^\circ\text{C}$.

O fator *j* indica o atraso térmico da resposta da temperatura central do produto. A faixa de valores de *j* varia de 1 a 2, respectivamente para os casos de convecção pura e condução pura (TEIXEIRA *et al.*, 1969). Os valores obtidos para *jh* e *jc* estão apresentados na Tabela 2 e foram acima de 1 no aquecimento e abaixo desse valor no resfriamento, indicando que tanto no processo convencional quanto no *solid pack* a transferência de calor foi mais condutiva no aquecimento e mais convectiva no resfriamento.

De acordo com Schmidt (2000) em produtos tipo *solid pack* a transferência de calor e o aquecimento ocorrem pela convecção do líquido residual (salmoura), condução no alimento e condensação do líquido na superfície das partículas.

A difusividade térmica indica como o calor se difunde através de um material e expressa quão rapidamente um corpo se ajusta por inteiro à temperatura do seu entorno. A difusividade térmica de um alimento depende da umidade e da temperatura da amostra, assim como da sua composição e porosidade (SINGH, 1982). Como a temperatura e a umidade do produto podem mudar durante o processamento, a difusividade também é modificada (CARBONERA *et al.*, 2003).

TABELA 4. Coeficientes de transferência de calor obtidos para fundos de alcachofra processados sob alto vácuo.

COEFICIENTES	Processo convencional	Processo <i>solid pack</i>
Difusividade térmica aparente α (m ² /s)	$3,6 \cdot 10^{-7}$	$3,3 \cdot 10^{-7}$
Coefficiente global de transferência de calor U (W/m ² .°C)	50,42	32,96

Nota: dimensões da lata: diâmetro = 0,068 m; altura = 0,078 m. Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 ml de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA). Densidade Convencional = 981,6 kg/m³. Densidade *solid pack* = 700,4 kg/ m³; Cp = 4,184 J/kg.°C. T_w = 25°C e T_n = 128°C.

Os valores de difusividade térmica aparente determinados (Tabela 4) para os fundos de alcachofra foram muito próximos, $3,6 \cdot 10^{-7}$ e $3,3 \cdot 10^{-7}$ m²/s, respectivamente para os processos convencional e *solid pack* e apresentaram a mesma ordem de grandeza da difusividade térmica obtida para alimentos convectivos como os modelos similares a sucos estudados por Moura *et al.* (2003), com difusividade variando entre $7,98 \cdot 10^{-7}$ e $15,34 \cdot 10^{-7}$ (m²/s). Outros autores obtiveram valores semelhantes para polpa de cupuaçu (9 °Brix) $1,32 \cdot 10^{-7}$ m²/s (ARAÚJO *et al.*, 2004) e $1,63 \cdot 10^{-7}$ m²/s em pasta de tomate (CARBONERA *et al.*, 2003).

Os coeficientes globais de transferência de calor obtidos para o processo convencional e *solid pack* foram, respectivamente, 50,42 e 32,96 W/m².°C,

demonstrando que a transferência de calor foi mais eficiente para o processo convencional. Esse resultado pode ser atribuído a maior quantidade de água presente e maior densidade das latas convencionais, que contêm maior volume de salmoura em comparação a *solid pack*.

No processamento térmico em autoclave a temperatura do alimento varia em função do tempo e a temperatura de processo não é atingida instantaneamente. Para determinar o valor F do processo, deve-se considerar a contribuição de cada temperatura na letalidade aplicada ao microorganismo alvo (STUMBO,1973). Um minuto de aquecimento a 121,1 °C é definido como a unidade de letalidade.

Os valores de F_0 obtidos para os processos estão descritos na Tabela 5 e representam o efeito letal mínimo no centro geométrico da embalagem. O valor mínimo requerido é de 2,52 minutos a 121,1°C e corresponde a redução de 12 ciclos logarítmicos na contagem de esporos de *C.botulinum*. Na prática, por questão de segurança, o processamento térmico deve atingir o F_0 mínimo de 3 minutos.

TABELA 5. Letalidade (F_0), cozimento (C), textura e pH obtidos para fundos de alcachofra processados sob alto vácuo em salmoura convencional e *solid pack*.

	Salmoura Convencional	Salmoura <i>solid pack</i>
F_0 (min.)	12	32
$C_{121,1}$ (min.)	8,78	10,81
Textura (g)	35,6	59,9
pH	5,15	5,05

Nota: dimensões da lata: diâmetro = 0,068 m; altura = 0,078 m. Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 ml de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA). $T_w = 25^\circ\text{C}$ e $T_h = 128^\circ\text{C}$. Textura medida pela força de penetração em gramas.

Os valores de F_0 foram 12 e 32, respectivamente para o processo convencional e *solid pack* e estão muito acima do valor descrito por Ahmed e Shivhare (2006) que citam que F_0 de 5 minutos é freqüentemente utilizado para vegetais de baixa acidez, indicando que a segurança microbiológica do produto foi garantida.

Os valores médios de C (Tabela 5) obtidos foram 8,78 e 10,81 minutos, respectivamente para os processos convencional e *solid pack*. Considerando o

valor de $D_{121,1}$ igual a 4,78 minutos para degradação da textura da alcachofra (capítulo 3), os valores de C correspondem a redução de aproximadamente 2 ciclos logarítmicos do valor inicial da textura.

A degradação da textura em 1 ciclo log (redução de 90% do valor inicial), medida como força de penetração (gramas) é o valor limite para que o produto seja considerado sensorialmente aceitável, desta forma com o processamento térmico empregado tanto a amostra convencional quanto a *solid pack* foram consideradas excessivamente moles.

Essa avaliação foi confirmada pelos resultados obtidos para a textura (Tabela 5), que foram respectivamente de 35,6 e 59,9 g para o convencional e *solid pack*. Considerando a textura inicial de 1189 g (capítulo 3), a redução de 1 ciclo log corresponde a 118,9 g, valor da textura final mínima aceitável sensorialmente.

O pH das amostras variou em torno de 5 (Tabela 5). Apesar de estar abaixo do pH original da alcachofra, que é próximo a 6, esse valor ainda classifica a conserva como de baixa acidez, pois o pH está acima de 4,5. Isto ocorreu porque no preparo das amostras elas foram mantidas imersas em solução de ácido ascórbico para evitar o escurecimento enzimático durante as operações de pré-processamento. Resultados semelhantes foram obtidos por Martín *et al.* (2008) para alcachofra pasteurizada a 90°C e esterilizada a 121°C, com pH médio variando entre 4,7 e 5,1.

3.2 Otimização pelo método de Thijssen

Os resultados obtidos para as adimensionais de Thijssen estão apresentados na Tabela 6.

O valor de F_s representa o valor de esterilização integral do alimento a partir de um valor de F_o mínimo de 3 minutos. Os valores médios obtidos foram 3,3 minutos (Tabela 7), respectivamente para ambos os processos convencional e *solid pack*.

TABELA 6. Adimensionais de Thijssen calculadas para fundos de alcachofra processados sob alto vácuo.

ADIMENSIONAIS	Salmoura Convencional	Salmoura <i>Solid pack</i>
$N_{i,1}$	$1,58.10^{-7}$	$1,08.10^{-7}$
$N_{i,2}$	21,602	21,999
B	0,148	0,174
F_{oh}	0,481	0,476

Nota: Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 mL de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA). $T_w = 25^{\circ}\text{C}$ e $T_h = 128^{\circ}\text{C}$.

O número de reduções decimais ($C_{im}/C_{i,0}$) obtidos nas condições de processo otimizadas pelo método de Thijssen foram da ordem de 16 ciclos log. O recomendado para esterilização de alimentos de baixa de acidez é de no mínimo 12 ciclos log para garantir a segurança microbiológica do alimento (Stumbo, 1973; Ahmed e Shivhare, 2006). No entanto, como a textura residual foi de apenas 0,7 % e 1,9 %, respectivamente, para os processos convencional e *solid pack*, esses resultados sugerem que o binômio tempo e temperatura otimizado pelo método de Thijssen não foi adequado para o processamento da alcachofra neste experimento, pois a qualidade sensorial ficou comprometida.

TABELA 7. Parâmetros de processo otimizados pelo método de Thijssen para fundos de alcachofra processados sob alto vácuo.

PARÂMETROS	Salmoura Convencional	Salmoura <i>Solid pack</i>
Letalidade (F_s)	3,3 minutos	3,3 minutos
Número de reduções decimais ($C_{im}/C_{i,0}$)	$1,55.10^{-16}$	$1,82.10^{-16}$
Temperatura processo (T_h)	118,8 $^{\circ}\text{C}$	120,5 $^{\circ}\text{C}$
Tempo processo (t_2)	20,7 minutos	13 minutos
Textura residual	0,7%	1,9 %

Nota: Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 mL de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA). $T_w = 25^{\circ}\text{C}$ e $T_h = 128^{\circ}\text{C}$.

De acordo com Thijssen *et al.* (1978; 1980) o método de otimização é válido para processos condutivos, com número de Biot maior que 10 e número de Fourier (F_{oh}) de 0,5. Apesar dos números de Fourier obtidos se aproximarem de

0,5, respectivamente 0,481 e 0,486, para convencional e *solid pack*, os número de Biot foram respectivamente 3 e 1,97, portanto muito abaixo do requerido pelo método.

4. CONCLUSÕES

O processamento térmico empregado foi considerado seguro do ponto de vista microbiológico, no entanto, ocorreu a redução de cerca de 2 ciclos logarítmicos na textura, tornando a alcachofra sensorialmente muito mole.

Como os valores de F_o obtidos, respectivamente 12 e 32 para convencional e *solid pack*, estão muito acima do F_o mínimo de 5 minutos recomendado para vegetais de baixa acidez, é recomendado reduzir o tempo de processo e o *come-up time* para minimizar a degradação na textura.

A temperatura e tempo de processo otimizados pelo método de Thijssen foram respectivamente, 118,8°C por 20,7 minutos e 120,5°C por 13 minutos, para convencional e *solid pack*. Nessas condições a textura residual foi de apenas 0,7 e 1,9 %, indicando que o binômio temperatura e tempo otimizado pelo método de Thijssen não foram adequados para o processamento dos fundos de alcachofra nesse estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento da FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, Brasil) e ao CNPQ pelo bolsista de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

AHMED, J.; SHIVHARE, U.S., 2006. **Thermal processing of vegetables**. In: SUN, Da-Wen. *Thermal food processing*. CRC Press. Chapter 13 <http://www.crcnetbase.com/page/food_science_ebooks> (accessed July, 2010).

ARAÚJO, J.L.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIREDO, R.M.F. Propriedades termofísicas da polpa do cupuaçu com diferentes teores de sólidos. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 28, n. 1, p. 126-134, 2004.

AWUAH, G.B.; RAMASWAMY, H.S.; ECONOMIDES, A. Thermal processing and quality: principles and overview. **Chemical Engineering and Processing**. v.46, p. 584-602, 2007.

BALL, C.O. Determining by methods of calculation, the time necessary to process canned foods. **Bulletin 7 National Research Council**, v. 37, p. 9-76, 1923.

BALL, C.O.; OLSON, F.C.W. **Sterilization in food technology: theory, practice and Calculation.**, 1957. Mc Graw Hill Book Co., New York.

CARBONERA, L.; CARCIOFI, B.M.; HUBER, E.; LAURINDO, J.B. Determinação experimental da difusividade térmica de uma massa de tomate comercial. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.6, n.2, p. 285-290, 2003.

GUMERATO, H. F.; SCHMIDT, F.L. Processamento de alimentos sob alto vácuo em embalagens rígidas “abre fácil”. Campinas, 2009. 42p. **Relatório técnico científico FAPESP processo 05/59080-7**. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.

GUMERATO, H. F.; SCHMIDT, F.L.; GOLDONI, J.S. Transferência de calor transiente na agitação linear intermitente de latas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**. n. 27, v.3, p. 649-657, 2007.

HAYAKAWA, K. New parameters for calculation mass average sterilizing value to estimate nutrient retention in thermally conductive food. **Canning Institute Food Technology Journal**, n.2, p. 165, 1969.

HORTIBRASIL. Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. Proposta de Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Alcachofra (*Cynara scolymus* L.). Brasil, 2009. 6 p.

JARDIM, D.C.P.; VITALI, A.A. Método matemático para cálculo da penetração de calor e da letalidade do processo térmico. Em: **Princípios de esterilização de alimentos**. Manual Técnico n.10, 2.ed. 1995, p.62-74.

JEN, Y.; MANSON, J.E. STUMBO, C.R.; ZAHRADNIK, J.W. A procedure for estimating sterilization and quality factor degradation in thermally processed foods. **Journal of Food Science**. n.36, p. 362, 1971.

MARTÍN, J.B.; SÁNCHEZ, C.D.; PUENTE, M.I.A.; CUNILL, M.P. 2008. Elaboración de productos de V gama a partir de la alcachofra (*Cynara scolymus*): estudio del efecto del tratamiento térmico sobre la textura y el análisis sensorial. Escola Superior D'Agricultura. Barcelona. Disponível em: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/4708/1/memoria.pdf> Acesso em: 23/10/2009.

MOURA, S.C.S.R.; FRANÇA, V.C.L.; LEAL, A.M.C.B. Propriedade termofísicas de soluções modelos similares a sucos – Parte 1. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.23, n.1, p. 62-68, 2003.

PEREGO, P.; FABIANO, B.; BERTOCCHI, D.; SCAVOTTI, A.; FERRAILOLO, G. Modelling of canned artichoke pasteurization. **Italian Journal of Food Science**. v.2. p.169-177, 1995.

PFLUG, I.J.; ZECHMAN, L.G. Heat penetration rates of natural convection heating liquids in metal container. **Journal of Food Protection**. v.57, n.9, p.802-808, 1994.

SCHMIDT, F.L. **Transferência de calor em sistemas líquido/particulados envasados sob alto vácuo**. Campinas, 2000. 145 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.

SINGH, R.P. Thermal diffusivity in food processing. **Food Technology**, p. 87-91, 1982.

STABLE MICROSYSTEMS. **Guia de aplicação dos software do texturômetro TA-XT2i Texture Analyser: Application Study Peppers**. Ref. PEPP 1/P3. Janeiro 2000.

STUMBO. C.R. **Thermobacteriology in Food Processing**. 2nd New York: Academic Press, 1973.

TEIXEIRA, A.A.; DIXON, J.R.; ZAHRADNIK, J.W.; ZINSMEISTER, G.E. Computer optimization of nutrient retention in thermal processing of conduction-heated foods. **Food Technology**, n.23, p.845, 1969.

TEIXEIRA NETO, R.O. Avaliação dos processos térmicos utilizando o método genérico. Em: **Princípios de esterilização de alimentos**. Manual Técnico n.10, 2.ed. 1995, p.47-60.

THIJSSSEN, H.A.C.; KERKHOF, P.J.A.M.; LIEFKES, A.A.A. Short-cut method for the calculation of sterilization conditions yielding optimum quality retention for conduction-type heating of packaged foods. **Journal of Food Science**. v.43. p.1096-1101, 1978.

THIJSSSEN, H.A.C.; KOCHEN, L.H.P.J.M. Calculation of optimum sterilization conditions for packed conduction-type foods. **Journal of Food Science**. v.45. p.1267-1273, 1980.

ZENEBO, O.; PASCUET, N.S. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005. 1018 p..

CAPÍTULO 5. PROCESSAMENTO TÉRMICO DE FUNDOS DE ALCACHOFRA (*Cynara cardunculus scolymus L.*) SOB ALTO VÁCUO

Resumo

A alcachofra é classificada como um alimento de baixa acidez e requer medidas extremas de segurança em seu processamento. O aumento na demanda por alimentos de alta qualidade conduz ao desenvolvimento de alternativas de processos térmicos como o *solid pack*, no qual os alimentos são processados sob alto vácuo, contendo aproximadamente 10% de líquido em relação ao volume da embalagem. A aplicação de calor depende de vários parâmetros que ao serem determinados permitem a otimização do processamento térmico. Esse trabalho de pesquisa teve como objetivo geral estudar o processamento térmico de fundos de alcachofra (*Cynara cardunculus scolymus L.*) sob alto vácuo e determinar: rendimento do processo, perfil de temperatura e pressão no processamento térmico; parâmetros de penetração de calor; a letalidade (F_0) e o cozimento (C). Após serem pré-processados e branqueados, os fundos de alcachofra foram envasados em latas “abre-fácil” Rojek®. Foi anotado o peso de enchimento e foi realizada a adição de 100 ml de salmoura (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA) para o processo convencional (CV) e 20 mL (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) para o *solid pack* (SP). As latas foram fechadas sob vácuo e processadas em autoclave com cascata de água sob agitação “end-over-end” de 20 RPM, com circulação de água. Foi empregada a temperatura de 128 °C por 210 s. O rendimento obtido foi de 17,43%, com massa média de 165,82 ± 2,92 g e 28,91 ± 3,33 g, respectivamente para os botões e fundos de alcachofra. Em ambos os processos a alcachofra perdeu massa. O parâmetro fh e o coeficiente global de transferência de calor mostram que a transferência de calor foi mais eficiente no processo convencional. Os valores de jh e jc variaram em torno de 1, para ambos os processos, indicando uma troca térmica mais eficiente no início do resfriamento. O F_0 obtido foi 5,76 e 7,04, para os processos CV e SP. Nos dois processos a degradação da textura foi de 1 ciclo log, sendo considerada sensorialmente aceitável.

Palavras-chave: letalidade, transferência calor, alimentos enlatados.

Thermal processing of artichoke (*Cynara cardunculus scolymus L.*) under high vacuum

Abstract

The artichoke is classified as a low-acid food and requires extreme safety measures in its processing. The increasing demand for high quality food has led to the development of alternative thermal processes such as *solid pack*, in which the food is processed under high vacuum, with only 10% of the total volume in liquid. The application of heat depends on several parameters that are determined to allow optimization of the thermal processing. This research aimed to study the thermal processing of artichoke (*Cynara cardunculus scolymus L.*) under high vacuum and determine: process yield, the temperature profile and pressure during thermal processing, heat penetration parameters and lethality (F_0) and cooking (C).

After pre-processing and blanching, the artichoke hearts were packaged in "easy-open" cans. The filling weight was registered and 100 ml of brine added (1.75% sodium chloride, 1% calcium chloride and 0.017% EDTA) for the conventional (CV) and 20 mL (8.75% sodium chloride, 5% calcium chloride and 0.085% EDTA) for solid pack (SP). The cans were sealed under vacuum and processed in an autoclave with water cascade "end-over-end" stirring of 20 RPM, with water circulation. A temperature of 128 °C was used for 210 s. The yield was 17.43% with an average weight of 165.82 ± 2.92 g and 28.91 ± 3.33 g respectively for the buttons and artichoke hearts. In both cases the artichoke lost weight. The fh parameter and the overall coefficient of heat transfer showed that the heat transfer was more efficient in the conventional process. The values for jc and jh varied around 1 for both processes, indicating that the heat exchange process was more convective than conductive. The F_o obtained was 5.76 and 7.04 for CV and SP processes. In both cases the degradation of the texture was 1 log cycle, which is considered acceptable from the sensory point of view.

Key-words: lethality, heat transfer, canned food.

1. INTRODUÇÃO

A alcachofra *in natura* possui pH em torno de 6,5 e 5,5, respectivamente para o fundo e talo, sendo classificada como um alimento de baixa acidez (GONÇALVES *et al.*, 1992). Teoricamente esse grupo de alimentos oferece risco potencial de proliferação de bactérias patogênicas, inclusive *C. botulinum*, razão pela qual medidas extremas de segurança devem ser adotadas em seu processamento.

O *C. botulinum* não se desenvolve em atividade de água inferior a 0,93 e nem produz toxinas em pH inferior a 4,5 por isto no processamento convencional da alcachofra é realizada a acidificação com ácido cítrico ou vinagre até pH inferior a 4,5, para garantir a segurança do produto (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1990). No entanto o uso de acidulantes altera o sabor característico da alcachofra, normalmente consumida como uma especialidade gastronômica, surgindo a necessidade de se desenvolver alternativas de processamento que não alterem seu sabor e textura característico (SCHMIDT, 2000).

Desde a década de 80 já existia uma demanda por conservas de alcachofra com sabor mais natural e menos ácida, o que depende do emprego de novos métodos de processamento térmico ainda não utilizados comercialmente (RODRIGO e MARTINEZ, 1988).

Os alimentos processados sob alto vácuo, também conhecidos como *solid pack*, contêm aproximadamente 10% de líquido em relação ao volume da embalagem. Os benefícios desse processo são: redução drástica do peso da embalagem e conseqüentemente do custo de transporte; ocorrência de apenas pequenas trocas de massa por osmose entre o produto e a salmoura, mantendo os teores de sais minerais e vitaminas praticamente intactos durante a estocagem; diminuição dos efeitos das reações de oxidação pela eliminação quase que completa do ar residual da embalagem, devido ao alto vácuo do processo (SCHMIDT, 2000)

A tecnologia de abertura de latas “abre-fácil” Rojek® está disponível no mercado nacional desde 1989, no entanto sua aplicação para alimentos de baixa acidez ($\text{pH} > 4,6$ e $\text{Aa} > 0,85$) ainda não é realizada comercialmente (ROJEK, 2011). Deste modo, esta inovação poderá ampliar sua participação no setor de conservas tanto no Brasil como no exterior. O fechamento dessas embalagens é realizado sem qualquer sistema mecânico de retenção e permite a abertura sem o auxílio de utensílios. O sistema de fechamento é baseado no vácuo formado no interior da embalagem. Ao ser retirado o lacre externo o vácuo é desfeito e a tampa se solta (ROJEK, 1995).

Fica evidente a necessidade de estudos científicos que abordem o desenvolvimento de tecnologias de processamento da alcachofra de forma a preservar suas características sensoriais e nutricionais, fornecendo parâmetros objetivos que orientem o desenvolvimento de produtos seguros.

Esse trabalho de pesquisa teve como objetivo estudar o processamento térmico da alcachofra (*Cynara cardunculus scolymus L.*) sob alto vácuo e determinar: rendimento do processo, os coeficientes de transferência de calor e o perfil de temperatura e pressão no processamento térmico da alcachofra embalada em latas “abre-fácil” Rojek® sob agitação “end-over-end”; a letalidade (F_0) e o cozimento (C).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados botões de alcachofra roxa de são roque (*Cynara cardunculus scolymus L.*) *in natura* recém colhidas com diâmetro entre 50 e 60

mm) – Classe 50 (HORTIBRASIL, 2009), adquiridas diretamente dos produtores da região de Piedade (São Paulo, Brasil) entre os meses de novembro e dezembro de 2009. Os experimentos foram realizados na planta de Processamento de Vegetais da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP (Campinas, Brasil).

Após a recepção dos botões de alcachofra, o talo foi cortado a cerca de 2 cm da base, em seguida as amostras foram divididas em lotes com 30 botões, acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas em câmara fria (5°C) por no máximo 14 dias, até serem processadas.

2.1. Preparo das amostras

As amostras resfriadas foram pesadas para o cálculo do rendimento. As pétalas externas foram removidas e os botões foram imersos em solução de ácido ascórbico 0,5%, por no máximo uma hora, para evitar o escurecimento enzimático. Foi realizado o corte dos espinhos com a faca, o talo remanescente e as imperfeições foram removidos. Os fundos foram imersos novamente na solução de ácido ascórbico 0,5%, conforme adaptado de Martín *et al.*(2008).

Os fundos de alcachofra foram branqueados em água em ebulição por 1 minuto e resfriados em água fria (10°C) por 15 minutos. Esse binômio tempo e temperatura foi determinado experimentalmente em ensaios preliminares para inibição do escurecimento enzimático até o processamento térmico. Em seguida foram acondicionados em latas “abre fácil” Rojek®, produzidas pela Metalgráfica Rojek, com 68 mm de diâmetro interno e 78 mm de altura interna, volume nominal de 280 mL e camada interna de verniz epoxifenólico, com quantidade de enchimento de $180 \pm 1,8$ g de produto. As latas com o produto foram preenchidas com 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 mL de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA), conforme determinado experimentalmente em estudos preliminares.

As latas foram fechadas em seladora Selovac® modelo 200 S em dois ciclos de vácuo de 15 segundos cada, antes e após a colocação da tampa (previamente aquecida em água em ebulição). Após o processamento térmico o vácuo das latas

foi determinado por amostragem (n = 4 latas) em vacuômetro Dewilbs (2 polegadas de diâmetro, faixa de leitura de 0 a 30 psi e resolução de 1psi).

2.2. Realização dos ensaios

As embalagens fechadas foram colocadas na autoclave por cascata de água projetada por Gumerato e Schmidt (2009) e processadas conforme receita de processo descrita na Tabela 1. O tempo, temperatura e pressão de todas as fases de processo foram controlados automaticamente pela autoclave. O processo foi realizado sob agitação “end-over-end” com as amostras na forma convencional em salmoura e *solid pack*, com circulação de água na autoclave.

As condições de operação foram: temperatura do meio de aquecimento (T_h) de 128°C (262,4 °F), tempo de processo (tp) de 420 segundos e temperatura do meio de resfriamento (T_w) de 25°C (77°F).

TABELA 1. Receita de processo térmico sob alto vácuo para fundos de alcachofra envasados em latas “abre fácil” em salmoura convencional e *solid pack*.

Etapa	Processo	Alvo	Tempo (s)
1	Pressão (bar)	0,5	0
2	Circulação água (%)	75	0
3	Rotação (RPM)	20	0
4	Aquecimento (°C)	100	0
5	Pressão (bar)	1,7	0
6	Aquecimento (°C)	120	0
7	Pressão (bar)	2,0	0
8	Aquecimento (°C)	128	0
9	Processo (°C)	128	210
10	Resfriamento (°C)	100	0
11	Pressão (bar)	1,7	0
12	Resfriamento (°C)	60	0
13	Pressão (bar)	0,5	0
14	Resfriamento (°C)	30	600
15	Rotação (RPM)	0	0
16	Circulação (%)	0	0
17	Pressão (bar)	0	0
18	Parada		

2.3. Determinação do rendimento de processo.

As amostras foram pesadas em balança semi-analítica Gehaka BG4000 com precisão de 0,01 g, conforme descrito no item 2.1 e o rendimento do processo foi calculado pela Equação 2.

$$R = \left(\frac{Pb}{Pt} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Onde: R é o rendimento; Pb é o peso dos fundos branqueados e Pt é o peso total dos fundos *in natura*. Foi calculado o peso médio e desvio padrão dos botões *in natura* e dos fundos branqueados. Os dados foram analisados com auxílio de planilha Microsoft Excel®, versão 2007.

2.4. Determinação da variação de massa dos fundos processados.

As amostras foram pesadas em balança semi-analítica Gehaka BG4000 com precisão de 0,01 g, conforme descrito no item 2.1 e a variação de massa foi calculada pela Equação 3.

$$\Delta M = \left(\left(\frac{Md}{Mt} \right) - 1 \right) \cdot 100 \quad (3)$$

Onde: ΔM é a variação de massa em percentual; Md é o peso drenado dos fundos após o processamento térmico e Mt é o peso total dos fundos antes do processamento.

Foi calculada a massa média e o desvio padrão dos fundos de alcachofra antes e após o processamento. Os dados foram analisados com auxílio de planilha Microsoft Excel®, versão 2007.

2.5. Determinação da história térmica e bária do processo térmico de alcachofra embalada em latas “abre-fácil” Rojek® sob agitação “end-over-end”.

Duas embalagens (*case 1 e 2*) tiveram a temperatura e a pressão internas monitoradas respectivamente através de termopares tipo T e transmissores de pressão Wika®. O termopar teve sua junta quente espetada em uma alcachofra localizada no ponto frio da embalagem, determinado previamente. As histórias térmica e bária dos processos (tempo, temperatura e pressão) foram registradas

a cada 15 segundos. Todos os termopares foram conectados a um aquisitor de temperatura Alhborn Almemo 2890-9 e os dados (tempo x temperatura, tempo x pressão) foram analisados com auxílio de uma planilha Microsoft Excel®, versão 2007.

2.6. Determinação do fh e fc , difusividade térmica aparente e coeficiente global de transferência de calor (U).

Os parâmetros fh e fc , respectivamente para o aquecimento e resfriamento foram determinados pelo método de Ball e Olson (1957), plotando-se o gráfico do $\log(T-T_c)$ em função do tempo, onde T_c é a temperatura no ponto central da amostra e T é a temperatura da autoclave no aquecimento (128°C) para o cálculo de fh e no resfriamento (25°C) para o cálculo de fc . Em geral o gráfico apresenta uma parte curvilínea no início, seguida de uma parte linear. A inclinação (m) da parte linear foi utilizada para determinar o parâmetro fh ou fc pela Equação 4.

$$m = \frac{-1}{fh} \text{ ou } m = \frac{-1}{fc} \quad (4)$$

Para uma amostra de geometria cilíndrica, a taxa de aquecimento é relacionada à difusividade térmica aparente pela Equação 5 (BALL e OLSON, 1957).

$$\alpha = \frac{2,303}{\left(\frac{5,783}{r^2} + \frac{9,87}{l^2}\right) \cdot fh} \quad (5)$$

Onde r e l são respectivamente o raio e a altura da lata e α é a difusividade térmica em m^2/s .

O coeficiente global de transferência de calor U foi calculado pela Equação 6 (GUMERATO *et al.*, 2007).

$$U = \frac{\rho \cdot Cp \cdot V}{fh \cdot A} \quad (6)$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l + 2 \cdot \pi \cdot r^2 \quad (7)$$

Onde ρ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) e V (m^3) são respectivamente a densidade aparente da alcachofra e o volume da lata. A densidade aparente foi determinada pela relação

entre massa (alcachofra e salmoura, g) e volume nominal da lata (280 mL), C_p é o calor específico da água ($J.g^{-1}.C^1$) e A é a área de transferência de calor (m^2), calculada pela Equação 7.

2.7 Determinação da letalidade (F_0) e cozimento (C) para o processamento térmico sob alto vácuo.

A letalidade (valor de F_0) foi calculada conforme descrito por Teixeira Neto (1995), utilizando as Equações 8 e 9. Foram utilizados os parâmetros cinéticos de $z = 10^\circ C$ e $D_{121^\circ C} = 0,21\text{min}$ para esporos de *C.botulinum* (STUMBO, 1973) e a temperatura de referência de $T_r = 121,1^\circ C$.

$$F_o = \sum TL.\Delta t \quad (8)$$

$$TL = 10^{\left(\frac{T-T_r}{z}\right)} \quad (9)$$

Onde F_0 é o tempo de processo térmico em minutos na temperatura de referência $121,1^\circ C$ no ponto crítico; z é a variação na temperatura que cause 90 % de redução no valor de D (tempo para reduzir um ciclo log) e TL é taxa letal.

O valor do cozimento (C) foi calculando utilizando as Equações 8 e 9, considerando os valores de $z = 29,22^\circ C$, $D_{121,1} = 4,78$ e $T_r = 121,1^\circ C$ para degradação da textura de alcachofra (conforme capítulo 3), substituindo na equação TL por C_T e F_0 por C .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Rendimento do processo.

Foram processados 48,93 kg de botões de alcachofra *in natura* e o rendimento obtido para o processo foi de apenas 17,43% (Tabela 2). O processamento de vegetais produz grande quantidade de resíduos sólidos e líquidos (folhas, caule, águas residuais, entre outras) e no caso da alcachofra pode representar 60 a 70% do vegetal colhido (LLORACH *et al.*, 2002; LÓPEZ-MOLINA *et al.*, 2005).

TABELA 2. Resultados médios obtidos no pré-processamento de fundos de alcachofra para cálculo do rendimento.

	RESULTADOS
Peso total dos botões <i>in natura</i>	48,93 kg
Peso total do resíduo (pétalas e espinhos)	40,40 kg
Peso total dos fundos branqueados	8,53 kg
Número total de botões	295 unidades
Peso médio por botão	165,82 ± 2,92g
Peso médio por fundo branqueado	28,91 ± 3,33g
% Rendimento	17,43%

NOTA: As variações para mais ou para menos referem-se ao desvio padrão.

A geração excessiva de resíduos do processamento de alcachofra vem motivando diferentes autores a estudarem a aplicação desses subprodutos para: alimentação animal (MARTINEZ *et al.*, 1998); produção de fibras (GÕNI e SAURACALIXTO, 1988; FEMENIA *et al.*, 1998); extração de compostos fenólicos como antioxidantes naturais (LLORACK *et al.*, 2002; PESCHEL *et al.*, 2006) e inulina (LOPÉS-MOLINA, 2005).

O peso médio obtido foi 165,82 ± 2,92 g para os botões. Esse resultado é compatível com os obtidos por Cravero *et al.* (2002), no qual o peso médio dos botões secundários variaram de 113,5 a 182,2 g e de 199 a 243,8 g para os botões principais, em estudo realizado com 30 famílias diferentes de alcachofra (*Cynara scolymus L.*).

Os botões principais são os maiores e de maior valor comercial, enquanto os secundários são botões menores, normalmente destinados à produção de conservas. No estudo realizado por Cravero *et al.* (2002), o peso dos fundos principais variaram de 51,5 a 77,1 g e o peso dos fundos secundários não foi descrito.

Considerando que os botões utilizados em nosso estudo foram botões secundários pequenos (classe 50), se compararmos o peso mínimo dos botões principais em relação ao peso mínimo dos botões secundários, obtêm-se que os secundários pesam 43% menos que os principais, se aplicarmos esse percentual ao peso mínimo dos fundos principais obtêm-se o peso estimado de 29,35 g para

os fundos secundários. Esse resultado é compatível com o peso médio de $28,91 \pm 3,33$ g obtido para os fundos branqueados no presente estudo.

3.2. Variação de massa dos fundos de alcachofra processados.

Os fundos de alcachofra apresentaram perda de massa (Tabela 3), tanto para o processo *solid pack* quanto para o processo convencional, respectivamente 5,18% e 1,76%. O ganho de massa ocorre normalmente devido a absorção de água pelos componentes do alimento, principalmente os carboidratos como amido e pectina, enquanto a perda de massa normalmente ocorre devido à diferença de pressão osmótica entre o vegetal e a salmoura.

TABELA 3. Variação de massa dos fundos de alcachofra processados sob alto vácuo em salmoura convencional e *solid pack*.

	Salmoura convencional	Salmoura <i>solid pack</i>
Massa média por lata antes do processamento (g)	$180,70 \pm 0,65$	$180,64 \pm 1,24$
Massa média por lata (drenado) após processamento (g)	$177,52 \pm 2,35$	$171,28 \pm 4,83$
% variação de massa	-1,76%	-5,18%

Nota: n = 8 latas. As variações na média para mais ou para menos referem-se ao desvio padrão.

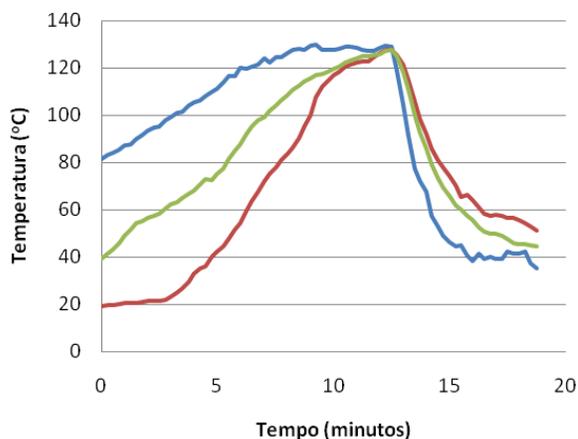
Diferente da maioria dos vegetais que armazenam carboidratos na forma de amido, a alcachofra e várias plantas da família *Asteraceae* armazenam os carboidratos na forma de frutanos. De acordo com López-Molina *et al.* (2005) os frutanos presentes na alcachofra são do tipo inulina com alto grau de polimerização (DP = 46). Como a solubilidade em água diminui com o aumento do grau de polimerização (DP), a inulina extraída da alcachofra apresenta baixa solubilidade em água (5g/L à 25°C). Apesar da baixa solubilidade em água a inulina pode absorver água formando géis, assim como ocorre para o amido e a pectina, no entanto nesse estudo este comportamento não foi observado, uma vez que não ocorreu ganho de massa.

No processo *solid pack* foi utilizada menor quantidade de salmoura (20 mL), porém com maior concentração salina do que no processo convencional, favorecendo a transferência de água do vegetal para a salmoura e aumentando a perda de massa nesse processo em relação ao processo convencional.

3.3 Determinação da história térmica e bária do processo térmico de alcachofra embalada em latas “abre-fácil” Rojek® sob agitação “end-over-end”.

A Figura 1 mostra a variação da temperatura da autoclave e do alimento em função do tempo.

a) SOLID PACK



b) CONVENCIONAL

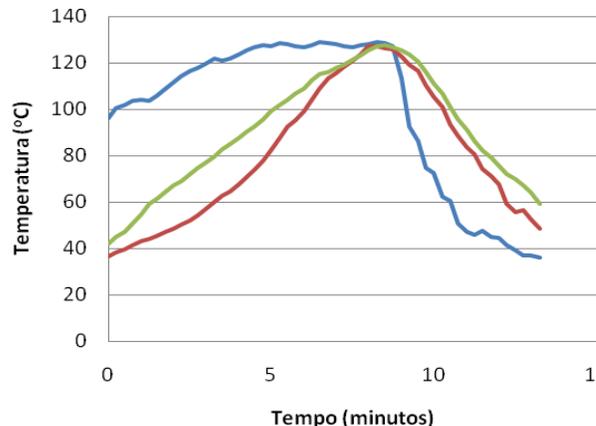


Figura 1. História térmica de fundos de alcachofra processados sob alto vácuo. a) Salmoura *solid pack* b) Salmoura convencional.

NOTA: Case = lata monitorada com termopar. Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 mL de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA). $T_w = 25^\circ\text{C}$ e $T_h = 128^\circ\text{C}$.

O *come-up time* (CUT) é um parâmetro característico da autoclave, determinado experimentalmente e corresponde a 8,75 minutos (Capítulo 4). O pré-aquecimento da autoclave antes do processo se mostrou eficiente para redução

no CUT, os quais foram respectivamente de 8,25 e 5,25 minutos para os processos *solid pack* e convencional. O tempo de processo de Ball (tB) consiste no intervalo de tempo em que a autoclave trabalha à temperatura de processo (tp), acrescido de 42% do tempo de subida da autoclave (BALL, 1923). Os tempos de Ball obtidos foram 12 e 7,72 minutos, respectivamente para os processos convencional e *solid pack*.

A variação na temperatura da autoclave ocorre mais rápido do que no alimento, tanto para o aquecimento quanto para o resfriamento, conforme mostra a Figura 1. Essa diferença é dada pelo parâmetro *fh* para o aquecimento e *fc* para o resfriamento, normalmente esses dois parâmetros apresentam valores com a mesma ordem de grandeza, e indicam o tempo requerido para que a diferença de temperatura entre o produto e o meio (de aquecimento ou resfriamento) diminua ou aumente em 90% (JARDIM e VITALI, 1995). Os resultados obtidos para os parâmetros de penetração de calor estão apresentados na Tabela 4.

A transferência de calor do meio de aquecimento para os fundos de alcachofra foi mais rápida para as amostras convencionais, conforme valores médios obtidos (Tabela 4) para *fh*, respectivamente 7,01 e 7,82 minutos para os processos convencional e *solid pack*. Os valores obtidos foram reduzidos em comparação aos valores obtidos anteriormente (Capítulo 4), respectivamente 16 e 17 minutos, para os processos convencional e *solid pack*.

TABELA 4. Parâmetros de penetração de calor obtidos para fundos de alcachofra processados sob alto vácuo.

PARÂMETROS	Convencional			<i>Solid pack</i>		
	Case 1	Case 2	Média	Case 1	Case 2	Média
Fator tempo aquecimento <i>fh</i> (min.)	7,32	6,71	7,01	9,46	6,18	7,82
Fator tempo resfriamento <i>fc</i> (min.)	8,33	10	9,17	6,75	5,52	6,13
Fator de atraso aquecimento <i>jh</i>	1,09	1,06	1,07	1,03	1,04	1,04
Fator de atraso resfriamento <i>jc</i>	1,07	1,08	1,08	0,99	0,99	0,99

Nota: Case = lata monitorada com termopar. Dimensões da lata: diâmetro = 0,068 m; altura = 0,078 m. Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 ml de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA). $T_w = 25^\circ\text{C}$ e $T_h = 128^\circ\text{C}$.

De acordo com Stumbo (1973), o valor de fh é dependente da difusividade térmica, do coeficiente de transferência de calor, da geometria e das dimensões da embalagem. Para que a comparação dos parâmetros de penetração de calor seja válida é necessário que os experimentos sejam realizados de forma padronizada.

Os valores obtidos para jh e jc estão apresentados na Tabela 4 e foram todos muito próximos de 1, indicando que tanto no processo convencional quanto no *solid pack* a transferência de calor foi predominantemente convectiva (TEIXEIRA *et al.*, 1992). De acordo com Schmidt (2000), em produtos tipo *solid pack* a transferência de calor e o aquecimento ocorrem pela convecção do líquido residual (salmoura), condução no alimento e da condensação do líquido na superfície das partículas.

O vácuo das latas convencional e *solid pack*, após o processamento, foram respectivamente 22,4 e 23,1 pol. Para os alimentos embalados em lata do tipo “abre fácil”, a pressão é um parâmetro muito importante, pois o sistema de fechamento dessas latas é baseado na formação e manutenção do vácuo durante todas as etapas de processamento. Se a pressão desenvolvida no interior da embalagem for maior que a pressão externa, as latas se abrem e o processo é perdido.

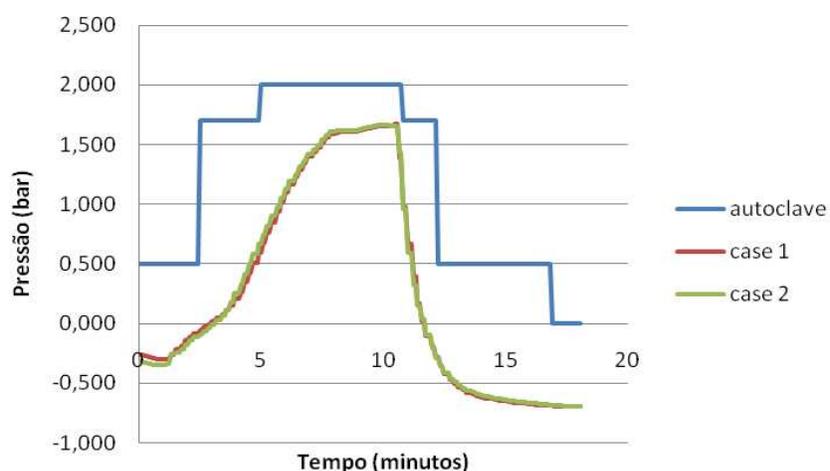


Figura 2. História bária de fundos de alcachofra *solid pack* processados sob alto vácuo.

NOTA: Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA); $T_w = 25^\circ\text{C}$ e $T_h = 128^\circ\text{C}$.

A história bária do processo *solid pack* está apresentada na Figura 2. Não foi possível obter a história bária do processo convencional devido a falha de registro.

A fase mais crítica é o final do aquecimento e início do resfriamento, quando a temperatura no interior da embalagem, e conseqüentemente a pressão interna são elevadas. A diminuição da pressão do equipamento no resfriamento deve respeitar os valores de pressão interna da embalagem. Para o processo realizado a pressão externa se manteve sempre superior à pressão interna, garantindo desta forma a hermeticidade da embalagem durante todo o processo.

3.4 Determinação da difusividade térmica aparente (α) e do coeficiente global de transferência de calor (U).

A difusividade térmica indica como o calor se difunde através de um material e expressa quão rapidamente um corpo se ajusta por inteiro a temperatura do seu entorno. A difusividade térmica de um alimento depende da umidade e da temperatura da amostra, assim como da sua composição e porosidade da mesma (SINGH, 1982). Como a temperatura e a umidade do produto podem mudar durante o processamento, a difusividade também é modificada (CARBONERA *et al.*, 2003).

TABELA 5. Coeficientes de transferência de calor obtidos para fundos de alcachofra processados sob alto vácuo.

	Processo convencional	Processo <i>solid pack</i>
Difusividade térmica aparente α (m ² /s)	8,26.10 ⁻⁷	7,4.10 ⁻⁷
Coeficiente global de transferência de calor U (W/m ² .°C)	115,8	73,9

Nota: dimensões da lata: diâmetro = 0,068 m; altura = 0,078 m. Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 ml de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA). Densidade Convencional = 981,6 kg/m³. Densidade *solid pack* = 700,4 kg/ m³; Cp = 4,184 J/kg.°C. T_w = 25°C e T_h = 128°C.

Os valores de difusividade térmica aparente determinados (Tabela 5) para os fundos de alcachofra variaram foram de 8,26.10⁻⁷ e 7,4.10⁻⁷ m²/s, respectivamente para os processos convencional e *solid pack*. Outros autores obtiveram valores semelhantes para alimentos convectivos como os modelos

similares a sucos estudados por Moura *et al.* (2003), com difusividade variando entre $7,98.10^{-7}$ e $15,34.10^{-7}$ (m^2/s) e para polpa de cupuaçu (9 °Brix) $1,32 \cdot 10^{-7}$ m^2/s (ARAÚJO *et al.*, 2004) e $1,63.10^{-7}$ m^2/s em pasta de tomate (CARBONERA *et al.*, 2003).

Os coeficientes globais de transferência de calor obtidos para o processo convencional e *solid pack* foram, respectivamente, 115,8 e 73,9 $W/m^2.°C$, demonstrando que a transferência de calor foi mais eficiente para o processo convencional. Esse resultado pode ser atribuído à maior quantidade de água presente e maior densidade das latas convencionais.

3.5 Determinação da letalidade (F_0) e cozimento (C) para o processamento térmico sob alto vácuo.

No processamento térmico em autoclave a temperatura do alimento varia em função do tempo e a temperatura de processo não é atingida instantaneamente. Para determinar o valor F do processo, deve-se considerar a contribuição de cada temperatura na letalidade aplicada ao microorganismo alvo (STUMBO,1973). Um minuto de aquecimento a $121,1°C$ é definido como a unidade de letalidade.

Os valores de letalidade obtidos para os processos estão descritos na Tabela 6. A integral desses valores, ou seja o valor de F_0 , representa o efeito letal mínimo, no centro geométrico da embalagem. O valor mínimo requerido é de 2,52 minutos a $121,1°C$ e corresponde à redução de 12 ciclos logarítmicos na contagem de esporos de *C.botulinum* (STUMBO, 1973). Na prática, por questão de segurança, o processamento térmico deve atingir o F_0 mínimo de 3 minutos.

Os valores de F_0 foram 5,76 e 7,04 (Tabela 6), respectivamente para o processo convencional e *solid pack* e estão de acordo com os descritos por Ahmed e Shivhare (2006) que citam F_0 mínimo de 5 minutos freqüentemente utilizado para vegetais de baixa acidez.

Os valores médios de C (Tabela 6) obtidos foram 4,83 e 5,36 minutos, respectivamente para os processos convencional e *solid pack*. Considerando o valor de $D_{121,1}$ igual a 4,78 minutos para a degradação da textura (capítulo 4), os valores de C correspondem a redução de aproximadamente 1 ciclo logarítmico do

valor inicial da textura. Essa degradação da textura (redução de 90% do valor inicial), medida como força de penetração (gramas) é o valor limite para que o produto seja considerado sensorialmente aceitável.

TABELA 6. Letalidade e cozimento obtidos para fundos de alcachofra processados sob alto vácuo.

PARÂMETROS	Convencional (minutos)			<i>Solid pack</i> (minutos)		
	Case 1	Case 2	média	Case 1	Case 2	média
Letalidade (F_0)	5,21	6,30	5,76	6,39	7,69	7,04
Cozimento (C)	4,29	5,36	4,83	4,74	5,98	5,36

Nota: *Case* = lata monitorada com termopar. Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 mL de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA). $T_w = 25^\circ\text{C}$ e $T_h = 128^\circ\text{C}$.

4. CONCLUSÕES

O rendimento de processo para alcachofra foi considerado baixo (17,43%) com grande geração de resíduos sólidos e líquidos.

Diferente da maioria dos vegetais a alcachofra não absorveu água ao ser processada, por isso no processo *solid pack* não foi possível obter um produto sem salmoura residual.

Os parâmetros de penetração de calor (difusividade térmica aparente, fh e coeficiente global de transferência de calor) indicaram que a transferência de calor foi mais eficiente no processo convencional do que no *solid pack*. Os valores de jh e jc variaram em torno de 1, para ambos os processos, indicando que o processo de troca térmica foi mais convectivo do que condutivo.

O binômio temperatura e tempo de 128°C e 210 s foi considerado satisfatório para o processamento dos fundos de alcachofra, com F_0 de 5,76 e 7,04, respectivamente, para os processos convencional e *solid pack* e redução de cerca de 1 ciclo log na textura, garantindo desta forma a segurança microbiológica do produto com degradação da textura em níveis sensorialmente aceitáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento da FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, Brasil) e ao CNPQ pelo bolsista de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- AHMED, J.; SHIVHARE, U.S., 2006. Thermal processing of vegetables. *In: SUN, Da-Wen. Thermal food processing*. CRC Press. Chapter 13
<http://www.crcnetbase.com/page/food_science_ebooks> (accessed July, 2010).
- ARAÚJO, J.L.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIREDO, R.M.F. Propriedades termofísicas da polpa do cupuaçu com diferentes teores de sólidos. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 28, n. 1, p. 126-134, 2004.
- BALL, C.O; OLSON, F.C.W. **Sterilization in food technology: theory, practice and Calculation.**, 1957. Mc Graw Hill Book Co., New York.
- CARBONERA, L.; CARCIOFI, B.M.; HUBER, E.; LAURINDO, J.B. Determinação experimental da difusividade térmica de uma massa de tomate comercial. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.6, n.2, p. 285-290, 2003.
- CRAVERO, V.P.; LÓPEZ ANIDO, F.S.; COINTRY, E.L. Caracterización y selección de familias S1 de alcaucil a través de técnicas de análisis multivariado. **Horticultura Brasileira**. v. 20, n. 4, p. 619-625, 2002.
- FEMENIA, A.; ROBERTSON, A.; WALDRON, K.; SELVENDRAN, R. Cauliflower (*Brassica oleracea* L.), Globe artichoke (*Cynara scolymus*) and Cichory Witloof (*Cichorium intybus*) processing by-products as sources of dietary fibre. **Journal of Science and Food Agriculture**. v.77, p.511-518, 1998.
- GONÇALVES, J. R. **Princípios de esterilização de alimentos**. Campinas: ITAL. Manual Técnico n.10. 1992, 116 p.
- GOÑI, I.; SAURA-CALIXTO, F. Subproductos de alcachofa como fuente de fibra alimentaria. **Alimentaria**. v.196, 41-43, 1988.
- GUMERATO, H. F.; SCHMIDT, F.L. Processamento de alimentos sob alto vácuo em embalagens rígidas “abre fácil”. Campinas, 2009. 42p. **Relatório técnico científico FAPESP processo 05/59080-7**. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.
- GUMERATO, H. F.; SCHMIDT, F.L.; GOLDONI, J.S. Transferência de calor transiente na agitação linear intermitente de latas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**. n. 27, v.3, p. 649-657, 2007.

HORTIBRASIL. Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. Proposta de Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Alcachofra (*Cynara scolymus* L.). Brasil, 2009. 6 p.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Alimentos enlatados**: princípios de controle de processamento térmico, acidificação e avaliação do fechamento de recipientes. 4.ed. Campinas: ITAL, 1990. 239p.

JARDIM, D.C.P.; VITALI, A.A. Método matemático para cálculo da penetração de calor e da letalidade do processo térmico. Em: **Princípios de esterilização de alimentos**. Manual Técnico n.10, 2.ed. 1995, p.62-74.

LÓPEZ-MOLINA, D.; NAVARRO-MARTÍNEZ, M.D.; MELGAREJO, F.R.; HINER, A.N.P.; CHAZARRA, S., RODRÍGUEZ-LÓPEZ, J.N. Molecular properties and prebiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynara scolymus* L.). **Phytochemistry**. v.66, p.1476–1484, 2005.

LLORACH, L.; ESPIÄN, J.C.; TOMAÄ S-BARBERAÄN, F.A.; FERRERES, F. Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Byproducts as a potential source of health-promoting antioxidant phenolics **Journal of Agricultural Food Chemistry**. n.50, p.3458-3464, 2002.

MARTÍN, J.B.; SÁNCHEZ, C.D.; PUENTE, M.I.A.; CUNILL, M.P. Elaboración de productos de V gama a partir de la alcachofra (*Cynara scolymus*): estudio del efecto del tratamiento térmico sobre la textura y el análisis sensorial. Escola Superior D'Agricultura. Barcelona. 2008. Disponível em: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/4708/1/memoria.pdf> Acesso em: 23/10/2010.

MARTÍNEZ, A.T.; SÁNCHEZ, J.; MEGÍAS, M. D.; BARRERA, J. A.; YAÑEZ, A.; RUIPEREZ, F. Using of forages and byproducts in dairy cows farms of Murcia Region. **Arch. Zootec.** v.47, p.33-42, 1998.

MOURA, S.C.S.R.; FRANÇA, V.C.L.; LEAL, A.M.C.B. Propriedade termofísicas de soluções modelos similares a sucos – Parte 1. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.23, n.1, p. 62-68, 2003.

PESCHEL, W.; SÁNCHEZ-RABANEDA, F.; DIEKMANN, W.; Andreas Plescher, Irene Gartzía, Diego Jiménez, Rosa Lamuela-Raventós, Susana Buxaderas, Carles Codina. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes **Food Chemistry**, 97 (2006) 137–150.

RODRIGO, M.; MARTINEZ, A. Determination of a process time for a new product: canned low acid artichoke hearts. **International Journal of Food Science and Technology**. n.23, p.31-41, 1988.

ROJEK. **Sistema abre-fácil**. Disponível em: http://www.rojek.com.br/sistema_abre.asp?pag=sistema. Acesso em: 20/03/2011.

ROJEK, A. **Lid with a pressure release hole and a removable seal for vacuum sealing of glasses and other glass container used to pack foodstuffs.** United States Patent n. 5439724. Aug. 8, 1995.

SCHMIDT, F.L. **Transferência de calor em sistemas líquido/particulados envasados sob alto vácuo.** Campinas, 2000. 145 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.

SINGH, R.P. Thermal diffusivity in food processing. **Food Technology**, p. 87-91, 1982.

STUMBO. C.R. **Thermobacteriology in Food Processing.** 2nd New York: Academic Press, 1973.

TEIXEIRA, A.A.; TUCKER, G.S.; BALABAN, M.O.; BICHER, J. Innovations in Conduction-Heating Models for On-line Retort Control of Canned Foods with any J-values. In: **Advances in Food Engineering.** p. 293-307. Edited by R.P.Singh and M.A. Wirakartakusumah. CRC Press, 1992.

TEIXEIRA NETO, R.O. Avaliação dos processos térmicos utilizando o método genérico. Em: **Princípios de esterilização de alimentos.** Manual Técnico n.10, 2.ed. 1995, p.47-60.

CAPÍTULO 6. PREFERÊNCIA SENSORIAL E ATITUDE DE COMPRA DE FUNDOS DE ALCACHOFRA (*Cynara cardunculus scolymus* L.) PROCESSADOS SOB ALTO VÁCUO

Resumo

Entre os benefícios do processamento térmico de alimentos enlatados sob alto vácuo (25 pol Hg) tem-se a ocorrência de pequenas trocas de massa por osmose entre o produto e a salmoura e diminuição dos efeitos das reações de oxidação pela eliminação quase que completa do ar residual da embalagem mantendo as características sensoriais e nutricionais do produto. Este trabalho de pesquisa teve como objetivo avaliar sensorialmente fundos de alcachofra processados termicamente sob alto vácuo em salmoura convencional e *solid pack* e amostras comerciais adquiridas congeladas e em conserva acidificada. A preferência das amostras foi avaliada por 55 julgadores não treinados. Foi utilizada escala hedônica não estruturada de 9 pontos (1=desgostei extremamente e 9=gostei extremamente) para os atributos: odor, textura, sabor e aceitação global. Foi avaliada a intenção de compra utilizando escala de 5 pontos (5=certamente compraria e 1=certamente não compraria). Os resultados foram analisados por análise de variância e comparados por testes de médias de Tukey. Foi determinado o pH, sólidos solúveis e textura instrumental (força de penetração em g) para caracterização das amostras. Os resultados médios dos atributos odor, sabor e aceitação global variaram em torno de 5, correspondendo a “não gostei/nem desgostei” na escala utilizada. Quanto a intenção de compra apenas a amostra comercial “em conserva acidificada” atingiu a média 3 que corresponde a “tenho dúvidas se compraria ou não compraria”, as demais amostras obtiveram médias que correspondem a “provavelmente não compraria”. Para o atributo textura a amostra comercial “em conserva acidificada” foi a que apresentou a maior média (6,59) diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) das demais amostras avaliadas, com médias de 5,49; 5,55 e 5,58, respectivamente para as amostras comercial congelada, *solid pack* e convencional. Apesar de não terem sido bem aceitas as amostras processadas não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) entre si e entre as amostras comerciais para os atributos odor, sabor e aceitação global, no entanto o processamento térmico precisa ser otimizado para minimizar a degradação térmica dos atributos avaliados. A *solid pack* apresentou o maior conteúdo de sólidos solúveis (6,5 °Brix) e diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) com a convencional, demonstrando que o processo *solid pack* reduz as trocas osmóticas entre o vegetal e a salmoura, podendo contribuir para a redução das perdas nutricionais.

Palavras-chaves: vegetais, enlatados, conservas, *solid pack*

Sensory preference and buying attitude for high vacuum processed artichoke (*Cynara cardunculus scolymus L.*) processed under high vacuum

Abstract

Amongst the benefits of high vacuum thermal processing of canned foods (25 in. Hg) is the occurrence of only small changes in mass by osmosis between the product and brine and the mitigation of the effects of oxidative reactions due to the almost complete elimination of residual air, thus maintaining the nutritional and sensory characteristics of the product. This research aimed to determine the sensory preference and buying attitude for artichoke hearts thermally processed under high vacuum by the conventional method in brine and *solid pack* and commercial samples purchased frozen and canned in acidified brine. The preference of the samples was evaluated by 55 untrained panelists. Using a no structured hedonic scale (1 = dislike extremely and 9 = like extremely) for the attributes: odor, texture, flavor and overall acceptability. The purchasing attitude was evaluated using a 5-point scale (5=definitely would buy and 1=certainly would not buy). The results were analyzed by the ANOVA test and compared by the Tukey test. The pH, Brix and instrumental texture (penetration force g) were determined to characterize the samples. The average scores for odor, flavor and overall acceptability ranged around 5 corresponding to "neither liked nor disliked on the scale used. Regarding the buying attitude, only the commercial sample of "canned acidified" product averaged 3 corresponding to "maybe buy or maybe not buy," the other samples had averages equivalent to "probably not buy." For the attribute of texture, "Acid Preserved" the commercial sample was the one with the highest average (6.59) differing significantly ($p < 0.05$) from the other samples, with averages of 5.49, 5.55 and 5.58, respectively for commercial frozen, solid pack and conventional samples. Although not will accepted processed samples were not statistically different ($p > 0.05$) from each other for the attributes of odor, flavor and overall acceptance, however thermal processing must be optimized to minimize the thermal degradation of the attributes evaluated. The solid pack had the highest soluble solids content (Brix 6.5) and showed a statistically significant difference ($p < 0.05$) from conventional, demonstrating that the process reduces solid pack osmotic exchanges between the plant and brine, and may contribute to the reduction of nutrient losses.

Keywords: vegetables, canned, solid pack

1. INTRODUÇÃO

A alcachofra (*Cynara scolymus L.*) é uma flor exótica e comestível, originária da Etiópia e Egito, saboreada na Europa Mediterrânea e que conquista cada vez mais o paladar dos brasileiros (CRAVERO *et al.*, 2002). A cidade de Piedade no interior paulista é considerada a maior produtora de alcachofras no Brasil (DI GIULIO, 2004).

A preparação doméstica da alcachofra é trabalhosa, porque requer a remoção das pétalas e espinhos e o controle do escurecimento enzimático. Essa dificuldade no preparo da alcachofra *in natura* tem aumentando a demanda por produtos processados, no entanto existem poucos estudos disponíveis sobre suas características sensoriais (GUILLÉN-RIOS, 2006).

No processamento convencional da alcachofra é realizada a acidificação com ácido cítrico ou vinagre até pH menor ou igual a 4,5 para garantir a segurança do produto, no entanto o uso de acidulantes altera o sabor característico da alcachofra, normalmente consumida como uma especialidade gastronômica, surgindo a necessidade de se desenvolver alternativas de processamento que não alterem seu sabor e textura característico.

Desde a década de 80 já existia uma demanda por conservas de alcachofra com sabor mais natural e menos ácida, o que depende do emprego de novos métodos de processamento térmico, ainda não utilizados comercialmente (RODRIGO E MARTINEZ, 1988).

Os alimentos processados sob alto vácuo, também conhecidos como *solid pack*, contêm aproximadamente 10% de líquido em relação ao volume da embalagem. Os benefícios desse processo são: redução drástica do peso da embalagem e dos custos de transporte; ocorrência de apenas pequenas trocas de massa por osmose entre o produto e a salmoura mantendo o teor de sais minerais e vitaminas praticamente intactos durante a estocagem; diminuição dos efeitos das reações de oxidação pela eliminação quase que completa do ar residual da embalagem, devido ao alto vácuo do processo (SCHMIDT, 2000)

Esse trabalho de pesquisa teve como objetivo geral avaliar sensorialmente fundos de alcachofra (*Cynara cardunculus scolymus L.*) submetidas ao processamento térmico sob alto vácuo em salmoura convencional e *solid pack* e compará-las com amostras comerciais: congelada e em conserva acidificada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparo das amostras

Foram utilizados fundos de alcachofra da variedade roxa de são Roque (*Cynara cardunculus scolymus L.*) com diâmetro entre 50 e 60 mm – Classe 50

(HORTIBRASIL, 2009) cultivadas na região de Piedade (São Paulo, Brasil) e processados sob alto vácuo na planta de Processamento de Vegetais na Usina Piloto da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP (Campinas, Brasil) entre os meses de novembro e dezembro de 2009. As avaliações sensoriais foram realizadas em abril de 2010.

Durante o pré-processamento, as amostras foram mantidas em solução de ácido ascórbico 0,5%, por até uma hora, para evitar o escurecimento enzimático. Em seguida os fundos de alcachofra foram branqueados em água em ebulição por 1 minuto e acondicionados em latas do “abre fácil” Rojek® produzidos pela Metalgráfica Rojek. As latas com o produto foram preenchidas com 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 mL de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA).

As latas foram fechadas em seladora Selovac® 200 S e esterilizadas a 128°C por 210 segundos em autoclave por cascata de água projetada por Gumerato e Schmidt (2009) sob agitação “end-over-end” de 20 RPM com as amostras em salmoura convencional e *solid pack*.

As amostras de produtos comerciais foram adquiridas diretamente do fabricante Conservas Regina, em duas apresentações: fundos de alcachofra congelados (Figura 1 a) acondicionados em bandejas de isopor envoltas em filme de PVC (fabricação 09/04/2010) e fundos de alcachofra médio em salmoura acidificada (Figura 1b) acondicionados em embalagens de vidro (fabricação 04/04/2010).

As amostras congeladas foram adicionadas de 1% de sal (calculado em relação à massa de alcachofra) dissolvido em 25 mL de água. Para as amostras processadas sob alto vácuo em salmoura convencional e *solid pack* (Figuras 1c e 1d) e a amostra comercial acidificada foi realizada apenas a drenagem da salmoura.

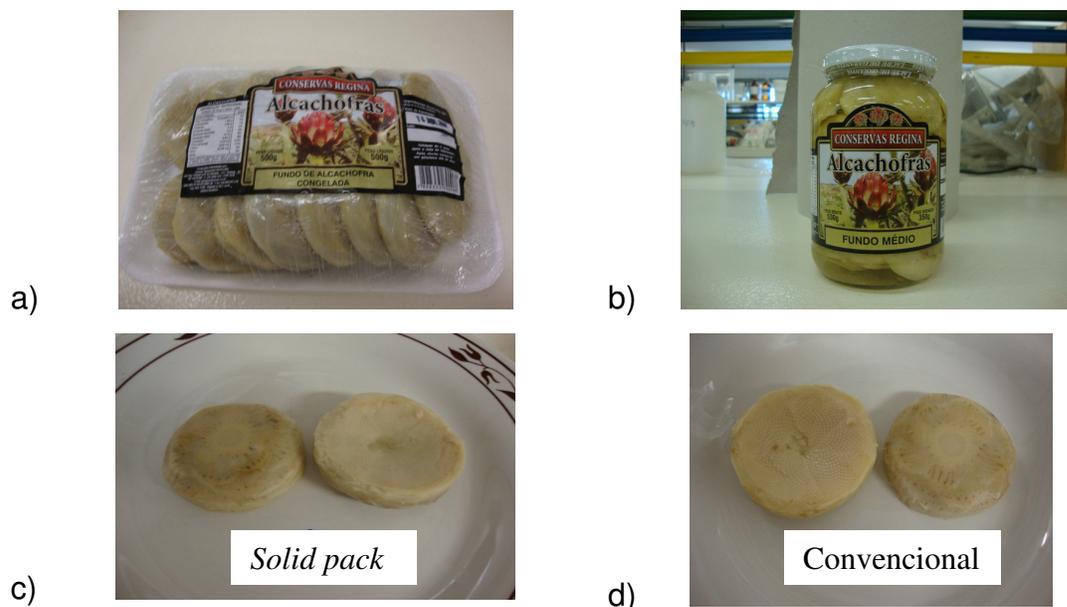


Figura 1. Amostras processadas e comerciais utilizadas na avaliação sensorial. a) congelada b) em conserva acidificada c) processada *solid pack* d) processada convencional.

Os fundos de alcaçofra (processado e de mercado) foram cortados em 4 partes, acondicionados em recipientes plásticos com tampa e mantidos em temperatura ambiente até o momento de serem servidos.

2.2 Preferência das amostras

A preferência das amostras foi avaliada por 55 julgadores não treinados, recrutados entre alunos e funcionários da Unicamp. O recrutamento dos julgadores foi realizado no próprio local, onde foram orientados quanto aos objetivos da pesquisa, possíveis efeitos colaterais causados pela ingestão do produto e a forma de realização da avaliação sensorial. Os indivíduos que concordaram com a realização da avaliação assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), aprovado pelo comitê de Ética do Setor de Saúde da Unicamp (Anexos 4 e 5). O perfil dos julgadores foi determinado pelo preenchimento de formulário (Anexo 6), com os seguintes dados: idade, sexo, portador de alergia e hábitos de consumo e compra de conservas em geral e de alcaçofra.

As avaliações das amostras foram realizadas individualmente, conforme descrito por DUTCOSKI (2007). As amostras foram servidas agrupadas em 2 blocos com 2 amostras cada, distribuídas aleatoriamente, conforme Figura 2. Servidas à temperatura ambiente em pratos plásticos descartáveis. Foi utilizada a luz vermelha para mascarar a cor das amostras.



Figura 2. Apresentação das amostras para avaliação sensorial, dois blocos com duas amostras cada, distribuídas aleatoriamente.

Após degustar as amostras em cabines individuais, os julgadores preencheram ficha de avaliação (Anexo 7). Foi utilizada escala hedônica não estruturada de 9 pontos (1 = desgostei extremamente e 9 = gostei extremamente) para os atributos: odor, textura, sabor e aceitação global. Foi avaliada a intenção de compra utilizando escala de 5 pontos (5 = certamente compraria e 1 = certamente não compraria).

2.3 Caracterização das amostras

A determinação do pH foi realizada em quadruplicata, em pHmetro Digimed DM 20 e o teor de sólidos solúveis foi determinado em quintuplicata utilizando refratômetro Leica AR200 e os resultados expressos em °Brix, conforme metodologia descrita nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (ZENEON e PASCUET, 2005).

Para determinação da textura foram utilizados cinco fundos de alcachofra, sem cortes ou rachaduras, selecionadas aleatoriamente. Os fundos foram cortados em 4 partes para determinação da força de penetração (gramas), em

texturômetro TA-XT2i Texture Analyser, utilizando o método analítico adaptado de Stable Microsystems (2000). Foi utilizada a célula máxima de carga de 50 kg, velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,5 mm/s e penetração de 3 mm; probe SMS P/2, resultando em 20 determinações por tratamento. Parte desses resultados foram excluídos para se obter um coeficiente de variação (CV) inferior a 20%.

2.4 Análise estatística dos resultados

Foi realizada a análise de variância (ANOVA) para os resultados da preferência, intenção de compra e caracterização das amostras. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os resultados foram analisados com auxílio de planilhas Microsoft Excell versão 2007.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Os resultados obtidos na avaliação sensorial estão apresentados na Tabela 1. Os resultados médios dos atributos odor, sabor e aceitação global variaram em torno de 5, correspondendo a “não gostei/nem desgostei” na escala utilizada.

TABELA 1. Valores médios dos atributos de preferência e intenção de compra obtidos para as amostras de fundos de alcachofra.

PARÂMETROS SENSORIAIS	Comercial congelada	Comercial em conserva acidificada	Salmoura <i>Solid pack</i>	Salmoura Convencional
Odor ¹	5,69 ^A	5,63 ^A	5,83 ^A	5,96 ^A
Textura ¹	5,49 ^A	6,59 ^B	5,55 ^A	5,58 ^A
Sabor ¹	5,51 ^A	5,55 ^A	5,18 ^A	5,49 ^A
Aparência ¹	5,31 ^A	5,78 ^A	5,29 ^A	5,47 ^A
Intenção de compra ²	2,76 ^A	3,08 ^A	2,80 ^A	2,84 ^A

NOTA: n = 55 julgadores. 1:escala hedônica (1=desgostei extremamente e 9=gostei extremamente). 2:escala de intenção de compra (1=certamente não compraria e 5=certamente compraria). As médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente ($p > 0,05$). Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 mL de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA). $T_w = 25^\circ\text{C}$ e $T_h = 128^\circ\text{C}$.

Para o atributo odor as amostras que obtiveram maiores médias foram as convencionais (5,96), seguida da *solid pack* (5,83), ambas se aproximaram da nota 6 que corresponde a “gostei ligeiramente” na escala utilizada. As amostras

comerciais não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre si e entre as amostras processadas quanto ao odor das amostras.

Para o atributo textura a amostra comercial “em conserva acidificada” foi a que apresentou a maior aceitação (média 6,59) diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) das demais amostras avaliadas, com médias de 5,49; 5,55 e 5,58, respectivamente para as amostras de mercado “congelada” e processadas *solid pack* e convencional.

A maior aceitação da amostra “em conserva acidificada” parece estar relacionada com a textura instrumental, determinada em texturômetro (força de penetração em gramas), conforme resultados apresentados na Tabela 2. A amostra “congelada” foi a que apresentou a maior valor na determinação da textura instrumental, seguida da amostra “em conserva acidificada”, respectivamente $400 \pm 34,4$ g e $336 \pm 15,51$ g. De acordo com comentários dos julgadores nas fichas de avaliação, a amostra “congelada” foi considerada muito “dura” enquanto as amostras processadas (convencional e *solid pack*) foram consideradas “moles demais”. A textura da amostra “em conserva acidificada” foi a que mais se aproximou da textura considerada ideal pelos julgadores.

Os resultados médios obtidos para a textura instrumental das amostras em conserva processadas, em salmoura convencional e *solid pack*, foram respectivamente $66 \pm 2,47$ g e $49 \pm 6,08$ g e estão compatíveis com os obtidos por Guillén-Rios *et al.* (2006) para corações de alcachofra (59,8 a 103,5 g para força de penetração).

TABELA 2. Resultados obtidos para o pH e textura instrumental de fundos de alcachofra.

PARÂMETROS	Comercial congelada	Comercial em conserva acidificada	Salmoura <i>Solid pack</i>	Salmoura Convencional
pH	5,88 ^A	4,45 ^C	5,42 ^B	5,52 ^B
Sólidos solúveis (°Brix)	$5,8 \pm 0,07^{AC}$	$5,9 \pm 0,07^{AC}$	$6,5 \pm 0,89^A$	$5,1 \pm 0,107^C$
Textura Intrumental ¹	$400 \pm 34,64^A$	$336 \pm 15,51^B$	$49 \pm 6,08^D$	$66 \pm 2,47^C$

NOTA: 1.Força de penetração (gramas). As médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente ($p > 0,05$). Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 mL de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA). $T_w = 25^\circ\text{C}$ e $T_h = 128^\circ\text{C}$. As variações para mais ou para menos referem-se ao desvio padrão.

Os valores de força de penetração apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) para todas as amostras avaliadas. De acordo com Nisha *et al.* (2006) a textura é um dos mais importantes fatores na avaliação da qualidade de vegetais, influenciando na aceitação pelos consumidores. O processamento térmico provoca mudanças na microestrutura do alimento causando alteração na textura.

Entre as amostras avaliadas, a que sofreu processamento térmico mais brando foi a “congelada”, submetida apenas ao branqueamento, justificando o maior valor de força de penetração determinada instrumentalmente. A amostra “em conserva acidificada” por apresentar o pH menor ou igual a 4,5, foi apenas pasteurizada. Nesse processo a amostra foi levemente cozida aproximando a textura da desejada pelos julgadores, enquanto as demais amostras ao serem esterilizadas em alta temperatura sofreram excessiva degradação da textura.

Para os atributos sabor e aparência as amostras não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$). As maiores médias foram obtidas para a amostra “em conserva acidificada”, respectivamente 5,55 e 5,78 para sabor e aparência.

Quanto à intenção de compra, apenas a amostra de mercado “em conserva acidificada” atingiu a média 3, que corresponde a “tenho dúvidas se compraria ou não compraria”. As demais amostras obtiveram médias que correspondem a “provavelmente não compraria”.

Quanto ao pH as amostras de mercado “congelada” e “em conserva acidificada” apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si ($p < 0,05$) e entre as amostras processadas (convencional e *solid pack*). O pH médio obtido para a amostra “em conserva acidificada” foi de 4,45, atendendo assim ao padrão exigido pela legislação brasileira para vegetais em conserva (BRASIL, 2005).

As amostras processadas (convencional e *solid pack*) têm como princípio de conservação a esterilização em embalagem hermética e portanto podem ser preservadas em pH acima de 4,5. Os resultados médios de pH de 5,42 e 5,52 (Tabela 2), respectivamente para as amostras convencional e *solid pack*, estão abaixo do pH da alcachofra *in natura*, em torno de 6,5. Isto ocorre porque no preparo das amostras, as mesmas foram mantidas imersas em solução de ácido

ascórbico para evitar o escurecimento enzimático. O mesmo deve ter ocorrido com a amostra comercial congelada que apresentou pH ligeiramente ácido (5,88). Resultados semelhantes foram encontrados por Martín *et al.* (2008) para amostras de alcachofra obtida pelo processo de V Gama (hortaliças cozidas embaladas à vácuo e prontas para consumo) e esterilizadas a 121°C (pH médio de 5,1).

O conteúdo de sólidos solúveis (°Brix) está relacionado ao balanço de açúcares e ácidos, e é o fator que mais afeta o sabor dos vegetais (GUILLÉN-RÍOS *et al.*, 2006). Em vegetais em conserva, além das operações unitárias empregadas no processamento, o conteúdo de sólidos solúveis, é afetado pelas trocas que ocorrem entre o alimento e a salmoura empregada, devido à diferença de pressão osmótica.

Neste trabalho o maior conteúdo de sólidos solúveis (°Brix) foi o da amostra *solid pack* (6,5 °Brix), pois as trocas são reduzidas devido ao emprego de menor quantidade de salmoura e maior concentração dos solutos. Os resultados obtidos para as demais amostras foram 5,8; 5,9 e 5,1 respectivamente para as amostras comerciais: congelada e “em conserva acidificada” e a amostra em salmoura convencional. Esses resultados estão compatíveis com de Guillen-Ríos *et al.* (2006), que obteve o sólidos solúveis de $5,9 \pm 0,15$ °Brix para corações de alcachofra processados pelo método tradicional e os obtidos por Martín *et al.* (2008) em amostras comerciais de alcachofra comercializadas na Espanha (média de $5,8 \pm 1,4$ °Brix).

Dos julgadores que participaram da avaliação sensorial a maioria (64%) foi do sexo feminino, com idade média de $24 \pm 7,5$ anos, 96% deles declararam não possuir nenhum tipo de alergia e 75% consomem conservas vegetais.

Quanto ao hábito de consumo, 56% já haviam consumido a alcachofra, sendo que entre eles 67% consomem em casa, 61% em restaurantes, 29% na casa de amigos e 11% em eventos. O consumo mais freqüente foi de 1 a 2 vezes por ano (39%), seguida pelo consumo de menos de 1 vez por ano e mais de 4 vezes por ano (ambos com 25% cada) e 3 a 4 vezes por ano (11%).

De acordo com os julgadores o critério considerado mais importante na escolha da alcachofra é o sabor (46%) seguido pela aparência (32%). O consumo mais freqüente da alcachofra é na forma de saladas (68%), seguido pela conserva

(25%), molho (25%), alho e óleo (18%) e recheios (18%). Foram citadas outras formas de consumo como: cozida com sal, na *paella*, com massas e maioneses.

Quanto ao hábito de compra a maioria dos julgadores compram a alcachofra *in natura* (68%) e apenas 21% e 32% compra as conservas, respectivamente em fundos e coração de alcachofra. A maioria faz a compra em hipermercados (68%), seguido da feira (21%), Ceasa (18%) e varejão (14%).

4. CONCLUSÕES

Apesar de não terem sido bem aceitas (“não gostei/nem desgostei” na escala utilizada) as amostras processadas *solid pack* e convencional não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) entre si e entre as amostras comerciais congelada e “em conserva acidificada” para os atributos odor, sabor e aceitação global.

A aceitação sensorial das amostras nesse estudo parece ter sido influenciada pela textura das amostras indicando que o processamento térmico precisa ser otimizado para minimizar a degradação térmica da textura e dos atributos avaliados. A amostra “em conserva acidificada” foi a que mais se aproximou da textura considerada desejável (média 6,59) pelos julgadores e corresponde a textura instrumental de $336 \pm 15,51$ g (força de penetração).

A amostra *solid pack* apresentou o maior conteúdo de sólidos solúveis (6,5 °Brix) e apresentou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) com a amostra convencional, demonstrando que o processo *solid pack* reduz as trocas osmóticas entre o vegetal e a salmoura, podendo contribuir para a redução das perdas nutricionais e sensoriais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução. 272 de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 de setembro de 2005. Seção 1. 2005.

CRAVERO, V.P.; LÓPEZ ANIDO, F.S.; COINTRY, E.L. Caracterización y selección de familias S1 de alcaucil a través de técnicas de análisis multivariado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 619-625, dezembro 2002.

DI GIULIO, G. Falta pesquisa para aumentar produção de alcachofra no Brasil. **Ciência e Cultura**. v.56, n.2, p.13-14, 2004.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 2ed. Curitiba:Champagnat, 2007. 239p.

GUMERATO, H. F.; SCHMIDT, F.L. Processamento de alimentos sob alto vácuo em embalagens rígidas “abre fácil”. Campinas, 2009. 42p. **Relatório técnico científico FAPESP processo 05/59080-7**. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.

GUILLÉN-RIOS, P.; BURLÓ, F.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, F.; CARBONELL-BARRACHINA, A.A. Effects of Processing on the quality of preserved quartered artichokes hearts. **Journal of Food Science**. v. 71, n. 2, p.S176-S180, 2006.

HORTIBRASIL. Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. Proposta de Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Alcachofra (*Cynara scolymus* L.). Brasil, 2009. 6 p.

MARTÍN, J.B.; SÁNCHEZ, C.D.; PUENTE, M.I.A.; CUNILL, M.P. Elaboración de productos de V gama a partir de la alcachofra (*Cynara scolymus*): estudio del efecto del tratamiento térmico sobre la textura y el análisis sensorial. Escola Superior D'Agricultura. Barcelona. 2008. Disponível em: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/4708/1/memoria.pdf> Acesso em: 23/10/2010.

RODRIGO, M.; MARTINEZ, A. Determination of a process time for a new product: canned low acid artichoke hearts. **International Journal of Food Science and Technology**. n.23, p.31-41, 1988.

SCHMIDT, F.L. **Transferência de calor em sistemas líquido/particulados envasados sob alto vácuo**. Campinas, 2000. 145 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.

STABLE MICROSYSTEMS. **Guia de aplicação dos software do texturômetro TA-XT2i Texture Analyser: Application Study Peppers**. Ref. PEPP 1/P3. Janeiro 2000.

ZENEON, O.; PASCUET, N.S. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005. 1018 p..

CAPÍTULO 7. COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FUNDOS DE ALCACHOFRA (*Cynara cardunculus scolymus L.*) PROCESSADOS SOB ALTO VÁCUO

Resumo

É crescente o interesse em alimentos que desempenhem mais que a função puramente nutritiva. Na composição destes alimentos encontram-se compostos químicos que, mesmo em pequenas quantidades, podem exercer efeitos preventivos e/ou curativos em distúrbios fisiológicos. Entre as estruturas químicas presentes na alcachofra destacam-se os compostos fenólicos, com função antioxidante e hepatoprotetora. O presente trabalho teve como objetivo determinar a composição físico-química de fundos de alcachofra (*Cynara cardunculus scolymus L.*) submetidos ao processamento térmico sob alto vácuo comparado-as com a alcachofra *in natura*. Após serem pré-processados e branqueados, os fundos de alcachofra foram envasados em latas “abre-fácil” Rojek®. Foi realizada a adição de 100 ml de salmoura (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA) para o processo convencional (CV) e 20 mL (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) para o *solid pack* (SP). As latas foram fechadas sob vácuo e processadas em autoclave com cascata de água sob agitação “end-over-end” de 20 RPM, com circulação de água. Foi empregada a temperatura de 128 °C por 210 s. Foi determinado o pH, sólidos solúveis, composição centesimal e conteúdo de fenóis totais e minerais das amostras *in natura* e processadas. A umidade da alcachofra variou em torno de 90%, para todas as amostras e foi significativamente maior ($p < 0,05$) para a amostra CV (93,26%). O conteúdo de lipídios determinado para as amostras foi de $0,14 \pm 0,01$ g/100g para a *in natura*, $0,11 \pm 0,01$ g/100g para CV e $0,19 \pm 0,01$ g/100g para SP. A amostra *in natura* apresentou o maior conteúdo de fenóis totais ($272 \pm 11,74$ mg/100 g), seguido pela SP ($104 \pm 3,79$ mg/100g) e CV ($85 \pm 4,54$ mg/100g). O conteúdo de cinzas, minerais, sólidos solúveis e fenóis totais foi significativamente maior ($p < 0,05$) para a amostra SP em comparação a amostra CV, sugerindo que este processo pode contribuir para a preservação dos compostos fenólicos presentes na alcachofra e garantir a manutenção de suas propriedades funcionais, além de maior retenção de nutrientes. A alcachofra *in natura* apresentou quantidades importantes de cálcio e zinco, além de ser fonte de cobre e ferro. Em comparação a *in natura*, as amostras processadas apresentaram conteúdo significativamente ($p < 0,05$) maior de cálcio.

Palavras-chave: fenóis, composição centesimal, minerais.

Physico-chemical composition of high vacuum processed artichoke (*Cynara cardunculus scolymus L.*)

Abstract

There is a growing interest in foods that delivers more than a purely nutritive function. Chemical compounds are founded in composition of these foods that, even in small amounts, can exert inhibitory and/or curative effects on physiological

disorders. The chemical structures present in the artichoke the phenolic compounds stand out due to their antioxidant and hepatic functions. This study aimed to determine the physical and chemical composition of artichoke (*Cynara cardunculus scolymus* L.) hearts subjected to high vacuum thermal processing and compare them with fresh artichoke. After being pre-processed and blanched, the artichoke hearts were packaged in easy open cans. To the conventional (CV) 100 ml of brine (1.75% sodium chloride, 1% calcium chloride and 0.017% EDTA) and to solid pack (SP) 20 mL of brine (8.75% sodium chloride 5% calcium chloride and 0.085% EDTA) were added. The cans were sealed under vacuum and processed in an autoclave with water cascade, "end-over-end". A temperature of 128 °C was used for 210 s. The pH, soluble solids, composition and content of the phenolic compounds and minerals were determined for the fresh and processed samples. The moisture artichoke ranged around 90% for all samples and was significantly higher ($p < 0.05$) for the CV sample (93.26%). The lipid content were 0.14 ± 0.01 g/100g to fresh sample, 0.11 ± 0.01 g/100g for CV and 0.19 ± 0.01 g/100g for SP. The fresh sample showed the highest content of total phenols (272 ± 11.74 mg/100 g), followed by SP (104 ± 3.79 mg/100g) and CV (85 ± 4.54 mg/100g). The ash, minerals, phenols and total soluble solids were significantly higher ($p < 0.05$) for the SP sample as compared to CV sample, suggesting that this process could contribute to the preservation of phenolic compounds in artichoke and ensure maintaining their functional properties, and better retention of nutrients and flavor compounds. The artichoke is fresh source of copper and iron, and present significant amounts of calcium and zinc. Processed samples had significantly ($p < 0.05$) more calcium than fresh one.

Keywords: phenols, composition, minerals.

1. INTRODUÇÃO

É crescente o interesse em alimentos que desempenhem mais que a função puramente nutritiva, ou seja, apresentem atividades funcionais, tais como prevenir ação de radicais livres, reduzir o colesterol e atuar como hepatoprotetor, entre outras funções. Na composição destes alimentos encontram-se compostos químicos que, mesmo em pequenas quantidades, podem exercer efeitos preventivos e/ou curativos em distúrbios fisiológicos.

Entre as estruturas químicas presentes na alcachofra e às quais se atribui atividade antioxidante e conseqüentemente sua função fisiológica, destacam-se os compostos fenólicos tais como os ácidos derivados do ácido caféico e flavonóides (DOGAN *et al.*, 2005).

O conteúdo de compostos fenólicos presentes na alcachofra varia conforme o estágio fisiológico de desenvolvimento com redução gradual e contínua com o crescimento da planta (LATTANZIO *et al.*, 1994).

Em estudo realizado por Falleh *et al.* (2008), as partes aéreas (talo, folhas e flores/botões) da alcachofra apresentaram elevado conteúdo de polifenóis totais. As folhas e as sementes apresentaram conteúdo similar, respectivamente 14,79 e 14,33 mg expressos em ácido gálico por grama de matéria seca (mg GAE/g DW), seguida pelas flores com 6,96 mg GAE/g DW.

Entre os polifenóis presentes na alcachofra Fratianni *et al.* (2007) quantificaram alguns ácidos hidroxicinâmicos como o ácido clorogênico, *p*-cumárico e ferrúlico, assim como a cinarina (ácidos 1,3-dicafeoilquinico) e os flavonóides apigenina e luteolina.

A alcachofra *in natura* é composta em média por 85 % de água, 10,5% de carboidratos e 3,27% de proteínas. Contém baixo conteúdo de gorduras (0,15%) e é rica em fibras (5,4%), o que a torna um alimento considerado pouco calórico. Contém ainda vitaminas A, E, B1, B2, C e minerais, entre os quais destacam-se pela maior quantidade presentes o sódio, potássio, fósforo e cálcio, além de magnésio e ferro (USDA, 2001).

Furlani *et al.* (1978) determinaram a umidade e a composição mineral em duas variedades de alcachofra. Os talo e folhas das variedades roxa de são roque e branca possuem maior conteúdo de umidade do que a inflorescência, além de maior conteúdo da maioria dos minerais pesquisados, exceto nitrogênio, magnésio e zinco para as duas variedades e o fósforo, manganês e cobalto para a variedade Branca.

De acordo com Monti *et al.* (2008) o conteúdo de cinzas é maior nas folhas (117 g/kg) e muito próximo para os caules e inflorescência, respectivamente 68 e 67 mg/kg. A inflorescência apresentou conteúdo elevado de nitrogênio, cálcio, cloro, sódio e fósforo quando comparado às folhas e ao caule e baixo conteúdo de ferro quando comparado ao caule.

Devido à sua composição e qualidades nutritivas as hortaliças exercem um papel importante no equilíbrio da dieta, no entanto, os vegetais *in natura* têm uma vida útil curta e estão expostos a condições que destroem a qualidade do produto antes que sejam cozidos ou consumidos (MARTÍN *et al.*, 2008). Por esse motivo e devido à sazonalidade desses produtos faz-se necessária a aplicação de

tecnologias de conservação que combinem a manutenção de suas características nutricionais e sensoriais e prolonguem a vida útil (GIANNAKOUROU, *et al.*, 2003).

O progresso da tecnologia tem conduzido a modificações nos métodos de conservação, como o processamento térmico de alimentos enlatados sob alto vácuo (25 pol Hg), também conhecidos como *solid pack*. Esses alimentos contêm aproximadamente 10% de líquido em relação ao volume da embalagem. Entre os benefícios desse processo têm-se a ocorrência de apenas pequenas trocas de massa por osmose entre o produto e a salmoura mantendo durante a estocagem o teor de sais minerais e vitaminas praticamente intactos; diminuição dos efeitos das reações de oxidação pela eliminação quase que completa do ar residual da embalagem, devido ao alto vácuo do processo (SCHMIDT, 2000).

Com base nas considerações apresentadas esse trabalho de pesquisa teve como objetivo determinar a composição físico-química de amostras de fundos de alcachofra (*Cynara cardunculus scolymus L.*) submetidas ao processamento térmico sob alto vácuo comparado-as com a composição da alcachofra *in natura*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparo das amostras

Foram utilizados fundos de alcachofra da variedade roxa de São Roque (*Cynara cardunculus scolymus L.*) com diâmetro entre 50 e 60 mm – Classe 50 (HORTIBRASIL, 2009), cultivadas na região de Piedade (São Paulo, Brasil) e processados sob alto vácuo na planta de Processamento de Vegetais na Usina Piloto da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP (Campinas, Brasil) entre os meses de novembro e dezembro de 2009. As amostras foram analisadas entre os meses de janeiro a março de 2010.

Para o pré-processamento as amostras foram mantidas em solução de espera com ácido ascórbico 0,5%, por no máximo uma hora, para evitar o escurecimento enzimático. Em seguida os fundos de alcachofra foram branqueados em água em ebulição por 1 minuto e acondicionados em lata “abre fácil” Rojek® produzidas pela Metalgráfica Rojek. As latas com o produto foram preenchidas com 20 mL de salmoura (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) para o processo *solid pack* e 100 mL de salmoura

(1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA) para o processo convencional.

As latas foram fechadas em seladora Selovac® modelo 200 S e esterilizadas a 128°C por 210 segundos em autoclave por cascata de água projetada por Gumerato e Schmidt (2009) sob agitação “end-over-end” de 20 RPM com as amostras na forma convencional em salmoura e *solid pack*.

A amostra de alcachofra *in natura* foi liofilizada e armazenada em embalagem com barreira a umidade até a realização das determinações físico-químicas. Os experimentos e as análises físico-químicas foram realizados no Laboratório de Frutas e Hortaliças do DTA/FEA/UNICAMP.

2.2 Determinações físico-químicas

As determinações físico-químicas foram realizadas em triplicata para os fundos de alcachofra *in natura* e processados em salmoura convencional e *solid pack*.

O pH foi determinado em pHmetro Digimed DM 20, segundo metodologia descrita nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (ZENEBO E PASCUET, 2005),

Para a determinação de fenóis totais os fundos de alcachofra processados foram liofilizados e armazenados embalados à vácuo em material plástico aluminizado e de alta barreira à umidade e à luz. As amostras foram analisadas conforme descrito por Singleton e Rossi (1965), em espectrofotômetro DU-70 Beckman. As amostras liofilizadas foram desengorduradas utilizando como solvente acetona 70%. Foi determinada a absorbância em 765 nm.

As análises do teor de sólidos solúveis, cinzas, umidade, proteínas e lipídios totais foram realizadas segundo metodologia da AOAC (2000). O teor de sólidos solúveis foi determinado em refratômetro marca Warszawa modelo NR 10444/86 expressos em °Brix. Para a determinação de proteínas (N x 6,25) foi utilizado o método de Kjeldahl e os lipídios totais foram determinados pelo método de extração Soxhlet, com éter de petróleo.

As determinação dos minerais foi realizada no laboratório de Espectroscopia de Raio-X do Instituto de Química da Unicamp, conforme descrito

por NAGATA (2001). As amostras foram previamente incineradas em mufla à 550°C e analisadas em espectrômetro de fluorescência de raios-x de energia dispersiva Shimadzu EDX-700, constituído por um tubo de Rh e detetor semiconductor de Si(Li).

2.4 Análise estatística dos resultados

Foi realizada a análise de variância (ANOVA) para os resultados obtidos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os resultados foram analisados com auxílio de planilhas Microsoft Excell versão 2007.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das determinações físico-químicas estão descritos na Tabela 1. A umidade da alcachofra variou em torno de 90%, para todas as amostras e foi significativamente maior ($p < 0,05$) para a amostra convencional (93,26%). Essa diferença pode ter ocorrido devido a troca osmótica ocorrida entre a alcachofra e a salmoura, com ganho de água e perda de sólidos solúveis pelo vegetal na amostra com salmoura convencional que além do maior volume (100 mL por lata) era mais diluída do que a salmoura *solid pack* (20 mL por lata).

TABELA 1. Valores médios da composição físico-químicas de fundos de alcachofra *in natura* e processadas sob alto vácuo.

	<i>In natura</i>	Salmoura <i>Solid pack</i>	Salmoura Convencional
Umidade (g/100g)	89,60 ± 0,76 ^A	91,09 ± 0,87 ^A	93,26 ± 0,22 ^B
Cinzas (g/100g)	1,37 ± 0,22 ^A	1,87 ± 0,06 ^B	1,33 ± 0,22 ^A
Lipídios (g/100g)	0,14 ± 0,01 ^A	0,19 ± 0,01 ^B	0,11 ± 0,01 ^C
Proteínas (g/100g)	2,96 ± 0,04 ^A	1,78 ± 0,03 ^B	1,70 ± 0,04 ^B
pH	6,26 ± 0,26 ^A	5,46 ± 0,06 ^B	5,52 ± 0,07 ^B
Sólidos solúveis (°Brix)	8,34 ± 0,62 ^A	6,46 ± 0,89 ^B	5,10 ± 0,10 ^C
Acidez titulável (%) ¹	ND	0,41 ± 0,01 ^A	0,33 ± 0,01 ^B
Fenóis totais (mg/100 g) ²	272 ± 11,74 ^A	104 ± 3,79 ^B	85 ± 4,54 ^C

Nota: ND = não determinado. Médias com letras iguais na mesma linha não possuem diferença estatisticamente significativa em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. 1: expresso em ácido cítrico. 2: expresso em mg de ácido tânico por 100 g de amostra fresca. Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 mL de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA). $T_w = 25^\circ\text{C}$ e $T_h = 128^\circ\text{C}$. As variações na média para mais ou para menos correspondem ao desvio padrão.

Resultados semelhantes foram reportados por Furlani *et al.* (1978) que obtiveram a umidade de 86,2% e 86,4%, respectivamente para a inflorescência de alcachofra *in natura* das variedades “roxa de são roque” e “branca”. Os valores de umidade descritos pela USDA (2001) são de 84,9% e 83,97%, respectivamente para a alcachofra crua e cozida com sal.

O conteúdo de cinzas foi significativamente maior ($p < 0,05$) para as amostras *solid pack* ($1,87 \pm 0,06$ g/100g). O maior conteúdo de cinzas em comparação com a amostra *in natura* deve-se a absorção dos minerais presentes na salmoura, como cálcio, cloro e sódio. Como a salmoura empregada na amostra *solid pack* era mais concentrada do que a empregada na amostra convencional, a maior diferença de pressão osmótica entre a alcachofra e a salmoura pode ter contribuído para maior retenção desses minerais na amostra *solid pack*.

Os resultados obtidos para cinzas estão compatíveis com os descritos pela USDA (2001), de respectivamente 1,13 e 1,21 g/100g, para alcachofra crua e cozida com sal. Monti *et al.* (2008) determinou conteúdo de cinzas muito superior aos valores citados: 6,7; 6,8 e 11,7 g/100g, respectivamente para inflorescência, talo e folhas de alcachofra.

O conteúdo de lipídios determinado para todas as amostras foi de $0,14 \pm 0,01$ g/100g para a amostra *in natura*; $0,11 \pm 0,01$ g/100g para convencional e $0,19 \pm 0,01$ g/100g para *solid pack*, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) entre todas as amostras. Esses resultados estão compatíveis com os descritos pela USDA (2001), respectivamente 0,15 e 0,16 g/100g para alcachofra crua e cozida com sal.

A amostra *in natura* apresentou o maior conteúdo de proteína (2,96 g/100g), diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) das amostras processadas. Esse resultado foi compatível com o conteúdo de 3,27 g/100g de proteínas descrito pela USDA (2001) para alcachofra crua.

O pH médio obtido para a amostra *in natura* foi de $6,26 \pm 0,26$ diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) das amostras processadas. O pH mais ácido obtido para as amostras processadas, respectivamente 5,46 e 5,52 para *solid pack* e convencional deve-se a imersão dos fundos de alcachofra na solução de espera da etapa de pré-processamento, contendo 0,5% de ácido ascórbico. Apesar de

estar inferior ao pH natural da alcachofra, a conserva continua sendo classificada como de baixa acidez pois o pH está acima de 4,5.

Resultados semelhantes para alcachofra foram obtidos por Martín *et al.* (2008), com pH variando de 4,7 a 5,1, em amostras mantidas em solução de espera com ácido cítrico 0,7% no pré-processamento e em seguida pasteurizadas a 90°C ou esterilizadas a 121 °C.

As amostras processadas apresentaram perda significativa ($p < 0,05$) no conteúdo de sólidos solúveis em comparação à amostra *in natura*. O conteúdo de sólidos solúveis para a amostra convencional foi de $5,10 \pm 0,1$ °Brix, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) do resultado obtido para a amostra *solid pack* ($6,46 \pm 0,89$ °Brix). Esses resultados sugerem que o processo *solid pack* pode contribuir para maior retenção de sólidos solúveis e conseqüentemente de nutrientes e compostos de sabor.

O conteúdo de fenóis totais apresentou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre todas as amostras. A amostra *in natura* apresentou o maior conteúdo de fenóis totais ($272 \pm 11,74$ mg/100 g). Esse resultado está compatível com os descritos por Brat *et al.* (2006), que variaram de 202,4 a 438,1 mg/100 g para alcachofra fresca, com média de 321,3 mg/100 g.

Entre as amostras processadas, a *solid pack* apresentou maior conteúdo de fenóis totais ($104 \pm 3,79$ mg/100g) que a convencional ($85 \pm 4,54$ mg/100g). Esses resultados sugerem que o processo *solid pack* pode contribuir para garantir a preservação dos compostos ativos presentes na alcachofra e garantir a manutenção de suas propriedades funcionais após o processamento.

Os resultados obtidos para o conteúdo de minerais estão apresentados na Tabela 2. As amostras processadas apresentaram conteúdo significativamente maior ($p < 0,05$) de cálcio, sódio e cloro em comparação a amostra *in natura*. Essa diferença deve-se ao uso de carbonato de cálcio e sal comum na composição da salmoura.

A amostra *solid pack* apresentou maior conteúdo de todos os minerais pesquisados comparativamente à amostra convencional, sugerindo que esse processo permite maior retenção de nutrientes, possivelmente devido ao uso de

pequena quantidade de salmoura, o que reduz a perda dos minerais por solubilização na solução.

TABELA 2. Valores médios do conteúdo de minerais em fundos de alcachofra *in natura* e processados sob alto vácuo.

MINERAIS	<i>In natura</i> (mg/100g)	Salmoura <i>Solid pack</i> (mg/100g)	Salmoura Convencional (mg/100g)
Cálcio	79 ± 6,26 ^A	348 ± 18 ^B	255 ± 19 ^C
Potássio	826 ± 3,54 ^A	431 ± 35 ^B	305 ± 22 ^C
Sódio	6,9 ± 0,72 ^A	161 ± 10,6 ^B	114 ± 7,51 ^C
Magnésio	19 ± 1,53 ^A	29 ± 1,94 ^B	17,3 ± 1,44 ^A
Cloro	93 ± 5,58 ^A	454 ± 21,6 ^B	324 ± 20,3 ^C
Fósforo	41,3 ± 2,42 ^A	45,7 ± 1,60 ^B	30,8 ± 2,45 ^C
Enxofre	11,44 ± 3,29 ^A	12 ± 0,77 ^A	9,75 ± 0,42 ^A
Estrôncio	0,56 ± 0,13 ^A	0,82 ± 0,05 ^A	0,78 ± 0,14 ^A
Cobre	0,55 ± 0,05 ^A	0,81 ± 0,26 ^A	0,29 ± 0,25 ^A
Ferro	2,20 ± 0,43 ^A	2,26 ± 0,35 ^A	1,57 ± 0,22 ^A
Zinco	1,85 ± 0,77 ^A	1,11 ± 0,04 ^A	0,59 ± 0,53 ^A
Bromo	0,44 ± 0,15 ^{AC}	0,62 ± 0,09 ^{AB}	0,14 ± 0,25 ^C
Rubídio	0,44 ± 0,42 ^A	0,15 ± 0,25 ^A	0,09 ± 0,15 ^A

Nota: médias com letras iguais na mesma linha não possuem diferença estatisticamente significativa em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Foi utilizado 20 mL de salmoura *solid pack* (8,75% de cloreto de sódio, 5% de cloreto de cálcio e 0,085% de EDTA) e 100 mL de salmoura convencional (1,75% de cloreto de sódio, 1% de cloreto de cálcio e 0,017% de EDTA). T_w = 25°C e T_h = 128°C. As variações na média para mais ou para menos correspondem ao desvio padrão.

O conteúdo de cálcio, potássio, cobre, ferro e zinco obtidos para a amostra *in natura*, foram respectivamente: 79; 826; 0,55; 2,2; 1,85 mg/100g e estão acima dos valores descritos pela USDA (2001) para esses minerais que são, respectivamente: 44; 370; 0,23; 1,28 e 0,49 mg/100g na alcachofra crua.

Os resultados descritos por outros autores apresentam variações para a inflorescência de alcachofra *in natura*. Furlani *et al.* (1978) obtiveram valores ainda maiores para esses minerais: 236; 1429; 0,55; 6,28 e 2,65 mg/100g, respectivamente para cálcio, potássio, cobre, ferro e zinco. Os resultados obtidos por Monti *et al.* (2008) foram 996; 1,93; 134; 181,5; 242,7 e 7,1 mg/100g, respectivamente para cálcio, potássio, sódio, magnésio, fósforo e ferro.

O conteúdo de cobre obtido por Furlani *et al.* (1978) para inflorescência da variedade “roxa de São Roque” foi 0,54 mg/100g, resultado muito próximo ao obtido nessa pesquisa para alcachofra *in natura* (0,55 mg/100g).

De acordo com BRASIL (1998b), para que um alimento seja considerado fonte de minerais deve conter no mínimo 15% da ingestão diária recomendada (IDR) por 100 g do alimento, desta forma a alcachofra *in natura* é fonte de cobre e ferro, respectivamente com 18,5 e 15,7% da IDR para adultos. A alcachofra *in natura* também apresentou quantidades importantes de cálcio e zinco, respectivamente com 9,9 e 12,3% da IDR por 100 g. O fósforo e o magnésio se encontram presentes em menor quantidade, respectivamente 5,15 e 6,4% da IDR por 100 g (BRASIL, 1998a).

Nas amostras processadas o conteúdo de cálcio aumentou devido ao uso do carbonato de cálcio na salmoura, tornando-as ricas em cálcio, com 43,5 e 31,9 % da IDR por 100g, respectivamente para as amostras *solid pack* e convencional.

4. CONCLUSÕES

O conteúdo de cinzas, minerais, sólidos solúveis e fenóis totais foi significativamente maior ($p < 0,05$) para a amostra *solid pack* em comparação à amostra convencional, sugerindo que este processo pode contribuir para a preservação dos compostos bioativos presentes na alcachofra e garantir a manutenção de suas propriedades funcionais, além de maior retenção de nutrientes e compostos de sabor.

A alcachofra *in natura* utilizada nesse estudo, é fonte de cobre e ferro, além de apresentar quantidades importantes de cálcio e zinco. O fósforo e o magnésio se encontram presentes em menor quantidade. Em comparação a *in natura*, as amostras processadas apresentaram conteúdo significativamente ($p < 0,05$) maior de cálcio.

REFERÊNCIAS

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of analysis**. 17. ed., v. 2, Gaithersburg, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 33 de 13 de janeiro de 1998. Tabelas de ingestão diária recomendada para proteínas, vitaminas e minerais. Diário Oficial da União, Brasília, 13 de janeiro de 1998. Seção 1. 1998a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998. Estabelece regulamento técnico referente informação nutricional complementar. Diário Oficial da União, Brasília, 13 de janeiro de 1998. Seção 1. 1998b.

BRAT, P.; GEORGE, S.; BELLAMY, A.; DU CHAFFAUT, L.; SCALBERT, A.; MENNEN, L.; ARNAULT, N.; AMIOT, M.J. Daily Polyphenol Intake in France from Fruit and Vegetables. **The Journal of Nutrition Nutritional Epidemiology**. p.2368-2373. 2006 Disponível em: jn.nutrition.org. Acesso em: 21/10/2010.

DOGAN, S.; TURAN, Y.; ERTÜRK, H.; ARSLAN, O. Characterization and purification of polyphenol oxidase from artichoke (*Cynara scolymus* L.). **J. Agricultural and Food Chemistry**. n.53, p.776-785, 2005.

FALLEH, H.; KSOURI, R.; CHAIEB, K.; KARRAY-BOURAOUI, N.; TRABELSI, N.; BOULAABA, M.; ABDELLY, C. Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L.organs, and their biological activities. **C.R.Biologies**. n.331, p. 372-379, 2008.

FRATIANNI, F.; TUCCI, M.; DE PALMA, M.; PEPE, R.; NAZZARO, F. Polyphenolic composition in different parts of some cultivar of globe artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* L.). **Food Chemistry**. n. 104, p.1282-1286, 2007.

FURLANI, A.M.C.; FUKLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R.; GALLO, J.R.; BERNARDI, J.B.; FORNASIER, J.B. Composição mineral de diversas hortaliças. **Revista Científica do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**. v.37, n.5, p.33-44, 1978.

GIANNAKOUROU, M.C.; Taoukis, P.S. Kinetic modelling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. **Food Chemistry**. v.83, p.33-41. 2003.

GUMERATO, H. F.; SCHMIDT, F.L. Processamento de alimentos sob alto vácuo em embalagens rígidas “abre fácil”. Campinas, 2009. 42p. **Relatório técnico científico FAPESP processo 05/59080-7**. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.

HORTIBRASIL. Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. Proposta de Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Alcachofra (*Cynara scolymus* L.). Brasil, 2009. 6 p.

LATTANZIO, V.; CARDINALI, A.; DI VENERE, D.; LINSALATA, V.; PALMIERI, S. Browning phenomena in stored artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads: enzymic or chemical reactions? **Food Chemistry**. n. 50, p.1-7, 1994.

MARTÍN, J.B.; SÁNCHEZ, C.D.; PUENTE, M.I.A.; CUNILL, M.P. Elaboración de productos de V gama a partir de la alcachofra (*Cynara scolymus*): estudio del efecto del tratamiento térmico sobre la textura y el análisis sensorial. Escola Superior D'Agricultura. Barcelona. 2008. Disponível em: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/4708/1/memoria.pdf> Acesso em: 23/10/2010.

MONTI, A.; DI VIRGILIO, N.; VENTURIA G. Mineral composition and as contente of six major energy crops. *Biomass and Energy*, n.32, p.216-223, 2008.

NAGATA, N. **Uso de métodos de calibração multivariada na análise amostras de interesse industrial e espécies de importância ambiental por fluorescência de raio-x.** Campinas, 2001. 196 p. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química. Universidade Estadual de Campinas.

SCHMIDT, F.L. **Transferência de calor em sistemas líquido/particulados envasados sob alto vácuo.** Campinas, 2000. 145 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, 16, p.144-158, 1965.

USDA. U.S.Department of Agriculture, Agricultural Research Service. 2001. USDA nutrient data base for standard reference, release 14. Disponível em: <http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri>. Acesso em: 03/01/2011.

ZENEON, O.; PASCUET, N.S. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005. 1018 p..

CONCLUSÕES FINAIS

1. O pré-tratamento com antioxidante é recomendado para retardar o escurecimento nas etapas de pré-processo. Neste estudo, o tratamento com AA1%, AC1% e LC1% foi o que apresentou os melhores resultados para os botões de alcachofra.
2. A ação dos antioxidantes pode ser potencializada com o emprego de técnicas de preparo da alcachofra que permitam maior contato das soluções com a porção comestível, como a remoção das pétalas e espinhos antes do tratamento com os antioxidantes.
3. A degradação térmica da textura se ajustou ao modelo cinético de primeira ordem com E_a de 20,76 kcal.mol⁻¹, z de 29,22 °C e Q_{10} de 2,2.
4. O tratamento térmico a 116,88 °C por 6,66 minutos é o limite mínimo de processo capaz de garantir a estabilidade microbiológica do produto sem comprometer a textura dos fundos de alcachofra. O limite máximo de temperatura é dado pela condição operacional do equipamento (autoclave).
5. Os parâmetros de penetração de calor (difusividade térmica aparente, fh e coeficiente global de transferência de calor) indicaram que a transferência de calor foi mais eficiente no processo convencional do que no *solid pack*. Os valores de jh e jc variaram em torno de 1, para ambos os processos, indicando que o processo de troca térmica foi mais convectivo do que condutivo.
6. O binômio temperatura e tempo de 128°C e 210 s foi considerado satisfatório para o processamento dos fundos de alcachofra, com redução de 1 ciclo log na textura. Foram obtidos F_o de 5,76 e 7,04; valores médios de C de 4,83 e 5,36 minutos, respectivamente, para os processos convencional e *solid pack*.
7. As amostras processadas *solid pack* e convencional não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) entre si e entre as amostras comerciais congelada e “em conserva acidificada” para os atributos odor, sabor e aceitação global.
8. A *solid pack* apresentou o maior conteúdo de sólidos solúveis (6,5 °Brix) e apresentou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) com a

convencional, demonstrando que o processo *solid pack* reduziu as trocas osmóticas entre o vegetal e a salmoura.

ANEXO 1. Histórico térmico de fundos de alcachofra processados sob alto vácuo a 128 °C por 420 segundos.

TEMPO (minutos)	TEMPERATURA AUTOCLAVE (°C)	TEMPERATURA SOLID PACK (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONAL (°C)	
0	24,40	21,50	21,30	INÍCIO DO PROCESSO
0,25	30,40	21,70	21,30	
0,5	40,10	22,00	21,60	
0,75	44,10	22,50	22,30	
1	54,50	23,10	23,40	
1,25	58,50	24,00	24,40	
1,5	63,30	25,00	25,20	
1,75	69,10	26,90	26,10	
2	74,90	29,20	27,30	
2,25	78,40	31,40	28,50	
2,5	82,40	33,80	30,10	
2,75	86,50	36,80	32,60	
3	89,70	38,90	35,10	
3,25	92,90	42,10	38,90	
3,5	94,90	44,20	42,20	
3,75	96,40	45,80	44,80	
4	98,90	47,40	48,70	
4,25	101,80	48,70	52,70	
4,5	102,80	50,80	56,40	
4,75	104,40	51,90	59,30	
5	97,00	57,10	59,60	
5,25	100,60	62,10	63,50	
5,5	104,60	64,70	65,90	
5,75	109,00	67,60	68,60	
6	112,40	70,20	70,80	
6,25	114,60	71,00	74,00	
6,5	117,80	75,30	74,60	
6,75	118,70	78,40	79,10	
7	120,30	76,30	82,00	
7,25	121,30	81,80	79,40	
7,5	122,80	77,60	91,30	
7,75	122,30	83,90	91,80	
8	122,00	83,10	94,10	
8,25	124,90	85,20	93,20	
8,5	127,00	86,30	97,70	
8,75	127,60	93,80	100,10	FINAL DO COME-UP TIME
9	128,40	91,40	101,50	
9,25	129,40	92,90	106,90	
9,5	130,20	94,60	110,60	
9,75	130,70	106,50	111,40	
10	131,30	94,60	108,50	
10,25	131,30	100,30	110,10	
10,5	130,20	104,70	115,70	
10,75	129,20	109,40	111,10	

11	128,90	99,70	113,30
11,25	128,70	113,00	119,60
11,5	128,50	114,20	112,10
11,75	129,80	117,00	116,90
12	130,70	113,80	119,00
12,25	131,20	119,90	118,00
12,5	130,00	118,80	122,70
12,75	129,50	121,10	122,60
13	129,00	124,60	121,20
13,25	128,70	123,80	123,20
13,5	128,50	125,70	123,60
13,75	129,10	125,40	125,70
14	129,80	125,30	126,40
14,25	129,90	124,50	127,10
14,5	129,40	126,00	125,80
14,75	128,90	127,10	126,60
15	128,60	129,20	124,00
15,25	128,40	129,70	121,40
15,5	128,30	127,40	125,70
15,75	129,30	127,90	128,50
16	129,90	131,00	126,90
16,25	130,40	129,90	119,40
16,5	129,60	134,30	124,00
16,75	129,10	131,40	123,70
17	128,30	133,40	120,50

				INÍCIO DO RESFRIAMENTO
17,25	114,10	131,80	118,90	
17,5	99,10	124,20	108,60	
17,75	83,70	117,50	101,80	
18	71,40	105,10	93,60	
18,25	63,90	100,50	85,80	
18,5	58,30	93,00	80,20	
18,75	50,60	87,10	73,80	
19	48,30	83,50	71,60	
19,25	48,40	77,90	67,30	
19,5	48,30	74,50	64,40	
19,75	45,10	71,00	62,70	
20	40,70	69,10	60,20	
20,25	40,10	66,20	58,30	
20,5	37,80	64,70	56,60	
20,75	37,70	62,80	55,90	
21	35,90	61,60	54,40	
21,25	34,70	59,90	52,80	
21,5	35,80	58,90	52,20	
21,75	34,10	57,00	51,50	
22	32,50	56,30	50,10	
22,25	34,00	55,00	50,20	
22,5	33,80	52,50	47,90	
22,75	32,50	51,40	47,10	
23	32,90	47,40	47,00	
23,25	33,50	45,50	46,80	

23,5	33,40	45,60	46,00	
23,75	32,40	45,30	44,80	
24	32,60	44,70	44,50	
24,25	32,80	43,40	44,00	
24,5	32,50	42,10	43,40	
24,75	33,90	41,70	42,40	
25	34,00	41,30	42,30	
25,25	32,30	40,00	42,00	
25,5	31,50	39,50	41,80	
25,75	32,00	38,50	41,10	
26	31,30	38,10	40,30	
26,25	32,00	37,60	40,40	
26,5	32,20	37,20	39,80	
26,75	31,80	36,30	39,30	
27	32,10	36,60	38,50	FINAL DO PROCESSO

ANEXO 2. Histórico térmico de fundos de alcachofra processados sob alto vácuo a 128 °C por 210 segundos, convencional em salmoura.

TEMPO (minutos)	TEMPERATURA AUTOCLAVE (°C)	TEMPERATURA CASE 1 (°C)	TEMPERATURA CASE 2 (°C)	
0	96	36,5	41,8	INÍCIO DO PROCESSO
0,25	100,6	38,3	44,8	
0,5	102	39,7	47,2	
0,75	103,6	41,4	50,7	
1	104	43	54,6	
1,25	103,5	44,1	59,3	
1,5	106	45,3	61,6	
1,75	109	47	64,4	
2	111,6	48,5	67,1	
2,25	114,1	50,1	69,1	
2,5	116,7	52	71,9	
2,75	118	54,3	74,8	
3	119,8	57	76,9	
3,25	122	60,2	79,6	
3,5	120,8	62,7	82,7	
3,75	122	64,7	84,8	
4	123,4	67,5	87,4	
4,25	125,2	70,8	90,3	
4,5	126,9	73,8	92,7	
4,75	127,7	78	95,8	
5	127,3	82,2	99,2	
5,25	128,5	87,7	102	FINAL DO COME-UP TIME
5,5	128,2	92,4	104,2	
5,75	127	95,3	106,9	
6	126,7	99,1	108,9	
6,25	127,4	104	112,6	
6,5	129	109	115	
6,75	128,5	113,3	116	
7	127,9	115,4	117,8	
7,25	127,2	118,5	119,2	
7,5	126,8	121	121,4	
7,75	127,4	123,8	123,1	
8	128,1	127	125,6	
8,25	128,9	127,3	127	
8,5	128,7	126,3	127,7	
8,75	127	125,9	126,6	INÍCIO DO RESFRIAMENTO
9	113,2	122,8	125,2	

9,25	92,7	119,1	123,8	
9,5	86,5	116,4	120,7	
9,75	74,8	110,3	116,1	
10	72,3	105,5	111	
10,25	62,5	100,9	106,7	
10,5	60,4	93,2	101,1	
10,75	50,7	88,7	95,4	
11,00	47,3	83,4	91,3	
11,25	45,7	80,6	86,4	
11,5	47,5	74,2	82,1	
11,75	45,1	71,1	79	
12	44,7	67,8	75,5	
12,25	41,2	59,3	72,2	
12,5	39,3	55,7	69,7	
12,75	37	56,6	67,1	
13	37	52,6	63,9	
13,25	36,1	48,5	59,1	FINAL DO PROCESSO

ANEXO 3. Histórico térmico de fundos de alcachofra processados sob alto vácuo a 128 °C por 210 segundos, *solid pack*.

TEMPO (minutos)	TEMPERATURA AUTOCLAVE (°C)	TEMPERATURA CASE 1 (°C)	TEMPERATURA CASE 2 (°C)	
0	27,3	18,4	21,5	INÍCIO DO PROCESSO
0,25	45,4	18,5	21,7	
0,5	51	18,6	22,4	
0,75	55,4	18,7	23,2	
1	62,4	18,8	24	
1,25	66,4	18,9	24,8	
1,5	69,7	18,9	25,8	
1,75	72,7	19	27,5	
2	74,9	19,1	30,7	
2,25	77,8	19,2	33,5	
2,5	79,8	19,3	35,9	
2,75	81,2	19,4	39,2	
3	83	19,6	41,4	
3,25	84	19,7	43,1	
3,5	85,5	20	45,9	
3,75	87	20,3	49,1	
4	87,4	20,5	51,5	
4,25	89,7	20,7	54,2	
4,5	91,8	21	55,2	
4,75	93,5	21,2	56,3	
5	94,7	21,4	57,4	
5,25	95,2	21,6	58,1	
5,5	97,7	21,9	60,4	
5,75	99	23	62,2	
6	101,1	25	63,3	
6,25	101,5	26,7	64,8	
6,5	104	29,5	66,7	
6,75	105,3	32,8	68	
7	106,2	35,3	70,7	
7,25	108	36,1	73	
7,5	110	40,1	72,5	
7,75	111,2	42,2	75,3	
8	113,8	44,7	77,5	
8,25	116,7	47,5	81,6	
8,5	116,3	51,8	84,8	
8,75	120	54,2	87,7	
9	119,5	59,4	92	
9,25	120,5	63,7	95,1	
9,5	121,3	67,7	97,9	

9,75	124	71,9	99	
10	122,2	75,1	101,7	
10,25	124,5	78	103,9	
10,5	124,7	81,1	106,1	
10,75	126,4	83,8	108,5	
11,00	127,4	86,3	110,9	FINAL DO COME-UP TIME
11,25	128,1	90,1	112,7	
11,5	127,5	95,2	114,2	
11,75	129,4	100,2	115,5	
12	129,8	107,4	116,9	
12,25	127,8	112,1	117,4	
12,5	127,4	114,1	118,2	
12,75	127,5	116,8	119,4	
13	127,9	118,1	120,6	
13,25	128,8	120,6	122,2	
13,5	128,8	121,3	123,2	
13,75	128,3	122,2	124,2	
14	127,7	122,7	124,8	
14,25	127,2	122,8	125,1	
14,5	127,2	124,3	125,4	
14,75	128,3	126,3	126	
15	129,3	127,6	127,2	
15,25	128,8	127,4	127,5	
15,5	118,8	125,5	125	INÍCIO DO RESFRIAMENTO
15,75	104,5	121,3	118,1	
16	91,1	114,9	110,6	
16,25	77,3	105,7	100,2	
16,5	72,1	98,1	92,3	
16,75	67,7	92,2	85,9	
17	57,4	85,9	79,2	
17,25	53	80,9	73,4	
17,5	48,9	77,7	69,6	
17,75	46,4	74,2	65,8	
18	44,5	70,1	62	
18,25	44,8	65,5	60	
18,5	40,6	66,1	57,5	
18,75	38,2	64	55,4	
19	41,2	60,8	52,5	
19,25	39	58,2	50,9	
19,5	40,1	57,4	50	
19,75	39,1	58	49,7	
20	39,3	57,6	48,9	
20,25	42,3	56,4	47,8	

20,5	41,5	56,4	46	
20,75	41,4	55,7	45,6	
21	42,4	54,3	45,3	
21,25	37,6	52,8	45	
21,5	35,3	51	44,6	FINAL DO PROCESSO

ANEXO 4. Parecer do comitê de ética em pesquisa



FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html

CEP, 22/09/09.
(Grupo III)

PARECER CEP: Nº 857/2009 (Este nº deve ser citado nas correspondências referente a este projeto)
CAAE: 0674.0.146.000-09

I - IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: “PROCESSAMENTO TÉRMICO DE ALCACHOFRA (CYNARA CARDUNCULUS SCOLYMUS L.) SOB ALTO VÁCUO”.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Elaine Berges da Silva

INSTITUIÇÃO: Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP

APRESENTAÇÃO AO CEP: 11/09/2009

APRESENTAR RELATÓRIO EM: 22/09/10 (O formulário encontra-se no *site* acima)

II - OBJETIVOS

Estudar o processamento térmico de alcachofra sob alto vácuo. Tem como objetivos específicos (a) determinar os coeficientes de transferência de calor e perfil de temperatura no processamento térmico, (b) determinar a letalidade do processo e (c) determinar a textura e características físico químicas e sensoriais da alcachofra processada termicamente pelo processo convencional em salmoura e pelo processo "solid pack".

III - SUMÁRIO

Projeto de doutorado. O projeto tem como objetivo avaliar as etapas do processamento de alcachofra em alto vácuo (solid pack). Serão determinados os perfis de temperatura e pressão para o processamento térmico, além do processo de letalidade deste método. As características sensoriais quanto à aceitação e atitude de compra serão realizadas com cerca de 50 provadores, recrutados entre alunos e funcionários da Unicamp. Serão selecionados indivíduos com mais de 18 anos, sem alergia comprovada à alcachofra ou aos ingredientes utilizados na conserva (ácido ascórbico, sal comum e açúcar), e que assinem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. As amostras serão apresentadas de forma balanceada, com testes realizados em cabines individuais, sob luz branca. As amostras serão avaliadas em escala de 0 a 9 para aparência, odor, textura, sabor e aceitação global. A intenção de compra será avaliada em escala estruturada de cinco pontos.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

Projeto claro, com objetivos e metodologia bem determinados. Existe solicitação de orçamento de agência de fomento à pesquisa (Fapesp), O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é claro, com linguagem adequada. Entretanto, corrigir o item: “Comitê de Ética em Pesquisa em caso de reclamações”.

ANEXO 4 (continuação). Parecer do comitê de ética em pesquisa



FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html

V - PARECER DO CEP

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa, o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, bem como todos os anexos incluídos na pesquisa supracitada.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.

VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

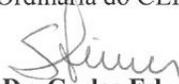
O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e)

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

VII – DATA DA REUNIÃO

Homologado na IX Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 22 de setembro de 2009.


Prof. Dr. Carlos Eduardo Steiner
PRESIDENTE do COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP

ANEXO 5. Termo de consentimento livre e esclarecido para pesquisa com seres humanos.

Você consumidor, está sendo convidado a participar de um estudo intitulado AVALIAÇÃO SENSORIAL DE ALCACHOFRA EM CONSERVA.

O objetivo desta pesquisa é avaliar a aceitação de amostras de conserva de alcachofra processada sob alto vácuo e comparar as características físico-químicas e sensoriais da alcachofra processada termicamente pelo processo convencional em salmoura e processo *solid pack*. Os alimentos processados sob alto vácuo, também conhecidos como *solid pack*, contêm aproximadamente 10% de líquido em relação ao volume da embalagem. O principal benefício desse processo é a melhoria da qualidade sensorial e nutricional do alimento.

Caso você participe desta pesquisa será necessário que você prove amostras de conserva de alcachofra, intercalando uma quantidade de água entre cada amostra. A alcachofra é considerada um alimento de baixa alergenicidade, portanto a equipe deixa claro ao provador que não haverá qualquer risco com a sua participação na pesquisa, a menos que o provador tenha alergia a algum dos ingredientes da conserva (alcachofra, sal de cozinha, vitamina C e cloreto de cálcio), o que deverá ser informado previamente à equipe responsável pela pesquisa.

A pesquisadora Elaine Berges da Silva, o professor Dr. Flávio Luiz Schmidt são os responsáveis pela pesquisa e poderão ser contatados pelos telefones abaixo, conforme consta no padrão Ético e Vigente no Brasil. Elaine – (15) 8124 6537 e (19) 3493 6543 Flávio – (19) 3521 4017 e (19) 9171 6438.

Estão garantidas todas as informações que você queira, antes, durante e depois do estudo. A sua participação neste estudo é voluntária. Você tem a liberdade de recusar-se a participar do estudo, ou se aceitar a participar, pode retirar seu consentimento a qualquer momento.

As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelas autoridades legais, no entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a confidencialidade seja mantida. Todas as despesas necessárias a realização da pesquisa são de responsabilidade dos pesquisadores. Pela sua participação na pesquisa você não receberá qualquer valor em dinheiro.

Até 1 (uma) hora antes do estudo você não deverá ter ingerido alimentos como café, chá, gomas de mascar, balas que possam alterar a sua percepção de cheiro e gosto.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Nome do Consumidor: _____

_____ Data: ___/___/___

Assinatura do Consumidor

_____ Data: ___/___/___

Elaine Berges da Silva

_____ Data: ___/___/___

Flavio Luis Schmidt

Comitê de Ética em Pesquisa em caso de reclamações: (19) 3521-8936

ANEXO 6. Questionário para avaliação do perfil dos julgadores

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE ALCACHOFRA EM CONSERVA

Nome: _____ Data: _____

Sexo: () F () M Idade: _____

Você é alérgico a algum tipo de alimento ou ingrediente alimentício?

() sim () não Se sim, qual tipo de alimento ou ingrediente alimentício?

Você consome conservas vegetais?

() sim () não

Você já consumiu alcachofra?

() sim () não

Se você respondeu SIM, continue o preenchimento do formulário. Se respondeu NÃO pode interromper o preenchimento.

Onde?

() em casa () em restaurante () casa de amigos () em eventos
() outros. Especificar: _____

Coloque em ordem crescente de importância (1 a 5) os atributos que considera na escolha da alcachofra.

() sabor () odor () textura () aparência () tamanho

Com qual frequência você consome a alcachofra?

() menos de 1 vez por ano
() 1 a 2 vezes por ano
() 3 a 4 vezes por ano
() mais de 4 vezes por ano

Como você o consome?

() em saladas () em recheios () em conserva () ao molho () alho e óleo
() outros. Quais?

Como você costuma comprar a alcachofra?

() fundos de alcachofra em conserva
() coração de alcachofra em conserva
() alcachofra *in natura*

Onde você compra?

() feira livre () varejão () hipermercado () no CEASA () outro?

ANEXO 7. Ficha de avaliação sensorial

Nome: _____

Data: ___/___/___

1) Você está recebendo amostras codificadas de alcachofra em conserva. Por favor, avalie as amostras da esquerda para a direita e indique, conforme a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra com relação à APARÊNCIA, ODOR, TEXTURA, SABOR E ACEITAÇÃO GLOBAL.

- 9 – gostei extremamente
- 8 – gostei muito
- 7 – gostei moderadamente
- 6 – gostei ligeiramente
- 5 – nem gostei/ nem desgostei
- 4 – desgostei ligeiramente
- 3 – desgostei moderadamente
- 2 – desgostei muito
- 1 – desgostei extremamente

<i>Número da amostra</i>	<i>Odor</i>	<i>Textura</i>	<i>Sabor</i>	<i>Aceitação Global</i>

Comentários:

2) Por favor, agora indique qual o grau de certeza, conforme a escala abaixo, que você compraria ou não compraria a **CONSERVA DE ALCACHOFRA**:

- 5- certamente compraria
- 4- provavelmente compraria
- 3- tenho dúvidas se compraria ou não compraria
- 2- provavelmente não compraria
- 1- certamente não compraria

Amostra	Nota