



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
ESCOLA DE NUTRIÇÃO  
MESTRADO EM ALIMENTOS, NUTRIÇÃO E SAÚDE.**

**ROSEMARY DA ROCHA FONSECA**

**DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DE  
QUALIDADE DE BATATAS MINIMAMENTE PROCESSADAS  
SUBMETIDAS A TRATAMENTOS COM ÁCIDO CÍTRICO E  
METABISSULFITO DE SÓDIO.**

Salvador

2007

**ROSEMARY DA ROCHA FONSECA**

**DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DE  
QUALIDADE DE BATATAS MINIMAMENTE PROCESSADAS  
SUBMETIDAS A TRATAMENTOS COM ÁCIDO CÍTRICO E  
METABISSULFITO DE SÓDIO.**

Projeto de pesquisa apresentado ao Programa de Pós-graduação em Alimentos, Nutrição e Saúde, Escola de Nutrição, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Alimentos, Nutrição e Saúde. Área de concentração: Segurança Alimentar e Nutricional.

**Orientadora: Profa. Dra. Deusdélia Teixeira de Almeida**

Salvador  
2007

# **Determinação das características físico-químicas e de qualidade de batatas minimamente processadas submetidas a tratamentos com ácido cítrico**

Rosemary da R. Fonseca

Dissertação submetida à Comissão Examinadora composta pelo corpo docente do Programa de Pós-graduação em Alimentos, Nutrição e Saúde da Escola de Nutrição / Universidade Federal da Bahia e por professores convidados de outras instituições, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Nutrição.

Aprovada com distinção:

Profa. \_\_\_\_\_

**Dra. Deusdélia Teixeira de Almeida**

Prof. \_\_\_\_\_

**Dr. Renato Souza Cruz**

Prof. \_\_\_\_\_

**Dra. Mariângela Vieira Lopes**

Orientadora: \_\_\_\_\_

**Dra. Deusdélia Teixeira de Almeida**

Bahia

2007

A todos que amo:

- Minha família amada, que por muitas vezes se sacrificou em prol da realização deste objetivo, em especial à minha mãe, meu marido Edimar e meus filhos lindos Rafa e Pat.
- Meus amigos – inigualáveis. Aos de hoje e de ontem que sempre me acompanham em pensamentos, orações e com palavras de incentivo.

## **AGRADECIMENTOS:**

Primeiramente a Deus, pela vida e perseverança.

A Bahia, pelas oportunidades.

A meu marido por participar ativamente desta fase de minha vida, respeitar minha necessidade de silêncio e concentração e por me amar.

Aos meus filhos pelo entendimento: sobre a ausência em vários momentos importantes; pelas horas que tiveram de calar para que pudesse estudar; e pelas férias não gozadas.

A minha mãe e sua preocupação em alimentar-me, mesmo à distância..

A Délia, orientadora e educadora, por sempre acreditar que era possível, pelos ensinamentos e empenho.

A Jamacy, Marcinha, Puri, Telma e Valéria por existirem não só na minha vida acadêmica e profissional, mas também no meu dia-a-dia.

Ao prof. Dr. Celso Moretti que possibilitou a realização deste estudo em centro avançado de pesquisa e pelo estímulo proporcionado pelos questionamentos.

A Leonora, Dra. e pesquisadora da Embrapa, pela participação ativa nas análises e pela companhia em Brasília.

À Embrapa Hortaliças/DF que possibilitou o acesso e uso de sua infra-estrutura.

A todos os que direta ou indireta, e aqui não foram citados, me auxiliaram, participaram e torceram por mim..... muito obrigada!

*“Será como a árvore plantada junto a ribeiros de águas, a qual dá o seu fruto na estação própria, e cujas folhas não caem. Tudo o que fizer prosperará”.*

Salmos 1:3

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1 – Escala de taxas respiratória de produtos perecíveis.</b>	<b>32</b>
<b>TABELA 2 – Taxa respiratória de tubérculos de batata MP considerando a temperatura de armazenamento e o corte utilizado.</b>	<b>33</b>
<b>TABELA 3 - Taxa respiratória (<math>\text{mg} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}</math>) de vegetais <i>in natura</i> e MP armazenados sob diferentes temperaturas.</b>	<b>33</b>
<b>TABELA 4 - Principais representantes das classes de inibidores do escurecimento enzimático.</b>	<b>42</b>
<b>TABELA 5 - Fórmulas químicas, rendimento teórico de SO<sub>2</sub> e respectivos números de identificação internacional dos agentes sulfitantes.</b>	<b>44</b>
<b>TABELA 6 - Comparativo de alguns estudos realizados no Brasil com utilização de aditivos em diferentes vegetais minimamente processados.</b>	<b>45</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

- FIGURA 1 - Estrutura simplificada da cadeia produtiva de vegetais minimamente processados (traduzido de SILVA *et al.*, 2005). 19**
- FIGURA 2 - Fluxograma do processamento mínimo de produtos vegetais. 23**
- FIGURA 3 - Ação dos agentes redutores sobre os precursores dos pigmentos (quinonas), que dão início ao escurecimento enzimático. 40**
- FIGURA 4 - Fluxo do processamento mínimo de batata adotado na agroindústria estudada. 51**

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**ATT - Acidez Total Titulável**

**IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**

**IE - Índice de escurecimento**

**MP - Minimamente processados**

**PFO - Polifenol oxidase**

**POD - Peroxidase**

**POF - Pesquisas de Orçamentos Familiares**

**SST - Sólidos Solúveis Totais**

**T<sub>1</sub> - tratamento com ácido cítrico (2%) + metabissulfito de sódio (0,01%);**

**T<sub>2</sub> - tratamento com metabissulfito de sódio a 0,01%;**

**T<sub>3</sub> - tratamento com ácido cítrico a 2%;**

**T<sub>4</sub> - controle (amostra sanitizada 150 ppm de cloro ativo).**

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
2.1	Vegetais minimamente processados: aspectos gerais.....	15
2.2	Características .....	21
2.3	Batata.....	23
	2.3.1 Características: cultivar e composição. ....	25
	2.3.2 Influência do processamento mínimo sobre o metabolismo respiratório, evolução do etileno, temperatura e ação enzimática.....	29
	a) Respiração e temperatura.....	30
	b) Composição atmosférica .....	34
	c) Ação enzimática.....	37
	Escurecimento enzimático.....	38
	2.3.3 Atributos de textura e cor .....	45
3.	OBJETIVOS .....	49
2.4	Geral.....	49
2.5	Específicos:.....	49
4.	MATERIAL E MÉTODOS .....	50
	4.1 Instalação e condução do experimento.....	50
	4.2 Pré-tratamento da amostra. ....	50
	4.3 Tratamentos e controle .....	52
	4.4 Análises físico-químicas .....	53
	Sólidos Solúveis Totais (SST) .....	54
	Acidez Total Titulável (ATT).....	54
	pH.....	55
	Textura.....	55
	Cor.....	55
	4.5 Delineamento e Análise Estatística.....	56
5.	CRONOGRAMA EXECUTADO.....	58
6.	LITERATURA CITADA.....	59

ARTIGO 1 - PERFIL DO MERCADO DE VEGETAIS MINIMAMENTE PROCESSADOS NO ESTADO DA BAHIA: UM ESTUDO DE CASO.....	68
---	----

RESUMO.....	69
ABSTRACT.....	70
1. INTRODUÇÃO.....	71
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	75
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	76
4.....	76
5. CONCLUSÕES.....	81
6. LITERATURA CITADA.....	81

**ARTIGO 2 - DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DE QUALIDADE DE BATATAS MINIMAMENTE PROCESSADAS SUBMETIDAS A TRATAMENTOS COM ÁCIDO CÍTRICO E METABISSULFITO DE SÓDIO. .... 86**

<b>RESUMO.....</b>	<b>86</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>87</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>87</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>90</b>
2.1 Material vegetal .....	90
2.2 Processamento mínimo.....	91
2.3 Análises químicas:.....	92
2.4 Análises físicas .....	92
2.5 Delineamento estatístico .....	93
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>93</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>100</b>
<b>5. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>100</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A produção agrícola do Brasil apresenta faces distintas. Por um lado, tem-se um volume de produção crescente em áreas cada vez menores devido às novas técnicas e tecnologias que são colocadas à disposição dos produtores e, por outro, as perdas resultantes da colheita até o consumo. Figuram entre os principais responsáveis por esse processo as técnicas inadequadas no manuseio, transporte e armazenamento desde o campo até o consumidor final. Acrescente-se a esses fatores, as características próprias dos produtos de origem vegetal como: elevado teor de água, composição nutricional que permite o desenvolvimento de microorganismos deteriorantes, a textura diferenciada com alta sensibilidade (a injúrias, à temperatura e ao transporte) além de possuírem sistemas complexos de respostas a muitos desses fatores como: o escurecimento enzimático, alteração de peso, cor, aroma e turgor entre outros. Todos esses fatores em conjunto ou isoladamente contribuem para o aumento da sensibilidade dos produtos olerícolas (EMBRAPA, 2003; CHITARRA, 2001).

De acordo com Chitarra (2001), a busca por uma tecnologia que objetivasse a redução das perdas e melhor utilização da colheita potencializou o aparecimento do *Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças*, proporcionando também um maior desenvolvimento da agroindústria no país. Surge, assim, um novo segmento da agroindústria que vem aos poucos conquistando o consumidor de forma crescente e consistente e que promete contribuir com a redução dos desperdícios, aliado a maior praticidade e economia de tempo no preparo dos alimentos. Outrossim, proporciona

ao consumidor o acesso a um produto muito parecido com o fresco e, ao mesmo tempo, com garantia de segurança desde que seja mantida a boa qualidade nutricional, sanitária e sensorial (SANCHES, 2002).

O processamento mínimo de vegetais inclui as operações de limpeza, higienização, seleção, descascamento, corte, embalagem e armazenamento. Tal processo interfere nos fatores físicos, químicos e biológicos responsáveis pela deterioração dos mesmos, sendo por isso, considerados mais perecíveis que os produtos *in natura* devido ao estresse fisiológico e ao processo a que são submetidos, apresentando vida de prateleira mais curta (SALVEIT, 2004; GONZALEZ e LOBO, 2005). Assim, a realização de pesquisas no âmbito da descoberta do comportamento dos vegetais submetidos a esse processo vem tomando corpo durante os últimos 20 anos. Muitos desses estudos centraram-se nas questões microbiológicas como os de Brackett (1989); Nguyenthe e Carlin (1994) e Vitti (2003). Atualmente a preocupação dos pesquisadores (MORETTI *et al.*, 2002; ROCHA *et al.*, 2003; PINELLI *et al.*, 2005a,b; CARNELOSSI *et al.*, 2005) tem-se voltado para a investigação das respostas fisiológicas dos vegetais a um determinado fluxo ou característica como a utilização de atmosfera modificada; uso de aditivos e suas influências sobre variáveis como a taxa respiratória, produção de etileno, alteração da cor, escurecimento enzimático; tempo de vida de prateleira, entre outros.

A inquietação e busca por respostas sobre o comportamento dos vegetais submetidos a esse processo em uma agroindústria localizado no Estado da Bahia, suscitou esta pesquisa, uma vez que, o uso dessa nova tecnologia provoca alterações

nos alimentos, as quais não estão totalmente elucidadas. Assim, estudos referentes à influência de tratamentos com aditivos, associados à refrigeração e embalagem a vácuo, nos parâmetros físico-químicos e vida de prateleira de tubérculos de batatas minimamente processados são importantes na medida em que podem interferir na manutenção da qualidade nutricional, dietética e microbiológica.

Este projeto teve como foco investigar o comportamento de batatas minimamente processadas, submetidas a três tratamentos com aditivos, observando as respostas através dos parâmetros físico-químicos: pH, sólidos solúveis, acidez total, cor e textura correlacionando-os ao tempo de armazenamento, buscando conhecer e identificar a qualidade e segurança desse produto. Ademais, o conhecimento do comportamento desse produto frente à tecnologia do processamento mínimo, pode garantir à indústria de alimentos o controle das etapas de processamento, e ao consumidor intermediário ou final a garantia de um produto com características semelhantes ao produto *in natura*, agregado à segurança alimentar.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Vegetais minimamente processados: aspectos gerais.**

Atualmente o consumidor é o foco principal do agro-negócio alimentar. Acompanhar as mudanças do mercado e o comportamento alimentar da população é de fundamental importância para os produtores que pretendem atender as diferentes demandas de mercado, conforme suas necessidades (Silva *et al.*, 2005). Garcia (2003) ressaltou que:

“em decorrências das novas demandas geradas pelo modo de vida urbano, ao comensal é imposta a necessidade de reequacionar sua vida segundo as condições das quais dispõe, como tempo, recursos financeiros [...]. As soluções são capitalizadas pela indústria e comércio, apresentando alternativas adaptadas às condições urbanas e delineando novas modalidades no modo de comer, o que certamente contribui para mudanças no consumo alimentar”.

Assim a busca pela “opção por facilidades que poupam tempo de preparo e diminuem a frequência das compras é característica do comensal urbano contemporâneo”. Para enfrentar essa realidade, o mercado de frutas e hortaliças necessita estar atento para atender todos os tipos de consumidores (SILVA *et al.*, 2005).

Análises de consumo envolvendo dois levantamentos de grande abrangência nacional (Estudo Nacional de Despesas Familiares – ENDEF/1974–75 e

Pesquisas de Orçamentos Familiares - POF/ 1995 - 96) revelaram quedas nos índices de consumo *per capita* de hortaliças, alcançando a proporção de 29,4% (JUNQUEIRA e PETZ, 2001 *apud* SANCHES, 2002), mantendo-se com tendência de queda, na participação da dieta dos brasileiros as raízes e tubérculos (- 30%) e a participação de frutas e verduras e legumes permaneceu relativamente constante (entre 3% e 4%) na dieta, porém, bastante aquém, da recomendação de 6 a 7% das calorias totais para a ingestão deste grupo de alimentos (LEVY-COSTA *et al*, 2005). Esta constatação alcança vários aspectos preocupantes, especialmente do ponto de vista da saúde pública, na medida em que frutas e hortaliças representam uma das mais importantes respostas aos desafios alimentares contemporâneos. Entre esses desafios, há o predomínio da busca por uma dieta menos concentrada em gorduras, carboidratos simples e mais rica em fibras (JUNQUEIRA e PETZ, 2001 *apud* SANCHES, 2002).

Martin-Belloso e Rojas-Graü (2005) reconhecem que a introdução dos produtos minimamente processados (MP) no mercado pode ser uma forma de incremento nesse consumo, devido a sua apresentação atrativa, aparência e sabor. Pilon (2003) considerou o consumo dos produtos MP como uma das alternativas para o excedente da produção de vegetais, bem como para a racionalização do desperdício de gêneros, otimização do tempo na elaboração das refeições e racionalização de espaço nas áreas de produção de alimentação coletiva.

Para Calderón (2006) os atributos mais importantes dos MP são a conveniência e a qualidade que oferecem, seguidos do valor nutricional, sabor e

segurança de consumo (inocuidade). E estas podem, então, ser consideradas como as principais características desse tipo de produto e tecnologia.

Tais produtos constituem um segmento da indústria de horticultura que vem obtendo uma crescente participação no mercado brasileiro há aproximadamente 20 anos com evolução significativa no incremento de vendas. Isso se deve em parte ao aumento do interesse das empresas de refeições rápidas (*fast foods*), cozinhas industriais e institucionais, empresas de catering (refeições para empresas aéreas e portuárias) e, também, em nível doméstico (EMBRAPA, 2003).

Chitarra (2001) relatou que a indústria mundial de minimamente processados vem apresentando um aumento de 10% ao ano desde 1995 e que o total de vendas estava estimado em 100 bilhões de dólares. O autor apontou vários fatores como responsáveis pelo aumento na demanda por esses produtos: mudança dos hábitos alimentares da população, participação cada vez maior da mulher no mercado de trabalho, aumento do número de estabelecimentos de fornecimento de refeições, necessidade de alimentar-se fora do lar, além da busca por praticidade e ainda pela competitividade que o valor agregado do produto propicia.

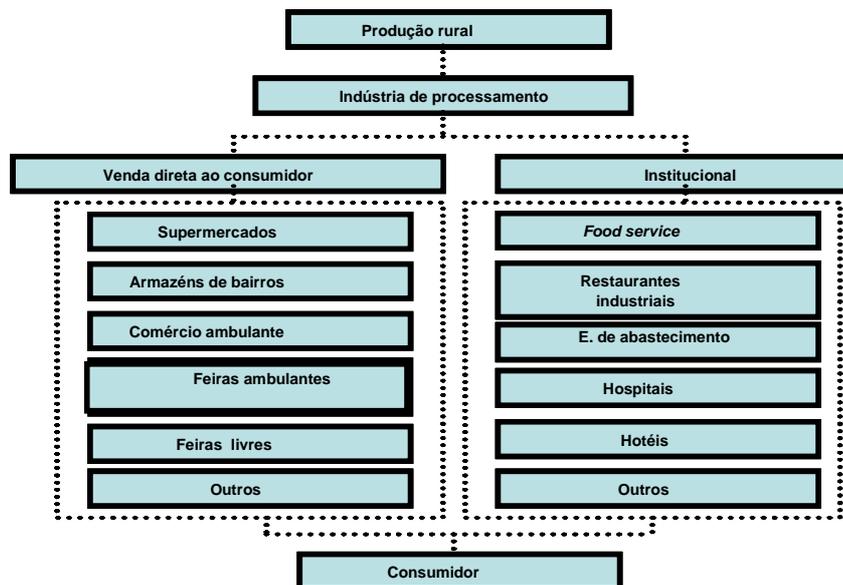
Uma pesquisa brasileira realizada no ano de 2000 mostrou que 08 empresas de MP disputavam um mercado de R\$ 100 milhões por ano e para Ferreira (2000) *apud* Sanches (2002), o mercado brasileiro de *Fresh cuts* poderá crescer até 100 vezes na primeira década do século XXI.

Somente nos Estados Unidos, houve um aumento em torno de 25% nas vendas em relação a 2003, alcançando valores em torno de 12 bilhões de dólares, indicando o setor como o de maior expansão dentro do setor de frutas e hortaliças, e na Europa, o mercado está em expansão, principalmente no Reino Unido, França e Itália, o que demonstra o potencial desse segmento (NICOLA *et al*, 2006).

Vários autores (FONSECA e ALMEIDA, 2005; SILVA *et al.*, 2005; CALDERÓN, 2006; LOBO e GONZÁLEZ, 2006) ressaltaram que o crescimento desse segmento, é resultado, principalmente da demanda dos consumidores intermediários, seguido dos consumidores domésticos, fato que pode ser atribuído às características anteriormente citadas, principalmente à praticidade e economia de escala que proporcionam. Silva *et al* (2005) apresentaram uma estrutura simplificada da cadeia produtiva dos vegetais MP, de acordo com os principais demandantes desses produtos (Figura 1) que pode ser considerada como comum à maioria dos países que utilizam essa tecnologia.

Na Espanha, verificou-se que a produção de vegetais MP está voltada principalmente para a alface (60%), seguida de misturas de alface com outras hortaliças (17%) (SANCHES, 2002), e 2% para os vegetais denominados mini (cenouras, rabanetes, tomate cereja...) (LOBO e GONZÁLEZ, 2006).

Silva (2006) verificou que os produtos comercializados no México, tanto no mercado interno quanto no de exportação, referiam-se principalmente à alface e misturas de saladas nas quais, a alface é o principal ingrediente.



**FIGURA 1** - Estrutura simplificada da cadeia produtiva de vegetais minimamente processados (traduzido de SILVA *et al.*, 2005).

Fonseca e Almeida (2005) verificaram que o volume de produção de hortaliças MP na Bahia no período de abril/04 a maio/05 foi de 1.074t, com incremento de 54,05% na produção total anual no período. Dos 49 produtos processados na agroindústria, 07 foram responsáveis por 60,5 % do total da produção no período, sendo a batata, cenoura e o tomate os destaques.

Fares e Nantes (2001) destacaram dentre as dificuldades para o desenvolvimento deste mercado a ausência de legislação específica e fiscalização, entre outras. Contudo, embora não haja legislação sanitária específica para a atividade, a nível nacional, algumas portarias e regulamentos possibilitam a fiscalização por parte dos órgãos competentes sobre as agroindústrias, com vistas a assegurar qualidade, controle e inocuidade ao produto MP, como por exemplo, a

Portaria MS nº 1428 de 26/11/93, a Portaria SVS/MS nº 326 de 30/07/97 e a RDC nº. 218 de 29/07/05.

A fiscalização sanitária de vegetais MP objetiva garantir a inocuidade dos produtos, porém, é necessário entender que vários aspectos relacionados a mesma antecedem o processamento mínimo. Para Martinez-Téllez *et al* (2005) a inocuidade de frutas e hortaliças frescas deve ser um compromisso dos produtores, distribuidores, comerciantes e consumidores, sendo responsabilidade dos governos criarem e supervisionarem as normativas que assegurem seu cumprimento.

Gelli (2006) ressaltou que a segurança de alimentos é uma preocupação no nível nacional e internacional e uma exigência de mercado. Essas exigências se justificam por considerar os dados de doenças de origem alimentar pelo consumo de frutas e hortaliças e pela identificação de perigos.

Considerando o controle higiênico-sanitário dos alimentos, a regulação nacional e internacional disposta no Código Internacional de Recomendações Práticas – Princípios Gerais de Higiene de Alimentos, elaborado pela comissão do *Codex Alimentarius* constitui-se uma base para garantir um controle eficaz da inocuidade dos alimentos ao longo de toda cadeia alimentar, as quais ressaltam a necessidade dos controles essenciais de higiene em cada etapa mediante a incorporação das Boas Práticas de Manipulação e aprovam as diretrizes para aplicação do sistema APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) com a finalidade de otimizar a inocuidade alimentar (MARTINEZ-TÉLLEZ *et al.*, 2005), na manipulação e

processamento de alimentos, as quais abrangem então, os minimamente processados.

## **2.2 Características**

Vegetais MP são denominados alimentos de 4ª Geração, ou seja, aqueles processados para aumentar sua funcionalidade, sem perder de forma considerável suas propriedades originais (SALUNKHE e DESAI, 1991 *apud* MARTIN-BELLOSO e ROJAS-GRAÜ, 2005). Silva *et al* (2005) definiram o produto MP como qualquer fruto ou hortaliça, ou combinação de ambos, que haviam sido fisicamente alterado, permanecendo, porém, em seu estado *in natura*, que contém tecidos vivos ou aqueles que sofreram leves modificações de suas condições originais. O processamento mínimo é então, a transformação *in natura* de partes vegetais, que sofrem um mínimo de operações de processamento.

O processamento mínimo envolve distintas operações unitárias como por exemplo: seleção e classificação da matéria-prima, pré-lavagem, corte, fatiamento, sanitização, enxágüe, centrifugação e embalagem visando obter-se um produto fresco e saudável e que, na maioria das vezes não necessita de preparo para ser consumido (Figura 2) (EMBRAPA, 2003; GONZALEZ e LOBO, 2005).

Além de apresentarem características similares aos produtos frescos (*fresh-like*) (WATADA e Qi, 1999 *apud* LOBO e GONZÁLEZ, 2006) tais produtos utilizam métodos combinados na conservação como controle de atmosfera, refrigeração, uso

de inibidores enzimáticos entre outros, a depender do produto e processo (CÁNOVAS *et al*, 2003), podendo ser utilizado tanto para hortaliças quanto para as frutas e cereais que se adequem ao processamento, ressaltando que não é utilizado nenhum processo térmico no fluxo produtivo desses produtos.

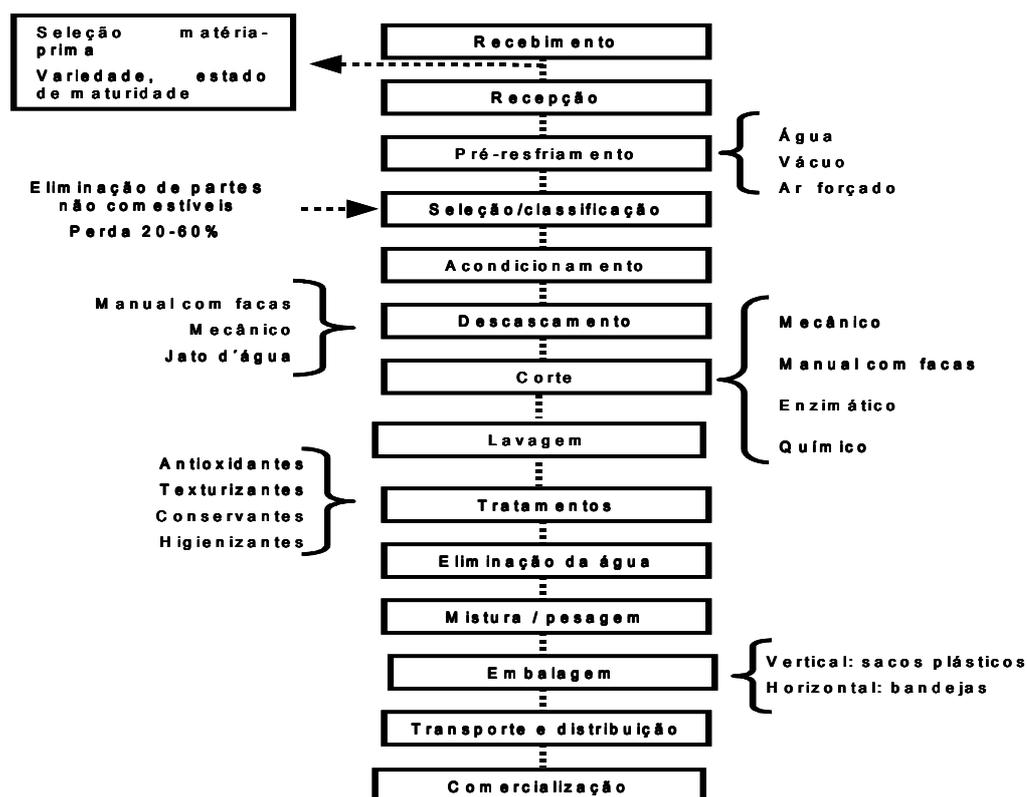
Os tecidos de hortaliças e frutas submetidos ao processamento mínimo não apresentam as mesmas respostas fisiológicas que o produto não tratado e inteiro, com diferentes respostas ao meio ambiente e às condições de embalagem, tornando-se mais perecíveis quando comparados ao produto *in natura*. O estresse fisiológico, injúria, respiração, manipulação e temperatura de armazenamento são os principais responsáveis pela diminuição da vida útil desses vegetais.

A seguir tem-se descrito as principais alterações encontradas em vegetais MP:

- Perda da integridade celular;
- Suberização da parede celular;
- Descompartimentização de enzimas e substratos;
- Aumento da taxa respiratória;
- Aumento da evolução do etileno;
- Aumento da atividade de compostos fenólicos solúveis e totais;
- Aumento da atividade enzimática (Fenilalanina amônio-liase (PAL), Peroxidase (POD), Catalase (CAT) e Polifenoloxidase (PFO) (PORTE e MAIA, 2001; CHITARRA, 2001; CARNELOSSI *et al*, 2005).

Nesta pesquisa, destacou-se as alterações ocasionadas pelo processamento mínimo em vegetais, como o metabolismo respiratório, perdas de

nutriente, atuação e importância das enzimas e as principais tecnologias/mecanismos utilizadas para minimizar os efeitos do processamento mínimo, com destaque para os impactos em tubérculos de batata.



**FIGURA 2** - Fluxograma do processamento mínimo de produtos vegetais.  
**Fonte:** Adaptado de Gonzalez & Lobo (2005).

## 2.3 Batata

A batata (*Solanum tuberosum* L .spp. *tuberosum*; família *Solanaceae*), em ordem de importância econômica mundial é a quarta cultura agrícola, sendo plantada em pelo menos 125 países e consumida por mais de um bilhão de pessoas em todo o

mundo (FREIRE, 1998 *apud* PASTORINI *et al*, 2003), ocupando segundo lugar na produtividade nacional com produção anual estimada de 2.892 mil/toneladas em 2004 e disponibilidade de 15,81 kg/hab/ano, somente superada pelo tomate, de acordo com dados da FAO-FAOSTAT e IBGE (2005).

De acordo com a classificação da ANVISA disposta na Resolução CNNPA nº 12/78, raízes, tubérculos e rizomas são as partes subterrâneas desenvolvidas de determinadas plantas, utilizadas como alimento. A batata é classificada como tubérculo podendo desenvolver-se em uma ampla variedade de solos e climas e como conseqüência tem sido um dos principais alimentos produzidos em muitas partes do mundo (HADDADIN *et al*, 2001). Aprecia clima frio (15 a 19° C) e ameno (20 a 25° C) e em particular no Brasil, as regiões norte e nordeste não são propícias para seu plantio devido suas condições climáticas (EMBRAPA, 2005).

Conforme já descrito, estudos comparativos de consumo alimentar da população brasileira nas últimas três décadas sinalizam um importante decréscimo no consumo de vegetais. Conforme a Pesquisa de Orçamento Familiar - POF 2002/2003 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) o *per capita* anual/kg da aquisição de hortaliças *in natura* na Bahia no período foi de 24,142 kg, sendo a batata o produto que ocupou o terceiro lugar na aquisição pelos consumidores pesquisados, apontando este tubérculo como componente habitual dos hábitos alimentares regionais.

Ao estudar a preferência por hortaliças consumidas no domicílio e na escola por alunos, Sanches e Silva (2005) verificaram que no âmbito da escola, as três hortaliças preferidas foram cenoura (31,4%) seguida da batata (28,6%) e tomate (10,5%). De acordo com Fonseca e Almeida (2005), o volume de produção anual da batata MP comercializada no Estado da Bahia no período de maio/2004 a abril/2005, foi de 137,2 t, que representou 12,77% do volume total anual da produção de minimamente processados, destacando-se como o principal produto comercializado dentre os 49 que eram produzidos na agroindústria estudada.

### **2.3.1 Características: cultivar e composição.**

Existem várias cultivares e genótipos de batata em todo o mundo. No Brasil existiam 113 cultivares registradas no Serviço Nacional de Proteção à Cultivares (SNPC) do Ministério da Agricultura até janeiro de 2006, verificando-se um aumento no número de cultivares em torno de 88% em relação ao número registrado em 2001. Melo, (1999) citado por Pastorini *et al*, 2003, afirmou que as principais cultivares plantadas no Brasil eram a *Achat*, *Atlantic*, *Asterix*, *Baronesa*, *Bintje* e *Monalisa*. Avaliando-se alguns estudos quanto ao tipo de cultivar utilizada destacaram-se: Pérola, Atlantic e Eliza (CHAPPER *et al.*, 2004; PASTORINI *et al.*, 2003).

Feltran (2002) apontou as cultivares *Bintje*, *Monalisa*, *Jatte Bintje*, *Mondial*, *Atlanta* e *Ágata* como as mais plantadas no Brasil e que derivam de países de clima temperado. Esse mesmo autor realizou uma revisão de literatura sobre os mais

diversos trabalhos relacionados à produtividade nacional de diferentes cultivares no Brasil.

A grande participação do tubérculo da dieta humana decorre de sua disponibilidade e excepcionais características nutricionais (MACHADO e TOLEDO, 2004) e de acordo com Nourian *et al* (2003). A composição varia de acordo com a cultivar, solo, estação do ano, irrigação (FELTRAN, 2002), às condições do processamento e estocagem a que são submetidas.

De acordo com Finotti *et al.*, (2006) e Haddadin *et al.*, (2001) os mais importantes nutrientes presentes em batatas são os carboidratos como o amido e açúcares livres, ácidos orgânicos, ácido ascórbico e fenóis antioxidantes como o ácido clorogênico e seus polímeros.

Feltran *et al* (2004), verificou que há influência da cultivar nas características tecnológicas do tubérculo como: peso específico, teor de matéria seca, textura, teor de amido, açúcares redutores, pH, acidez titulável e teor de sólidos solúveis. Estas diferenças são importantes na finalidade a que se destinam: como cultivares próprias para o consumo “*in natura*” ou para o processamento industrial.

Em estudos para verificar a influência da composição química na textura de batatas, Kita (2002) demonstrou que o conteúdo de matéria seca dos tubérculos analisados estava entre 19.92 – 23.28%, enquanto o teor de amido estabeleceu-se entre 15.2 – 18.4%. O percentual de matéria seca em batata frita tipo ondulado ficou

em 20 – 25% e o amido encontrado foi maior que 15%. Similarmente, o conteúdo de açúcares totais mostrou-se menor que 0.23% e açúcares redutores menor que 0.12%; o teor de açúcares é afetado pelo tempo de armazenamento e temperatura. .A quantidade de compostos nitrogenados, especialmente proteína nitrogenada, que não são sujeitos a normas limites, mas que podem influenciar na qualidade da batata processada, encontrou-se em cerca de 0.136 a 0.180% de proteína nitrogenada.

Os principais compostos fenólicos encontrados em tubérculos de batata são ácido clorogênico, ácido cafeíco, catecol, DOPA, *p*-cresol, ácido propiônico *p*-hidroxifenol, ácido pirúvico *p*-hidroxifenol e *m*-cresol e estes servem de substratos para a PFO desencadear o escurecimento enzimático (MARSHALL, *et al.*, 2000).

O pH de tubérculos de batata é variável em função da maturação e de sua localização dentro do tubérculo. Com a maturidade do vegetal ocorre o aumento do pH (FELTRAN, 2002). A acidez total quantifica os ácidos orgânicos presente nos alimentos, os quais influenciam o sabor, odor, cor, a estabilidade e a manutenção da qualidade. Em tubérculos de batata tem sido encontrado os: ácido cítrico, isocítrico, ascórbico, láctico, málico, tartárico, succínico, oxálico, hidromalônico, aconítico, fítico, alfa-cetoglutárico, quínico, caféico e clorogênico. Dentre estes, os principais e presentes em maior proporção são os ácidos: cítrico, málico e oxálico. De modo geral, há uma tendência de diminuição nos teores dos ácidos orgânicos em função do processo respiratório e/ou devido à conversão em açúcares (FELTRAN, *et al.*, 2002, MARSHALL *et al.*, 2000).

O conteúdo de vitamina C decresce, como na maioria dos tecidos vegetais processados durante o período de conservação. Outrossim, a associação de atmosferas adequadas, baixas temperaturas, pH ácido podem exercer papel protetor frente à degradação (CANO *et al.*, 2005). Porém, Tudela *et al.*, (2002) verificaram que batatas MP podem reter o conteúdo inicial de vitamina C por até 06 dias a depender o tratamento.

Aguila (2004) verificou que os teores de ácido ascórbico presente em rabanete diminuem com a intensidade do processamento mínimo, o aumento na temperatura de armazenamento e o tempo, com reduções de até 86,6% do teor inicial. De acordo com Davey *et al.*, (2000) *apud* PINELLI *et al.*, (2005b), batatas apresentam teores de vitamina C que variam entre 100 e 300 mg kg<sup>-1</sup> MF, os quais são afetados de acordo com a cultivar, as práticas agrícolas, colheita e condições de armazenamento.

Os mesmos autores encontraram teores de 220,9 mg kg<sup>-1</sup> de vitamina C em tubérculos intactos de batata, cultivar “ágata”. Porém, batatas tratadas com antioxidantes apresentaram valores maiores após o processamento mínimo dos tubérculos, com incremento nesse valor de até 165% no primeiro dia de tratamento com 3% de ácido cítrico + 5% ácido eritrórbico + 10% CO<sub>2</sub> / 2% O<sub>2</sub>. Assim o teor de vitamina C em batatas MP é resultante de processos biossintéticos e degradativos que ocorrem simultaneamente (PINELLI *et al.*, 2005).

### **2.3.2 Influência do processamento mínimo sobre o metabolismo respiratório, evolução do etileno, temperatura e ação enzimática.**

A qualidade nutricional e sensorial de frutas e hortaliças MP, quer sejam inteiras ou cortadas, dependem de fatores extrínsecos e intrínsecos dos alimentos (cultivar, práticas agrícolas, clima, maturidade, método de colheita, processamento e conservação). E mesmo dentro das etapas de processamento, há influências a depender do tipo e/ou método utilizado no descascamento, corte, higienização, centrifugação, embalagem e temperatura que permeia o processo produtivo até a distribuição (CANO *et al.*, 2005).

O descascamento, corte e higienização são etapas que podem favorecer a perda de nutrientes e compostos fitoquímicos devido a lixiviação, ou solubilidade na água ou também por eliminação de partes de vegetais (CANO *et al.*, 2005; MARTIN-BELLOSO e ROJAS-GRAÜ, 2005).

Em consequência do processo, o produto mudará de relativamente estável (com uma vida útil de diversas semanas ou meses) a um perecível com uma vida útil muito curta (podendo durar de 1-3 dias em temperaturas frias). O produto MP deteriora-se em função de mudanças fisiológicas, microbiológicas e espoliação química que pode resultar na degradação da cor, textura e sabor (AHVENAINEN, 1996).

### **a) Respiração e temperatura**

O metabolismo respiratório consiste na oxidação de açúcares e ácidos orgânicos para obtenção de energia, que produz como resíduos o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água. A energia e moléculas orgânicas produzidas durante a respiração são utilizadas por outros processos metabólicos para a manutenção da saúde dos produtos (SALTVEIT, 2004).

Aumentos da taxa respiratória e da evolução do etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) são efeitos fisiológicos e bioquímicos que podem ser estimulados pelo processamento mínimo (Watada *et al*, 1990 *apud* Silva *et al*, 2005). A descompartimentalização celular permite contato entre o sistema gerador de etileno, com incremento na sua síntese e na atividade da ACC sintase, que culmina no acúmulo do ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC), precursor do etileno, o qual em presença de O<sub>2</sub> pode ser rapidamente oxidado a C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, em reação catalisada pela ACC oxidase. O etileno produzido acelera a degradação de outras membranas celulares, desorganizando e destruindo o tecido (WATADA *et al*, 1990 e BRECHT, 1995 *apud* SILVA *et al.*, 2005). Tubérculos de batata produzem níveis muito baixos de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (< 0.1 µL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a 20°), porém, o cortes e lesões aumentam extremamente suas taxas da produção (VOSS, 2004).

De acordo com Chitarra (2001), a respiração varia também em função da amostra, dos cultivares, do estágio de maturação, espessura do corte e das concentrações de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. A taxa respiratória dos alimentos MP é aumentada de 3 a 7 vezes, em relação ao tecido intacto, o que se traduz em rápido consumo de

oxigênio dentro da embalagem de armazenamento (VAROQUAUX e WILEY, 1997 *apud* PORTE e MAIA, 2001). Em decorrência da elevação da atividade respiratória, há decréscimo nas reservas energéticas dos tecidos, refletindo nas perdas das características de sabor e textura do produto. Também há aumento da perda de água dos tecidos por evaporação e que juntamente com a exsudação, promove a dessecação superficial dos mesmos (CHITARRA, 2001).

A relação superfície/volume de hortaliças MP é maior do que quando inteiras, o que facilita ainda mais a perda de água de seus tecidos. E como a maioria possui entre 80 a 90% de água e a umidade relativa dos espaços intracelulares é muito próxima de 100%, a tendência é quase sempre de o vapor d'água escapar desses espaços, através do processo de transpiração (SIGRIST, 2002), aumentando drasticamente a taxa de evaporação (SILVA *et al.*, 2005), conseqüentemente, maiores serão as perdas de qualidade dos produtos. Rocha *et al.* (2003) verificaram perdas de massa em batatas MP, em cerca de 3%, após 07 dias de estocagem, o que foi considerado baixo, sendo atribuído ao uso de embalagem à vácuo.

Esse aumento na taxa de evaporação eleva a perda de água de 10 a 100 vezes (BRECHT, 1995 *apud* SILVA *et al.*, 2005) acarretando perda de massa e de valor nutricional, com desenvolvimento de aparência indesejável devido ao murchamento (SILVA *et al.*, 2005). Em geral, a vida útil das frutas e hortaliças varia inversamente com a taxa respiratória, devido à relação entre a respiração e processos metabólicos com os parâmetros de qualidade como a firmeza, teor de açúcar, aroma, flavor, etc (BARTH *et al.*, 2004).

Vegetais e cultivares com altas taxas de respiração têm menor tempo de estocagem do que os com menor taxa respiratória (Tabela 1), incluindo-se nestes os tubérculos de batata.

**TABELA 1** – Escala de taxas respiratória de produtos perecíveis.

<i>Classificação</i>	<i>Limite a 5°C (mg CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>)</i>	<i>Produto</i>
Baixa	5 a 10	Maçã, laranja, kiwi, batata, uva, cebola.
Moderada	10 a 20	Abriçó, banana, cherry, nectarina, pêra, cenoura, alface, tomate, pimenta, ameixa, repolho, pêssego
Alta	20 a 40	Amora, couve-flor, feijão, abacate.
Muito alta	40 a 60	Alcachofra, feijão snap, couve de Bruxelas, flores cortadas.
Extremamente alta	>60	Aspargos, brócolis, cogumelos, ervilha, espinafre, milho doce.

Fonte: Saltveit (2004).

Carnelossi *et al.* (2005) estudaram a taxa respiratória e produção de etileno em folhas intactas e MP de couve (*Brassica oleracea* L.); Moretti *et al.*, (2002) e Aguila, (2004) avaliaram a taxa respiratória em batatas doce e rabanetes MP, respectivamente, e todos verificaram incrementos nas variáveis logo após o processamento, com influência dos cortes em todas as pesquisas.

As tabelas 2 e 3 apresentam o comportamento da taxa respiratória de batatas e outros produtos MP, respectivamente, considerando a variação da temperatura e de cortes, onde se percebe a susceptibilidade à temperatura e ao fracionamento, concordando com as informações de Saltveit, (2004) e Chitarra, (2001) de que a respiração é afetada por uma variedade de fatores ambientais durante o plantio e crescimento (a luz; estresse químico, radiativo e hídrico; reguladores de crescimento; e ataques de patógenos) e na pós-colheita (temperatura; composição atmosférica; estresse físico).

A temperatura apresenta um efeito profundo nas taxas das reações biológicas como o metabolismo e a respiração. No final do século XIX, Van't Hoff verificou que a velocidade das reações biológicas aumenta 2 a 3 vezes para cada 10°C de aumento de temperatura (SALTVEIT, 2004).

**TABELA 2** – Taxa respiratória de tubérculos de batata MP considerando a temperatura de armazenamento e o corte utilizado.

Temperatura °C	Cortes ( mg.CO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )			
	Descascada inteira	Cortadas ao meio	Fatias	Palito
2	6,0 a 8,0	8,0	10,0 a 12,0	12,2
5	7,8	7,8 a 9,8	11,7 a 15,6	-
10	17,1 a 19,0	21 a 22,8	38,0	-
23	54 a 63	81	-	117 a 126

Fonte: Traduzida de Barth *et al* (2004).

**TABELA 3** - Taxa respiratória (mg.CO<sub>2</sub>.Kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>) de vegetais *in natura* e MP armazenados sob diferentes temperaturas.

Produto	Tipo	Temperatura			
		0°C	5°C	10°C	20°C
Vagem	Inteira	13,0	29,0	52,0	131,0
	Processamento	14,0	29,0	78,0	156,0
	% de mudança	7,7	0,0	50,0	19,1
Pepino	Inteiro	2,7	4,3	6,6	15,0
	Processamento	3,4	5,4	9,7	45,0
	% de mudança	24,9	25,6	47,0	200,0
Tomate	Inteiro	1,6	2,3	4,7	20,2
	Processamento	1,4	3,0	10,0	35,0
	% de mudança	-12,5	30,4	112,8	73,3
Abóbora	Inteira	5,7	9,4	13,0	33,8
	Processamento	6,5	12,3	17,7	72,2
	% de mudança	14,0	30,9	36,2	128,4

Fonte: Chitarra (2001).

A temperatura de armazenamento dos tubérculos de batata depende do uso desejado. A taxa respiratória de batatas é baixa a 2 - 3°C. O armazenamento entre 0 a 2°C aumenta o risco de injúria pelo frio em tubérculos intactos, devendo ser armazenados entre 7 a 10°C para minimizar a conversão de açúcares não-redutores

como o amido em açúcares redutores como a glicose, que os tornam mais susceptíveis ao escurecimento durante o processo de cocção, como frituras (VOSS, 2004). Porém, de acordo com Barth *et al.* (2004), a temperatura de armazenamento de batatas MP é de 0 °C e a vida útil de produtos MP pode ser estendida para 03 semanas sob atmosfera controlada e refrigeração.

### **b) Composição atmosférica**

A diminuição do teor de O<sub>2</sub> disponível para frutas e vegetais reduz a taxa respiratória (produção de CO<sub>2</sub> / consumo de O<sub>2</sub>), que geralmente requer no mínimo de 1 a 3% de oxigênio, dependendo do produto, para evitar a mudança de respiração aeróbica para anaeróbica. Sob condições anaeróbicas, a via glicolítica substitui o ciclo de Krebs como a principal fonte de energia para os vegetais. O ácido pirúvico é descarboxilado para formar acetaldeído, e a partir deste, CO<sub>2</sub> e etanol, resultando no desenvolvimento de sabor indesejável, rompimento e escurecimento dos tecidos (KADER, 1986), além de propiciar o desenvolvimento anaeróbico..

O armazenamento sob atmosfera controlada envolve a alteração e manutenção de uma composição atmosférica que seja diferente da composição do ar. A modificação atmosférica deve ser considerada como um suplemento à manutenção da qualidade e segurança dos produtos (KADER, 2004).

A redução do O<sub>2</sub> e/ou elevação do CO<sub>2</sub> para reduzir a taxa respiratória de frutas e vegetais minimamente processados tem sido reconhecida como a principal

razão dos efeitos benéficos da atmosfera modificada e/ou controlada, porém, muitos outros fatores estão relacionados à deterioração pós-colheita além da taxa respiratória (PORTE e MAIA, 2001). Além disso, a ação do etileno é inibida por atmosferas com níveis elevados de CO<sub>2</sub> (KADER, 2004).

Condições atmosféricas ótimas podem retardar ou reduzir a perda de clorofila (cor verde); a biosíntese dos carotenóides (pigmentos amarelos e alaranjados) e das antocianinas (pigmentos vermelhos e azuis); a biosíntese e a oxidação de compostos fenólicos (pigmento marrom); a atividade das enzimas que degradam as paredes celulares envolvidos no amaciamento (maturidade) e das enzimas envolvidas na lignificação que conduz ao “endurecimento” dos vegetais; influenciam o “flavor” pela redução da perda da acidez, da diminuição da conversão do amido em açúcares e biosíntese de compostos voláteis, podendo promover ainda retenção do ácido ascórbico e de outras vitaminas resultando em uma melhor qualidade nutritiva, porém, em condições de tolerância acima das compatíveis com cada produto, poderão trazer prejuízos (KADER, 2004).

A atmosfera modificada passiva é formada a partir da respiração do produto, que consome O<sub>2</sub> na embalagem fechada e libera CO<sub>2</sub>. O próprio polímero da embalagem restringe as trocas gasosas entre os ambientes, interior e exterior, devido a sua permeabilidade seletiva ao O<sub>2</sub> e ao CO<sub>2</sub>. Após um tempo, o sistema alcança uma atmosfera modificada de equilíbrio com concentrações de O<sub>2</sub> menores e de CO<sub>2</sub> maiores do que no ar atmosférico (PINELLI *et al.*, 2005<sup>a</sup>).

A modificação ativa se dá quando é alterada, por meio de injeção de uma mistura gasosa adequada, a atmosfera interna das embalagens. O uso de vácuo parcial ou absorvedores de gases também são classificados no sistema de atmosfera modificada ativa (SILVA *et al.*, 2005). A aceleração do equilíbrio atmosférico em embalagens sob vácuo parcial ocorre pelo processo de retirada de ar antes da selagem, diminuindo, o espaço livre (ZAGORY, 2000 *apud* PINELLI, 2005<sup>a</sup>). Geralmente a redução da taxa respiratória e conseqüente prolongamento da qualidade e vida das hortaliças MP, somente ocorrem quando a concentração de O<sub>2</sub> encontra-se abaixo de 8% e a de CO<sub>2</sub> acima de 1%, lembrando que as concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> no ar são 21% e 0,03%, respectivamente (SILVA *et al.*, 2005; KADER, 2004).

Pinelli *et al.* (2005<sup>a</sup>) analisaram batatas MP embaladas sob vácuo parcial e misturas de 10% CO<sub>2</sub> + 2% O<sub>2</sub> + 88% N<sub>2</sub> e 5% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> + 90% N<sub>2</sub> e verificaram que o armazenamento sob vácuo parcial foi o mais eficaz no controle do escurecimento enzimático, na minimização da ação da PFO e da POD, prevenindo alterações nos teores de sólidos solúveis totais. Porém, verificaram redução da firmeza, encharcamento da embalagem e maior acidez titulável. Barth *et al.* (2004) ressaltam que batatas MP, embaladas sob vácuo, podem criar condições anaeróbicas para o crescimento do *Clostridium botulinum*. Assim, aliar o uso de vácuo ao controle do pH constitui-se uma alternativa, uma vez que o pH mínimo para multiplicação de suas cepas varia entre 4,6 a 5,0 (FRANCO e LANDGRAF, 1996).

Barth *et al.* (2004) recomendam uma atmosfera modificada com 1 a 3 % de O<sub>2</sub> + 6 a 9% de CO<sub>2</sub>. Redução nos níveis de O<sub>2</sub> de 10 para 3% + 10% de CO<sub>2</sub> a 2°C

reduzem a respiração de batatas MP (palito) no armazenamento, em torno de 50 a 75%, o inverso acontece quando se tem 5% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> at 5°C.

De acordo com Shlimme *et al.* (1994) *apud* Gonzalez e Lobo (2005), o envasamento de MP sob atmosfera modificada é considerado, depois da redução da temperatura, como a etapa mais determinante para prolongar a vida comercial desses produtos.

### **c) Ação enzimática**

Durante as operações do processamento mínimo e em especial o descascamento e o corte, muitas células são rompidas, e os produtos intracelulares tais como enzimas oxidativas são liberadas (AHVENAINEN, 1996). A deterioração de vegetais MP está relacionada, na maioria das vezes com alterações enzimáticas que acontecem durante o armazenamento do produto e limitam sua vida de prateleira (MERCADO-SILVA e AQUINO-BOLANÔS, 2005).

As reações enzimáticas que se apresentam podem ser de dois tipos: as facilitadas pela liberação de substratos e enzimas de seus compartimentos celulares por conta dos danos mecânicos e aquelas que se formam como resposta fisiológica do tecido ao estresse mecânico a que foi submetido durante o processo produtivo. No primeiro caso, os produtos da reação e seus conseqüentes efeitos sobre a qualidade são imediatos e a velocidade da reação dependerá da concentração dos reagentes e da temperatura do produto (por exemplo a mudança de cor devido a ação da PFO). No

segundo caso, a velocidade das reações depende da capacidade de resposta fisiológica ao estresse mecânico que apresenta cada produto, e é influenciada pelas características genéticas e fatores ambientais. Neste caso, a resposta requer um tempo para que possa ser percebida pelos consumidores (MERCADO-SILVA e AQUINO-BOLANÔS, 2005).

As modificações na coloração e no “flavor” de vegetais MP são associadas às enzimas PFO, POD e lipoxigenase; já as enzimas pectinametilesterase, poligalacturonase e celulases atuam sobre os polímeros das paredes celulares, causando modificação na textura com o amaciamento dos tecidos; e a clorofilase e ácido ascórbico oxidase, modificam a coloração, sendo esta última responsável pela perda do valor nutritivo, devido a redução da atividade vitamínica do ácido ascórbico (CHITARRA, 2001).

Araújo (1999) ressalta que a PFO é encontrada em concentrações, especialmente, altas em cogumelos, batata, entre outros e que sua atividade varia em função da cultivar, do estágio de maturação e das condições de cultivo.

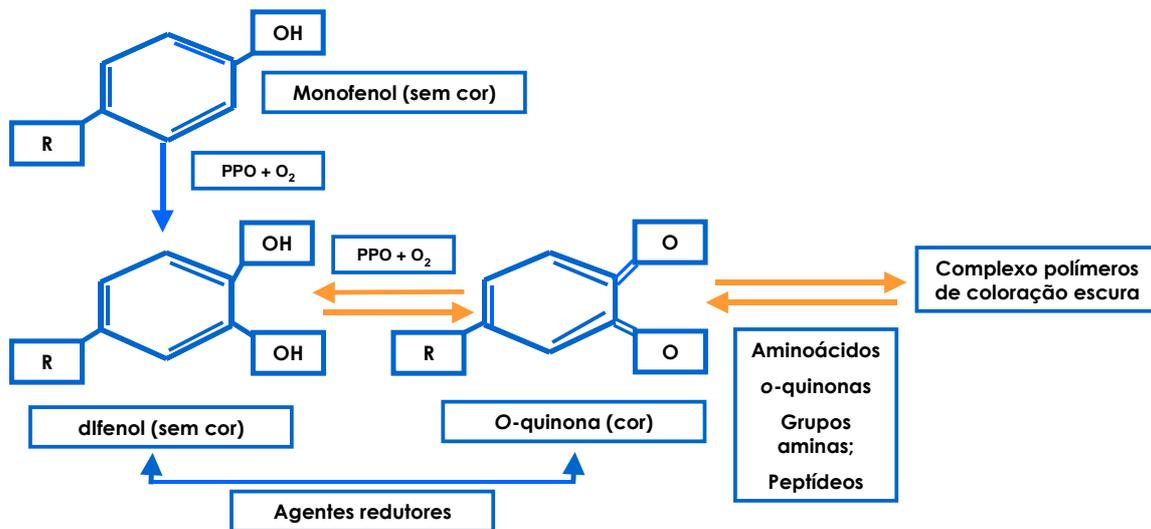
### **Escurecimento enzimático**

O escurecimento enzimático está entre os principais problemas em frutas e hortaliças MP, sendo uma das mais importantes causas de perdas de qualidade (ARAÚJO, 1999; AGUILA, 2004). De acordo com Pinelli *et al.* (2005a) um dos

principais desafios do processamento mínimo de batatas é a grande susceptibilidade dos tubérculos ao escurecimento, oriundo de reações catalisadas por enzimas, sendo a mais importante a PFO, embora também, seja possível a participação de outras enzimas como a POD (MARSHALL *et al*, 2000; PORTE e MAIA, 2001; AGUILA, 2004). A PFO está presente em algumas bactérias e fungos, na maioria das plantas e em alguns artrópodes e mamíferos. Em todos os casos está associada ao escurecimento enzimático (MARTINEZ e WHITAKER, 1995).

A PFO (1, 2 - benzenodiol: oxigênio oxidoreductase) é uma enzima relativamente termolábil que possui cobre ( $\text{Cu}^{++}$ ) no seu centro ativo, o qual se reduz a  $\text{Cu}^+$  para que a enzima atue sobre os substratos fenólicos. Funciona como oxidases de função mista, catalisando duas reações: monoxigenase (atua na hidroxilação de monofenóis para diidroxifenóis) e oxidase (oxidação de difenóis para *o*-quinona) (ARAÚJO, 1999; SEVERINI *et al*, 2003) (Figura 3).

O escurecimento enzimático consiste na oxidação de substratos fenólicos pela PFO e a subsequente polimerização não enzimática das *o*-quinonas, moléculas muito reativas que se condensam rapidamente, combinando-se com grupos aminos ou sulfidricos das proteínas e dos açúcares redutores, formando pigmentos escuros de alto peso molecular - as melaninas. (AGUILA, 2004; MARSHALL *et al*, 2000, SEVERINI *et al.*, 2003). A Figura 3 apresenta o mecanismo de inibição do escurecimento enzimático.



**FIGURA 3** - Ação dos agentes redutores sobre os precursores dos pigmentos (quinonas), que dão início ao escurecimento enzimático.

Fonte: Marshall *et al.*, (2000) adaptado de Walker, (1977).

Os fatores mais importantes na evolução do escurecimento enzimático são a concentração de PFO ativa e de compostos fenólicos, o pH, a temperatura e o oxigênio disponível no tecido (MARTINEZ e WHITAKER, 1995, ARAÚJO, 1999, MARSHALL *et al.*, 2000). Entretanto, após a formação da quinona, onde há dependência do oxigênio e da enzima, as reações subseqüentes ocorrem espontaneamente, não dependendo mais desses componentes (ARAÚJO, 1999).

Vários autores investigaram a inibição do escurecimento enzimático em batatas MP através de métodos físicos como Pinelli *et al.* (2005a) e Rocha *et al.* (2003); métodos químicos como Severini *et al.*, (20003) e métodos combinados como Pinelli *et al.*, (2005b) e Limbo e Piergiovanni, (2006). De acordo com Araújo (1999), a

ausência ou bloqueio de um dos componentes: *enzima, substrato e/ou oxigênio* (seja por agentes redutores, temperatura ou abaixamento do pH) inibe a reação.

Vários inibidores do escurecimento enzimático vêm sendo testados pela indústria de alimentos (Tabela 4), como os agentes redutores e antioxidantes (sulfitos), quelantes, acidulantes (ácido cítrico), entre outros, que atuam por meio da redução das *o*-quinonas a difenóis incolores correspondentes, podendo também reagir irreversivelmente com as *o*-quinonas formando compostos incolores estáveis (MARSHALL *et al*, 2000; GARCIA e BARRETT, 2003; AGUILA, 2004).

A eficiência dos inibidores depende de uma série de fatores ambientais como o pH, atividade de água ( $a_w$ ), temperatura, luz, atmosfera e conteúdo de metal pesado (LINDLEY, 1998). Dentre esses inibidores, destacou-se para fins desta pesquisa os sulfitos e o ácido cítrico.

Os sulfitos são os inibidores mais amplamente utilizados na prevenção do escurecimento enzimático em todo o mundo. Os agentes sulfitos incluem o dióxido de enxofre (SO) e as várias formas de sulfito inorgânico que liberam SO<sub>2</sub> sob determinadas condições de uso como: dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>); sulfito (SO<sub>3</sub>); bissulfito (HSO<sub>3</sub>) e metabissulfito (S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Possuem características diferenciadas e amplas, como a atividade antimicrobiana e inibem reações de escurecimento enzimático e não-enzimático. Atuam na PFO, ligando um grupo sulfídrico no local ativo da enzima (MARSHALL *et al.*, 2000).

**TABELA 4** - Principais representantes das classes de inibidores do escurecimento enzimático.

<b>Agentes redutores</b>	<b>Agentes sulfitos</b> Acido ascórbico e análogos Cisteína Glutathione
<b>Agentes quelantes</b>	Fosfatos EDTA Ácidos orgânicos
<b>Acidulantes</b>	Acido cítrico Acido fosfórico
<b>Inibidores de enzimas</b>	Ácidos aromáticos carboxílicos Álcool alifáticos Anions Peptídeos
<b>Tratamento de enzimas</b>	Oxigenases Transferase o –metil Proteases
<b>Agentes complexantes</b>	Ciclodextrinas

Fonte: Marshall *et al* (2000) adaptado de McEvily *et al.* (1992).

Numerosas reações catalisadas por enzimas podem ser inibidas pelo sulfito, o qual de acordo com Araújo (1999), não inibe irreversivelmente o escurecimento enzimático, de forma que a concentração requerida é também dependente do período de tempo em que a reação deve estar sob controle e da natureza do substrato disponível. Nesse caso, quando há somente monofenóis como a tirosina, quantidades menores de sulfito são suficientes como no caso de batatas, o contrário acontece quando há difenóis como no caso do abacate.

E de acordo com Baruffaldi e Oliveira, (1998) o uso de sulfitos e seus derivados não são indicados na conservação de alimentos ricos em vitamina, especialmente a B<sub>1</sub>. Araújo (1999) relata que, os mesmos contêm propriedades anti-sépticas e ajudam na preservação da vitamina C, porém, sua utilização pode resultar em “flavor” desagradável, degradação da cor natural do alimento e destruição da vitamina B<sub>1</sub>, sendo tóxico em níveis elevados.

Lück & Jager, (1997) *apud* Machado, Toledo & Vicente, (2006) também enfatizaram a ação dos sulfitos no “flavor” e por conta do intenso odor que pode ser aparente nos alimentos submetidos a tratamentos com esses aditivos, em geral, são empregados como conservadores temporários, sendo adicionados primariamente aos produtos crus ou semi-prontos e removidos durante o processamento pela ação do calor ou vácuo.

Apesar de sua eficácia na conservação dos alimentos, vários efeitos adversos à saúde vêm sendo atribuídos aos sulfitos, o que tem suscitado discussões sobre sua utilização de forma segura, em concentrações cada vez menores e ainda sua substituição por outros aditivos em várias pesquisas como as de Friedman & Bautista (1995); Severini *et al.*, (2003); Aguila, (2004); Pinelli *et al.*, (2005b); Limbo & Piergiovanni, (2006).

Há respaldo legal para a utilização dos sulfitos no Brasil (BRASIL, 1997, 1988, 1999a, 1999b, 2002, 2005a, 2005b, 2005c; Machado, Toledo & Vicente, 2006) porém, em vários países tem sido objeto de restrições regulatórias, e os níveis máximos a serem utilizados em alimentos variam muito, em função da utilização e do produto (CANOVAS *et al.*2003). Os sulfitos utilizados como aditivos alimentares permitidos pela legislação brasileira estão listados na Tabela 5.

O ácido cítrico é um dos aditivos mais utilizados na indústria de alimentos por ser relativamente barato e por tratar-se de um ácido forte (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998; MARSHALL *et al*, 2000), pode ser utilizado como antioxidante e

quelante, sendo usado sinergisticamente, com outros ácidos e seus sais neutros, para quelar peroxidantes e inativar enzimas como a PFO (AGUILA, 2004).

É aplicado em níveis que variam entre 0,5 e 2 % (p/v) para a prevenção do escurecimento enzimático em frutas e vegetais e exerce efeito inibidor na PFO por intermédio da diminuição do pH, e uma vez que o pH ótimo da PFO varia com a fonte da enzima e com o substrato, e na maioria dos casos situa-se entre 6 e 7, o ajuste do pH para valores inferiores a 4 possibilita o controle do escurecimento enzimático, desde que se considerem os aspectos sensoriais do produto (MARSHALL *et al*, 2000), conforme testado por Aguila, (2004).

**TABELA 5** - Fórmulas químicas, rendimento teórico de SO<sub>2</sub> e respectivos números de identificação internacional dos agentes sulfitantes.

Substância	Fórmula química	Rendimento teórico de SO <sub>2</sub> (%)	INS
Dióxido de enxofre	SO <sub>2</sub>	100	220
Metabissulfito de sódio	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	67,4	223
Metabissulfito de potássio	K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	57,6	224
Sulfito de cálcio.	CaSO <sub>3</sub> .2 H <sub>2</sub> O	64,0	226
Sulfito de sódio	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> (anidro)	50,8	221
Sulfito de potássio	K <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	---*	225
Bissulfito de cálcio	Ca(HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	---*	227
Bissulfito de sódio	NaHSO <sub>3</sub>	61,6	222
Bissulfito de potássio	KHSO <sub>3</sub>	53,3	228

**Fonte:** Machado, Toledo & Vicente (2006).

INS: International Numbering System (Sistema Internacional de Numeração)

\* não foi encontrado na literatura

O ácido cítrico, em conjunto com o ácido ascórbico ou o sulfito de sódio, é muito utilizado como inibidor químico do escurecimento enzimático e apresenta ainda duplo efeito inibidor sobre a PFO. O primeiro já comentado se dá por meio do pH e o segundo, acontece quando se complexa com o cobre no sitio ativo da enzima (ARAÚJO, 1999).

**TABELA 6** - Comparativo de alguns estudos realizados no Brasil com utilização de aditivos em diferentes vegetais minimamente processados.

Autor	Produto	Tratamentos	Concentração
AGUILA (2004)	Rabanete	T <sub>1</sub> - Controle (imersão em água destilada)	
		T <sub>2</sub> - imersão em solução de ácido cítrico (AC)	2.000 mgL <sup>-1</sup>
		T <sub>3</sub> - imersão em solução de ácido ascórbico (AA)	2.000 mgL <sup>-1</sup>
		T <sub>4</sub> - imersão em solução de ácido cítrico + ácido ascórbico	AC: 1.000 mgL <sup>-1</sup> + AA: 1.000 mgL <sup>-1</sup> , resultando em 2.000 mgL <sup>-1</sup>
PINELLI et al (2005)	Batata	T <sub>1</sub> - solução de ácido cítrico	AC -2%
		T <sub>2</sub> - solução de ácido eritórbico	AE - 3%
		T <sub>3</sub> - solução de ácido cítrico + ácido eritórbico	AC: 2% + AE: 3%
		T <sub>4</sub> - solução de ácido cítrico + ácido eritórbico	AC: 3% + AE: 5%
PILON, (2003)	Batata	Ácido ascórbico	0,1%
		Metabissulfito de sódio	0,05%
GONZÁLEZ-AGUILAR et al, (2005)	Abacaxi	Ácido iso-ascórbico	0.1 m
		Ácido ascorbico	0.05 m
		N-acetil-cisteína	0.05 m

Canovas *et al.* (2003) demonstrou ser o ácido cítrico mais efetivo que o ácido acético e málico na inibição de bactérias termofílicas, bem como sua combinação com ácido ascórbico que inibiu o crescimento e produção de toxinas de *C. botulinum* tipo B em batatas cozidas embaladas a vácuo. A Tabela 6 apresenta um compilado de estudos relacionados a vegetais MP e o uso de aditivos em diversas concentrações.

### 2.3.3 Atributos de textura e cor

As mudanças fisiológicas contínuas nas células vivas, associadas às características individuais de frutas e hortaliças tornam difícil a avaliação de textura dos mesmos, sendo freqüentemente relevante somente no momento da avaliação; isto

é, geralmente não podem ser usados para prever as condições no período de armazenamento ou na cadeia logística (ABBOTT e HARKER, 2004).

A textura é o segundo fator de maior importância na qualidade dos produtos hortícolas, e esta é preservada dentro de intervalos adequados para cada produto. É um atributo controlado por fatores como o turgor do tecido vegetal, que como já referido, está associado ao teor de água, bem como às distintas enzimas que alteram a conformação da parede celular (MERCADO-SILVA e AQUINO-BOLAÑOS, 2005), estando associado também aos teores de gordura, tipo e quantidade de carboidratos estruturais (celulose, amidos, materiais pécnicos) e pelas proteínas presentes (FELLOWS, 2006).

A perda de firmeza, devido principalmente, a ação de enzimas proteolíticas e pectolíticas sobre os componentes da parede celular, é uma característica evidente de deterioração, que acontece nos tecidos de produtos MP, devido à liberação dessas enzimas pelas células danificadas, bem como pela ação microbiana (MARTIN-BELLOSO e ROJAS-GRAÜ, 2005). Fellows (2006) destaca que a textura dos alimentos é substancialmente alterada pela redução do tamanho e que o tipo e a duração da redução do tamanho antes das operações de conservação subsequentes devem ser bem monitoradas.

Pinelli *et al.*, (2005a) avaliou a firmeza em batatas “Ágata” MP e verificou um incremento na mesma ao longo do armazenamento, obtendo os melhores resultados nos produtos embalados à vácuo, confirmando haver uma relação inversa entre a

tensão de O<sub>2</sub> e a inibição e síntese de lignina e suberina, responsáveis pela cicatrização dos tecidos vegetais.

Rocha *et al.* (2003) também verificaram perda em torno de 25% da firmeza em batatas “Desirée” MP, após o 1º dia do processamento, relacionando-a ao incremento enzimático que ocorre logo após os danos causados pelo processo. Porém, obteve bons resultados nos produtos embalados à vácuo.

A medida da cor é um instrumento valioso, tanto para a estimativa do ponto de maturação de vegetais, quanto da eficiência do processamento aplicado (MERCADO-SILVA e AQUINO-BOLAÑOS, 2005) e a aparência de um produto, significativamente influenciada pela cor, é um dos atributos utilizados pelo consumidor para avaliar a qualidade de frutas e hortaliças (RUIZ-CRUZ *et al.*, 2005).

Como já mencionado, as reações de escurecimento enzimático, são consideradas determinantes para as modificações de cores, observadas em diferentes produtos como batata, repolho e alface (MARSHAL *et al.*, 2000; BARTH *et al.*, 2004).

Severini *et al.* (2005) verificaram, em cubos de batatas, as influências de diversos métodos de secagem nas medidas de cor através do Sistema CIE.L.a\*.b\*., encontrando os seguintes valores para batata *in natura*: L\* = 52.55, a\* = -1.87 e b\* = 15.84, com comportamentos diferenciados entre os tratamentos. Rocha *et al.* (2003) utilizaram o mesmo sistema para avaliar o escurecimento, em batatas “Desirée”

embaladas a vácuo e não encontraram mudanças significativas, apenas um pequeno decréscimo no valor  $L^*$  foi observado.

Pinelli *et al* (2005 a, b) utilizaram o índice de escurecimento, calculado a partir das variáveis  $L^*$ ,  $a^*$ , e  $b^*$ , para caracterizar o escurecimento enzimático de tubérculos de batata “Ágata” submetidos a diversos tratamentos isolados ou combinados. Denotando assim, que tal metodologia pode ser amplamente utilizada para caracterizar as mudanças de cores dos produtos processados, considerando aspectos como o processamento, tratamentos e formas de armazenamento, utilizados.

Finalizando, este estudo propôs-se a avaliar a influência de tratamentos com aditivos, associados à refrigeração e embalagem a vácuo, nos parâmetros físico-químicos e vida de prateleira de tubérculos de batatas MP, em função de sua importância econômica neste segmento, visto que apresentou lugar de destaque entre as hortaliças e frutas MP na Bahia e que estaria sujeita ao uso de algum tipo de processo/aditivo que aumente sua vida de prateleira visando a manutenção de suas características mais próximas do produto *in natura*.

### **3. OBJETIVOS**

#### **Geral**

- ⇒ Determinar o efeito de tratamentos com ácido cítrico e metabissulfito de sódio nos parâmetros físico-químicos e de qualidade de tubérculos de batatas minimamente processados (*Solanum tuberosum* L.).

#### **Específicos:**

- ⇒ Avaliar a interferência dos tratamentos com aditivos (ácido cítrico e metabissulfito de sódio) nas variáveis: teor de sólidos solúveis totais, acidez total titulável, cor, textura e pH dos produtos analisados;
- ⇒ Identificar as principais alterações dos produtos em função do tempo de armazenamento;
- ⇒ Caracterizar a vida de prateleira dos produtos analisados.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

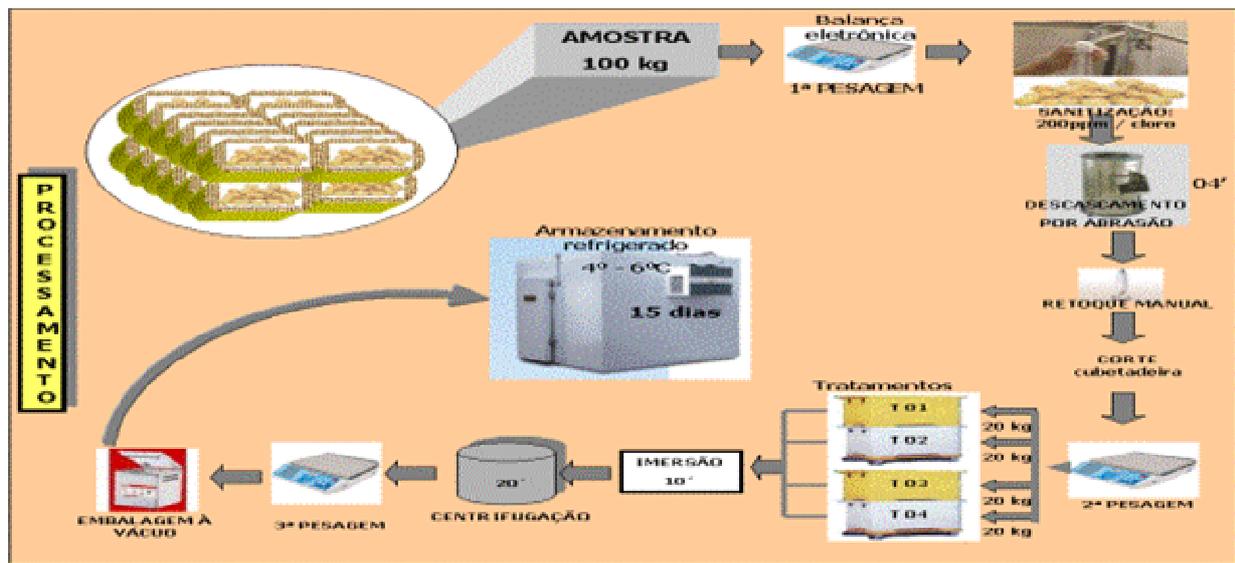
### **4.1 Instalação e condução do experimento**

Este trabalho de pesquisa foi realizado em uma agroindústria de processamento mínimo de vegetais, localizada no município de Simões Filho - Bahia, que processa em torno de 49 tipos de vegetais e conta com uma estrutura física adequada aos parâmetros estabelecidos pela Vigilância Sanitária do Estado. As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de Pós-colheita da Embrapa Hortaliças (DF).

O tubérculo batata (*Solanum tuberosum* L.) foi escolhido para compor esse estudo em função do volume de produção que atingiu no período de maio/04 a abril/05, por desempenhar um importante papel econômico na agroindústria em estudo e por apresentar susceptibilidade ao escurecimento enzimático sendo necessário a utilização de aditivo como antioxidante.

### **4.2 Pré-tratamento da amostra.**

O experimento foi conduzido conforme apresentado na Figura 4, e reflete o fluxo real, utilizado na agroindústria, onde foi realizada a pesquisa.



**FIGURA 4** – Fluxo do processamento mínimo de batata adotado na agroindústria estudada.

Os tubérculos foram recebidos, selecionados, e lavados com água potável para a retirada das impurezas e sujidades. Em seguida, foram submetidos ao descascamento por abrasão (descascadora industrial marca Incalfer, modelo P60, com tambor revestido com disco abrasivo e capacidade 1,5t./h) por 240 segundos a 150 RPM (rotações por minuto), e em seguida foram imediatamente imersos em água potável.

Após essa fase, os tubérculos foram cortados em cubos (12 mm) em cubetadeira industrial (modelo MST, Incalfer), sendo em seguida imersos, por 10 minutos, nos respectivos tratamentos com antioxidantes e centrifugados por cerca de 20 minutos, (centrifuga industrial, mod. CE 350, Incalfer com rotação de 800 RPM).

Após a centrifugação as amostras foram pesados em porções de 500 g (balança digital Filizola) e envasados em embalagens de baixa permeabilidade ao

oxigênio e submetidos à pressão de vácuo (4 à 710 mmHg), por 15 segundos, em seladora industrial (marca Selovac, modelo 200B) e armazenados sob refrigeração entre 4° a 6°C em câmara frigorífica refrigerada.

As amostras foram transportadas até o laboratório da Embrapa Hortaliças 06 horas após o processamento, sendo mantidas por 15 dias em temperatura entre 4° a 6°C em câmara frigorífica refrigerada. As análises físicas e químicas foram iniciadas nas primeiras 24 horas após o processamento, ou conforme a técnica preconizada.

#### **4.3 Tratamentos e controle**

O controle do experimento foi representado por amostras de tubérculos de batatas *in natura*, imersos em solução clorada a 150ppm, sem adição de antioxidantes, retirados do mesmo lote.

Os tratamentos utilizados após o corte do material foram:

- ⇒ T<sub>1</sub> – tratamento com ácido cítrico (2%) + metabissulfito de sódio (0,01%);
- ⇒ T<sub>2</sub> - tratamento com metabissulfito de sódio a 0,01%;
- ⇒ T<sub>3</sub> - tratamento com ácido cítrico a 2%;
- ⇒ T<sub>4</sub> - controle (amostra sanitizada 150 ppm de cloro ativo).

Para a determinação da concentração dos aditivos a ser utilizado na pesquisa, foi realizada pesquisa bibliográfica e tomou-se por base os trabalhos desenvolvidos por Pinelli *et al* (2005). A distribuição dos lotes dos tubérculos de batata para cada tratamento foi realizada aleatoriamente entre os diversos lotes a serem manipulados na agroindústria.

As análises foram realizadas considerando 08 tempos de leitura, conforme esquema abaixo:

- ⇒ ***T<sub>1</sub> – tempo 1: análise nas primeiras 24 horas após a realização do processo.***
- ⇒ ***T<sub>2</sub> – tempo 2: 1+2=3<sup>o</sup> dia de armazenamento***
- ⇒ ***T<sub>3</sub> – tempo 3: 3+2=5<sup>o</sup> dia de armazenamento***
- ⇒ ***T<sub>4</sub> – tempo 4: 5+2=7<sup>o</sup> dia de armazenamento***
- ⇒ ***T<sub>5</sub> – tempo 5: 7+2= 9<sup>o</sup> dia de armazenamento***
- ⇒ ***T<sub>6</sub> – tempo 6: 9+2=11<sup>o</sup> dia de armazenamento***
- ⇒ ***T<sub>7</sub> – tempo 7: 11+2= 13<sup>o</sup> dia de armazenamento***
- ⇒ ***T<sub>8</sub> – tempo 8: 13+2=15<sup>o</sup> dia de armazenamento***

#### **4.4 Análises físico-químicas**

No tempo um (primeiras 24 horas após o processamento) e a cada dois dias, as amostras foram avaliadas quanto às seguintes variáveis:

### **Sólidos Solúveis Totais (SST)**

A análise foi determinada por Refratometria, onde a amostra foi previamente congelada e prensada manualmente, após o descongelamento, sendo feita leitura diretamente no prisma do refratômetro digital Atago, corrigida em relação à temperatura e ácido cítrico contidos na amostra. Os resultados foram dados em °Brix. As análises foram determinadas em triplicatas com quatro repetições, iniciando no tempo um e a cada 02 dias, até completar 15 dias de armazenamento.

### **Acidez Total Titulável (ATT)**

A ATT foi determinada por titulometria, conforme método padronizado pela AOAC (2000), onde 10 g da amostra foi homogeneizada em 100 mL de água destilada e titulada com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1N até pH 8,2 em titulador automático (Metrohm, 655 Dosimat) e dosador Brinkmann. Para o cálculo da acidez empregou-se a *Fórmula 1* e resultados expressos em equivalente-grama de ácido cítrico anidro.  $100^{-1}$  g de polpa. A determinação foi feita em triplicata no tempo um e a cada 02 dias, até completar 15 dias de armazenamento.

$$AT = \frac{(V \times 0,64)}{TE} \quad \text{Fórmula 1}$$

Onde,

AT = acidez titulável (%)

V = volume titulado da solução de NaOH (mL)

TE = Tomada da amostra (g)

## **pH**

O índice de pH foi determinado em pH-metro digital (Hanna Instruments, 8014) com leitura direta em 50 g da amostra homogeneizada em 100 mL água destilada e temperatura ajustada a 25°C, de acordo com a AOAC, (2000). As determinações foram realizadas em triplicatas com quatro repetições para cada tratamento, no tempo um e a cada 02 dias, até completar 15 dias de armazenamento.

## **Textura**

A medida de textura foi realizada com auxílio de um Penetrômetro – Fruit Pressure Tester FT 327, marca Somar, utilizando-se a ponta de prova nº 03 e os resultados expressos em Kg/F. A determinação foi feita em triplicata no tempo um e a cada 02 dias, até completar 15 dias de armazenamento.

## **Cor**

O desenvolvimento do escurecimento foi medido na superfície dos cubos com o Colorímetro (Konica Minolta CR 400 – Chroma Meter) e determinados pelos parâmetros  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (intensidade de vermelho, variando de verde a vermelho (-a/+a)) e  $b^*$  (intensidade de amarelo, variando de amarelo a azul (-b/+b)) do sistema CIELAB.

As variáveis  $a^*$  e  $b^*$  também foram descritas em termos de **cromaticidade -  $C^*$**  (Fórmula 2) (que é a distância de sua coordenada (a,b) origem acromática (0,0)) e do seu **ângulo de tonalidade,  $h^\circ$**  (Fórmula 3), o qual é medido em graus numa escala

de 0°-360° seguindo no sentido anti-horário a partir do eixo positivo de  $a^*$ , no vermelho 0°, passando pelo eixo positivo de  $b^*$ , no amarelo 90°, contornando e passando pelo verde 180°, pelo azul 270° e retornando ao vermelho 0°-360°, conforme proposto por MACHADO *et al.*, (1997). Determinou-se ainda o **índice de escurecimento** (Fórmula 4), com base nos trabalhos de Pinelli *et al.* (2005a,b). A determinação foi feita em triplicata no tempo um e a cada 02 dias, até completar 15 dias de armazenamento.

$C^*=(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$	<b>Fórmula 2</b>
$h^*= \arctan (b^*/a^*)$	<b>Fórmula 3</b>
IE = [100 (X - 0,31)]/0,172, onde: IE = Índice de escurecimento $X = (a + 1,75L)/(5,645L + a - 3,021b)$ .	<b>Fórmula 4</b>

#### 4.5 Delineamento e Análise Estatística

As análises foram realizadas em plano fatorial 4x8 constituído por dois fatores – tratamento e tempo de armazenamento, com 04 tratamentos (sendo um controle e 03 tratamentos com aditivos), em 8 tempos de amostragem em um modelo de delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições para cada tratamento e em triplicata. Cada unidade amostral foi constituída por 500g do produto em embalagens de baixa permeabilidade ao oxigênio sob vácuo parcial.

Os dados foram submetidos a análises de variância entre as médias através do programa estatístico “R” e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e análise descritiva das variáveis ATT e pH.

Para a análise estatística foi utilizado o programa estatístico ‘R’ versão 11.0, sendo utilizado o teste F para análise de variância – ANOVA, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e as variáveis serão cruzadas e analisadas pelo teste de correlação.

## 5. Cronograma executado

Atividade	Período (meses)																								
	Ano I mar/dez 2005									Ano II Jan/dez 2006										Ano II Jan/Fev 2007					
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02		
Levantamento bibliográfico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ensaaios preliminares																■	■	■	■						
Realização da pesquisa laboratorial																					■	■			
Tratamento estatístico dos dados																						■	■		
Análise dos dados																						■	■		
Compilação dos resultados																						■	■		
Defesa da Dissertação																									■
Apresentação dos resultados em eventos, disciplinas e envio para publicação em revistas da área.							■							■											■

## 6. LITERATURA CITADA

1. ABBOTT, J. A. e HARKER, F. R. Texture. In: **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks.** Agriculture Handbook Number, v. 66. revised April 2004 USDA, ARS.
2. AGUILA, J. S. **Processamento mínimo de rabanetes: estudos físico-químicos, fisiológicos e microbiológicos.** 2004. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba /SP.
3. AHVENAINEN, R. **Review: New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables.** Trends in Food Science e Technology, vol. 71, jun. 1996.
4. ARAÚJO, J.M.A. **Química dos alimentos: teoria e prática.** 2ª ed. Ed. Viçosa, UFV, 1999. cap. 14.
5. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry.** 12ª ed., Washington, 2000.
6. BARTH, M.M.; ZHUANG, H.; SALTVEIT, M. E. Fresh-cut Vegetables. In: **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks.** Agriculture Handbook Number, v. 66. revised April 2004 USDA, ARS.
7. BARUFFALDI, R. e OLIVEIRA, M.N. **Fundamento de Tecnologia dos Alimentos.** Vol 3, São Paulo, ed. Atheneu, 1998.
8. BRACKETT, R.E. **Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables.** J. Food Proc. Pres., v.13, p.281-292, 1989.
9. BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - CNNPA (Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos). Resolução nº 12 de julho de 1978. **Diário Oficial da União** de 24 de julho de 1978.
10. \_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Diretoria Colegiada. RDC Nº. 218 de 29 de julho de 2005. Regulamento técnico de procedimentos higiênico-sanitários para manipulação de alimentos e bebidas preparados com vegetais. **Diário Oficial da União** de 01 de agosto de 2005.
11. \_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. - Portaria nº 1428, de 26 de novembro de 1993. Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos e as Diretrizes para o Estabelecimento de Boas Práticas de Produção e de Prestação de Serviços na Área de Alimentos. **Diário Oficial da União** de 02 de dezembro de 1993.
12. \_\_\_\_\_. Secretaria de Vigilância Sanitária - SVS/MS . Portaria nº 326 de 30 de julho de 1997. Regulamento Técnico sobre Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores / Industrializadores de Alimentos. **Diário Oficial da União** de 01 de agosto de 1997.
13. \_\_\_\_\_. Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005. Aprova o Manual Operacional de Bebidas e Vinagres. **Diário Oficial da União** de 20 de setembro de 2005a.
14. \_\_\_\_\_. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. **Diário Oficial da União** de 28 de outubro de 1997.

15. \_\_\_\_\_. Resolução nº 382, de 05 de agosto de 1999. Aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 13- molhos e condimentos. **Diário Oficial da União** de 09 de agosto de 1999a.
16. \_\_\_\_\_. Resolução nº 389, de 05 de agosto de 1999. Aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 16: bebidas – subcategoria 16.2.2 - bebidas não alcoólicas gaseificadas e não gaseificadas. **Diário Oficial da União** de 09 de agosto de 1999b.
17. \_\_\_\_\_. Resolução nº 4, de 24 de novembro de 1988. Aprova revisão das Tabelas I, III, IV e V referente a Aditivos Intencionais, bem como os anexos I, II, III e VII, todos do Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965. **Diário Oficial da União** de 19 de dezembro de 1988.
18. \_\_\_\_\_. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 12, de 10 de janeiro de 2002. Aprova a extensão de uso do aditivo INS 220, dióxido de enxofre na função de conservador para suco de caju. **Diário Oficial da União** de 14 de janeiro de 2002.
19. \_\_\_\_\_. Resolução RDC nº 217, de 29 de julho de 2005. Aprova a extensão de uso do aditivo dióxido de enxofre e seus sais de cálcio, sódio e potássio de acordo com o anexo da presente Resolução. **Diário Oficial da União** de 01 de agosto de 2005b.
20. \_\_\_\_\_. Resolução RDC nº 25, de 15 de fevereiro de 2005. Aprova o uso dos aditivos alimentares, estabelecendo suas Funções e limites máximos para a categoria de alimentos: produtos protéicos - subcategoria: bebidas não alcoólicas a base de soja. **Diário Oficial da União** de 16 de fevereiro de 2005c.
21. CALDERÓN, M.M. Los vegetales frescos cortados en Costa Rica. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS E I SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, IV, 2006, São Pedro. **Palestras, resumos, fluxogramas e oficinas**, São Pedro/SP, USP/ESALQ, 2006. p. 81-92
22. CANO, M. P.; SÁNCHEZ-MORENO C.; PASCUAL-TERESA, S.; ANCOS, B. Procesado mínimo y valor nutricional. In: AGUILAR, G.A.G; GARDEA, A.A. e NAVARRO, F.C (ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. 1. ed. México, 2005. Cap. 7, p.119-149.
23. CANOVAS, G.V.B.; MOLINA, J.J.F.; ALZAMORA, S.M.; TAPIA, M.S.; MALO, A. L.; CHANES, J.W. Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas. **Série FAO Agricultural Services Bulletins**, n. 149, Manual técnico, 2003. 106 pg. Disponível em: [www.fao.org/documents/pub\\_dett.asp?pub\\_id=12631&lang=en](http://www.fao.org/documents/pub_dett.asp?pub_id=12631&lang=en), acessado em 24 mar. 2006.
24. CARNELOSSI, M. A. G., SILVA, E.O., CAMPOS, R.S. e PUSCHMANN R. **Respostas fisiológicas de folhas de couve minimamente processadas**. Revista Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.2, abr.-jun. 2005.
25. CHAPPER, M.; LOUREIRO, M.E.; MOSQUIM, P.R.; ARAÚJO, W.L.; PEREIRA, A.S.; FINGER, F.L.; SIMÕES, A.N. **Mudanças metabólicas após recondicionamento a 15°C de tubérculos de batata armazenadas a baixa temperatura**. Revista Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.4, out.-dez. 2004.

26. CHITARRA, M. I. F. **Alimentos minimamente processados**. Textos acadêmicos. Universidade Federal de Lavras. MG, 2001.
27. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Batata. Disponível em: [www.cnph.embrapa.br/bib/saibaque/batata.htm](http://www.cnph.embrapa.br/bib/saibaque/batata.htm) . Acessado em 11 jul. 2005.
28. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: hortaliças minimamente processadas**. Embrapa Hortaliças, Serviço de apoio às micro e pequenas empresas. Brasília, 2003.
29. FAO-FAOSTAT DATABASE RESULTS. **Produtividade das hortaliças no Brasil, 1980-2004**. Disponível em: [www.apps.fao.org](http://www.apps.fao.org). Sistematização embrapa hortaliças disponível em: [www.cnph.embrapa.br](http://www.cnph.embrapa.br). Acessado em 16/02/2005.
30. FARES, C.B. e NANTES, J.F.D. Transações comerciais entre a indústria de vegetais minimamente processados e o setor varejista. **3º Worksoop Brasileiro de Gestão de Sistemas Agroalimentares**, Programa de Estudo dos Negócios do Sistema Agroindustrial. Ribeirão Preto, 2001.
31. FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos – princípios e prática**. 2ª. ed. Porto Alegre, ed. Artmed, 2006. 602p.
32. FELTRAN, J. C. **Determinação das características agronômicas dos distúrbios fisiológico, do estado nutricional da planta e da qualidade dos tubérculos em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2002. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, SP.
33. FELTRAN, J.C.; LEMOS, L. B.; VIEITES, R. L. **Technological quality and utilization of potato tubers**. Science Agricultural, Piracicaba/SP, v. 61, n. 6, p. 598-603, nov./dez. 2004.
34. FINOTTI, E.; BERTONE, A.; VIVANTI, V. **Balance between nutrients and anti-nutrients in nine italian potato cultivars**. Food chemistry, v. 99, n.4, p. 698-701, 2006.
35. FONSECA, R. F. e ALMEIDA, D. T. Perfil do mercado de hortaliças minimamente processadas no Estado da Bahia. Livro de resumos. In: **VI SEMINÁRIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E XXIV SEMINÁRIO ESTUDANTIL DE PESQUISA/UFBA**. Salvador: UFBA, 2005. seção PG 8.3. p. 282.
36. FONSECA, R. F.; ALMEIDA, D. T.; ARAÚJO, M. P. N.; CAMILO, V.M.A.; FERNANDES, G. B. Perfil do mercado de vegetais minimamente processados no Estado da Bahia: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS E I SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, IV, 2006, São Pedro. **Palestras, resumos, fluxogramas e oficinas**, São Pedro/SP, USP/ESALQ, 2006. p. 186
37. FRANCO, B.D.G.M. e LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo, Ed. Atheneu, 1996.
38. FRIEDMAN, M. & BAUTISTA, F.F. **Inhibition of Polyphenol Oxidase by Thiols in the Absence and Presence of Potato Tissue Suspensions?** Journal Agricultural Food Chemistry, vol. 43, 1995. p. 69-76.
39. GARCIA, E. e BARRETT, D. M. **Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables**. Universidade of California, Davis – USA. 2003. Disponível em: <http://postharvest.ucdavis.edu/Pubs/chapterIX-GarciaeBarre.pdf>.

40. GARCIA, R.W. D. **Reflexos da globalização na cultura alimentar: considerações sobre as mudanças na alimentação urbana.** Revista de Nutrição. Campinas/SP. V. 16, n. 4, p. 483-492, out./dez. 2003.
41. GELLI, D.S. Programas de segurança em pós-colheita de frutas e hortaliças. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS E I SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, IV, 2006, São Pedro. **Palestras, resumos, fluxogramas e oficinas**, São Pedro/SP, USP/ESALQ, 2006. p. 33-40.
42. GONZÁLEZ, M. e LOBO, M.G. Técnicas de procesamiento. In: AGUILAR, G.A.G.; GARDEA, A.A. e NAVARRO, F.C (ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de produtos vegetales frescos cortados**. 1. ed. México, 2005. Cap. 6, p.97-112.
43. GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; RUIZ-CRUZ, S.; SOTO-VALDEZ, H.; VÁZQUEZ-ORTIZ, F.; PACHECO-AGUILAR, R.; WANG, C.Y. **Biochemical changes of fresh-cut pineapple slices treated with antibrowning agents.** International Journal of Food Science and Technology, vol. 40, 2005. p. 377–383.
44. HADDADIN, M.S.Y.; HUMEID, M.A.; QAROOT, F.A.; ROBINSON, R.K. **Effect of exposure to light on the solanine content of two varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.) popular in Jordan.** Food chemistry, v. 73, 2001. p. 205-208.
45. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Pesquisa de orçamento familiar, 2002-2003.** Disponível em: [www.ibge.org.br](http://www.ibge.org.br).
46. KADER, A.A. **Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables.** Food Technology. v. 40, n. 5, p. 99-104, 1986.
47. KADER, A.A. Controlled Atmosphere Storage. In: **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks.** Agriculture Handbook Number, v. 66, revised April 2004, USDA, ARS.
48. KITA, A. **The influence of potato chemical composition on crisp texture.** Food Chemistry, vol. 76, 2002. p. 173–179.
49. LEVY-COSTA, R.B; SICHIERI, R.; PONTES, N.S. e MONTEIRO, C.A. **Disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil: distribuição e evolução (1974-2003).** Rev. Saúde Pública. São Paulo, v..39, n.4, ago. 2005.
50. LIMBO, S. e PIERGIOVANNI, L. **Shelf life of minimally processed potatoes. Part 1. Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning.** Postharvest Biology and Technology, v. 39, 2006, p. 254–264.
51. LINDLEY, M.G. **The impact of food processing on antioxidants in vegetable oil, fruits and vegetables.** Food Science and Tecnology. v. 9, 1998, p 336-340.
52. LOBO, M.G. e GONZÁLEZ, M. Estado actual de los produtos minimamente procesados em Espana. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS E I SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, IV, 2006, São Pedro. **Palestras, resumos, fluxogramas e oficinas**, São Pedro/SP, USP/ESALQ, 2006. p. 98.
53. MACHADO, M. D.; TOLEDO, M. C. F. & VICENTE, E. **Sulfitos em Alimentos.** Brazilian Journal of Food Technology. v. 9, n. 4, p. 265-275, out./dez. 2006

54. MACHADO, P.P.; HOTZA, D., PETTER, C.; BERGMANN, C.P. **Controle de qualidade para revestimentos cerâmicos através da análise colorimétrica de superfície vidrada monocromática.** Revista Cerâmica Industrial. v. 2, mai-ago. 1997.
55. MACHADO, R.M.D. e TOLEDO, M.C.F. **Determinação de glicoalcalóides em batatas *in natura* (*Solanum Tuberosum* L.) comercializadas na cidade de Campinas, Estado de São Paulo.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.24, n.1, Campinas. Jan./mar., 2004.
56. MARSHALL, M.R.; KIM, J.; WEI, C.I. **Enzymatic Browning in Fruits, Vegetables and Seafoods.** Disponível em:  
< <http://www.fao.org/ag/Ags/agsi/ENZYMFINAL/Enzymatic%20Browning.html#CONT> > acessado em 14/03/06. ©FAO, 2000
57. MARTIN-BELLOSO, O. e ROJAS-GRAÜ, M.A. Factores que afectan la calidad. In: AGUILAR, G.A.G; GARDEA, A.A. e NAVARRO, F.C (ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados.** 1. ed. México, 2005, cap. 5, p.77-91.
58. MARTINEZ M. V. e WHITAKER, J. R. **The biochemistry and control of enzymatic browning.** Trends in Food Science and Technology. vol. 6, Jun. 1995.
59. MARTINEZ-TÉLLEZ, M.A.; VARGAS-ARISPURO, I.; CUAMEA-NAVARRO, F.; MORÓN, C. Producción primaria y manejo. In: AGUILAR, G.A.G; GARDEA, A.A. e NAVARRO, F.C (ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados.** 1. ed. México, 2005. Cap. 2, p.17-32.
60. MERCADO-SILVA e AQUINO-BOLANÓS. In: AGUILAR, G.A.G; GARDEA, A.A. e NAVARRO, F.C (ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados.** 1. ed. México, 2005. Cap. 9, p.177-209.
61. MORETTI, C. L., MARQUELLI, W.A., SILVA, W. L. C. **Respiratory activity and browning of minimally processed sweet potatoes.** Revista Horticultura Brasileira. Brasília, v. 20, n. 3, p. 497-500, set. 2002.
62. NGUYENTHE, C.; CARLIN, F. **Microbiology of minimally processed fruits and vegetables.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 34, n. 4, p. 371-401, 1994.
63. NICOLA, S.; FONTANA, E.; TORASSA, C.; HOEBERRECHTS, J. FRESH-CUT PRODUCE: POSTHARVEST CRITICAL ISSUES. **IV INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGING QUALITY IN CHAINS – THE INTEGRATED VIEW ON FRUIT AND VEGETABLES QUALITY.** 2006. Disponível em: <http://www.actahort.org/books/712/>. Acessado em 05 jan 2007.
64. NOURIAN, F.; RAMASWAMY, H.S.; KUSHALAPPA A.C. **Kinetic changes in cooking quality of potatoes stored at different temperatures.** Journal of food Engineering, v. 60, p. 257-266, 2003.
65. PASTORINI, L.H.; BACARIN, M.A.; TREVIZOL, F.C.; BERVALD, M.P.; FERNANDES, H.S. **Produção e teor de carboidratos não estruturais em tubérculos de batata obtidos em duas épocas de plantio.** Revista Horticultura Brasileira. Brasília, v.21, n.4, out.-dez. 2003.
66. PILON, Lucimeire. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração.** Dissertação (Mestre em Ciências), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba/São Paulo, 2003.

67. PINELLI, L.L. O.; MORETTI, C.L.; ALMEIDA, G.C.; NASCIMENTO, A. B. G.C; ONUKI, A.C.A. **Associação de atmosfera modificada e antioxidantes reduz o escurecimento de batatas 'Ágata' minimamente processadas.** Revista Horticultura Brasileira. Brasília, v.23, n.4, out.-dez. 2005 b.
68. PINELLI, L.L.O.; MORETTI, C.L.; ALMEIDA, G.C.; ONUKI, A.C.A.; NASCIMENTO, A.B.G.C. **Caracterização química e física de batatas 'Ágata' minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas.** Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 40, n.10, p.1035-1041, out., 2005 a.
69. PORTE, A. e MAIA, L. H. **Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados.** Boletim CEPPA. Curitiba, v. 19, n. 1, p. 105-118, jan.-jun. 2001.
70. ROCHA, A. M. C. N.; COULON, E. C.; MORAIS, A. M. M. B. **Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes.** Food Service Technology. v. 3, p.81-88, 2003.
71. RUIZ-CRUZ, S.; GARDEA, A.A.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A. Uso de antioxidantes para mantener la calidad y prolongar la vida de anaquel. In: AGUILAR, G.A.G; GARDEA, A.A. e NAVARRO, F.C (ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de produtos vegetales frescos cortados.** 1. ed., México, 2005,. cap. 2, p. 289-308.
72. SALTVEIT, M. E. Respiratory Metabolism. In: **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks.** Agriculture Handbook Number, n. 66, revised April 2004, USDA, ARS.
73. SANCHES, M e SILVA, M.V. **Hortalças minimamente processadas: análises de viabilidade para o atendimento nutricional de escolares.** Revista Higiene Alimentar, v. 19, n. 129, p. 57-67, mar. 2005.
74. SANCHES, Michele. **Hortalças: Consumo e Preferências dos Escolares.** Dissertação (Mestre em Ciência), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba/São Paulo, 2002.
75. Serviço Nacional de proteção a Cultivares – SNPC. Disponível em: [www.agricultura.gov.br/images/MAPA/cultivares/snpc\\_06-39.htm#10](http://www.agricultura.gov.br/images/MAPA/cultivares/snpc_06-39.htm#10). Acesso em 06 jan. 2006.
76. SEVERINI, C., BAIANO, A., DE PILLI, T., ROMANIELLO, R., DEROSI, A. **Prevention of enzymatic browning in sliced potatoes by branching in boiling saline solutions.** Lebensm-Wiss. U. Technology. v. 36, p. 657-665, 2003.
77. SIGRIST, J.M.M. **Estudos Fisiológicos e Tecnológicos de Couve-flor e Rúcula Minimamente processadas.** Tese (Doutorado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba/São Paulo, 2002.
78. SILVA, E. O.; CARNELOSSI, M.A.G.; JACOMINO, A.P.; PUSCHMANN, R.; SOARES, N.F.F; ALVES, R.E; MOSCA, J.L; FILGUEIRAS, H.A.C; BASTOS, M.S.R; SARRIA, S.D.; YAGUIU, P. Formas de presentación. In: AGUILAR, G.A.G; GARDEA, A.A. e NAVARRO, F.C (ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de produtos vegetales frescos cortados.** 1. ed., México, 2005. Cap. 3, p.37-57.
79. TRESSLER, D.K. e JOSLYN, M.A. **Fruits and vegetables: juices processing technology.** Westport, AVI, 1961.

80. TUDELA, J. A.; ESPÍN, J. C.; GIL, M. I. **Vitamin C retention in fresh-cut potatoes.** *Postharvest Biology and Technology*, v. 26, p. 75-84, 2002.
81. VITTI, M. C. D. **Aspectos Fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos em beterrabas minimamente processadas.** Dissertação (Mestre em Ciência), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba - São Paulo, 2003.
82. VOSS, R. E. Potato. In: **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks.** *Agriculture Handbook Number*, v. 66, revised April 2004 USDA, ARS.

**ANEXOS**  
**(artigos defendidos)**

Comissão Editorial  
C. Postal 100  
70359-970, Brasília-DF

**horticultura**  
**brasileira**

Revista da  
Associação Brasileira de Horticultura

e-mail: [hombas@cnphombra.org.br](mailto:hombas@cnphombra.org.br) Fax: (61) 3358 157-44, Tel.: (61) 3385-9088/3385-90-49

Ilma. Sra. Dra.  
Rosemary R. Fonseca  
Universidade Federal da Bahia  
Depto. Ciências dos Alimentos  
Av. Araújo Pinho, 42 Canela  
40150-110 Salvador - BA  
[rrfmestrado@yahoo.com.br](mailto:rrfmestrado@yahoo.com.br)

Declara-se, para os devidos fins, que o trabalho intitulado "**Perfil do mercado de vegetais minimamente processados no estado da Bahia: um estudo de caso**", de autoria de Rosemary R. Fonseca, Deusdélia T. Almeida, Maria da Purificação N. Araújo, Valéria M.A. Camilo e Gilênio B. Fernandes; registrado sob o no HB 1659-06, foi recebido pela Comissão Editorial da revista Horticultura Brasileira e enviado para os assessores *Ad Hoc* e esperamos devolvê-lo com os pareceres em aproximadamente dezoito semanas.

Brasília, 13 de novembro de 2006.

Comissão Editorial  
Revista Horticultura Brasileira  
Associação Brasileira de Horticultura  
CGC 00.349.563/0001-90

## **ARTIGO 01**

**PERFIL DO MERCADO DE VEGETAIS MINIMAMENTE PROCESSADOS NO  
ESTADO DA BAHIA: UM ESTUDO DE CASO.**

## **PERFIL DO MERCADO DE VEGETAIS MINIMAMENTE PROCESSADOS NO ESTADO DA BAHIA: UM ESTUDO DE CASO.**

Rosemary R. Fonseca<sup>1</sup>, Deusdélia T. Almeida<sup>1</sup>, Maria da Purificação N. Araújo<sup>1</sup>, Valéria M. A. Camilo<sup>1</sup> e Gilênio B. Fernandes<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal da Bahia – Escola de Nutrição, Departamento de Ciência dos Alimentos, Av. Araújo Pinho, 42, Canela. CEP 440.110-150 – Salvador/Ba. E-mail: rrfmestrado@yahoo.com.br. <sup>2</sup>Universidade Federal da Bahia – Departamento de Estatística.

### **Resumo**

Vegetais minimamente processados (MP) são aqueles submetidos a etapas como higienização, corte até o armazenamento sob diversas formas, mantendo suas principais características sensoriais e nutricionais, quando comparado ao “*in natura*”. O objetivo desse trabalho foi traçar o perfil do mercado de vegetais MP no contexto do agro-negócio baiano, em termos de volume, tipo de gêneros e período de maior comercialização e clientela atendida entre o período de maio/04 a abril/05. Realizou-se a coleta de dados na única empresa do Estado da Bahia que atuava neste segmento. O volume de produção de vegetais MP no período foi de 1.085 toneladas, apresentado incremento de 54,05%. Dos 48 produtos processados, 07 foram responsáveis por 60,54% do volume total anual da produção, sendo a batata, cenoura, tomate e a alface, os destaques. Verificou-se que o período de outubro a dezembro/04 foi o de maior comercialização dos produtos MP na agroindústria estudada. Identificou-se como os principais clientes da agroindústria os chamados “consumidores intermediários”, representados pelas concessionárias de serviços de alimentação, hospitais, restaurantes e redes de *fast-food*. O incremento significativo na produção sinaliza que este segmento emergente pode constituir-se em uma alternativa econômica e tecnológica viável na área da alimentação, fato que pode ser corroborado

pela instalação de nova agroindústria após este período, capitalizando soluções e racionalizando recursos no setor de alimentação institucional, e ainda possibilitando a promoção de uma dieta mais saudável e ao mesmo tempo conveniente ao consumidor contemporâneo.

Palavras-chave: hortaliças, minimamente processados, produção.

### **Abstract**

#### **Marketing profile of minimally processed vegetables in the State of Bahia: a case study**

Minimally processed vegetables are those that are submitted to steps like cleaning, cutting, up to storage under several ways, keeping their main sensory and nutritional features, when compared to in nature ones. The aim of this work was to set a market profile of MP vegetables in the agribusiness context of Bahia, in terms of volume, types of vegetables and period of greater marketing and the clientele assisted in the period of may/04 to april/05. The information was obtained in a single company in Bahia State that dealt in this line. The production volume of MP vegetables in this period was 1085 tons, an increase of 54,05%. From 48 processed products, 07 were responsible to 60,54% of total annual volume of the production, and the potato, carrot, tomato and lettuce, the highlights. It was verified that the period of better marketing of the MP vegetables was from October to December of 2004. It was realized that the best clients of the agribusiness were the “intermediary consumers”, represented by the food companies, hospitals, restaurants and fast-food chains. The significant increase in the production shows that this emerging line can be an feasible economical and technological alternative in the food area, a fact that can be corroborated by the

installation of the new agro industry after this period, capitalizing solutions and rationalizing resources in the institutional food area, and, at the same time, promoting a healthier diet and convenient to the contemporary consumer.

**Key-words: vegetables, minimally processed, production.**

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado de hortaliças é dinâmico e fortemente influenciado pela preferência dos consumidores. Nota-se, nos últimos anos, uma crescente demanda por produtos diferenciados, não necessariamente associados à introdução de espécies desconhecidas, mas variadas quanto ao tamanho, cor ou sabor como, por exemplo, alface e quiabos roxos, berinjela branca, abobrinha amarela e pimentões em sete cores, miniaturização da cenoura (*baby carrot*) entre outras. Esse mercado vem se estruturando em diversos segmentos, como na oferta de produtos além do *in natura*, como vegetais gelados, super-gelados, desidratados, liofilizados e minimamente processados (Vilela & Henz, 2000).

O termo “vegetais minimamente processados (MP)” descreve os produtos que são submetidos a um processo industrial que envolve as etapas de seleção, classificação da matéria-prima, pré-lavagem, corte, fatiamento, sanitização, enxágüe, centrifugação e embalagem, visando obter um produto fresco, saudável e que, na maioria das vezes não necessita de preparo para ser consumido (Embrapa, 2003) e que utiliza métodos combinados na conservação dos produtos como controle de atmosfera, refrigeração, uso de inibidores enzimáticos entre outros, a depender do produto e processo (Cánovas *et al*, 2003), podendo ser utilizado tanto para hortaliças quanto para as frutas e cereais que se adequem ao processamento.

O processamento mínimo de frutas e hortaliças no Brasil é ainda recente, mas apresenta-se como um nicho de mercado em crescimento e consolidação para um perfil específico de consumidor. É um produto com maior valor agregado quando comparado às frutas e hortaliças compradas *in natura* (Sato, 2005).

Os consumidores esperam que esses produtos estejam livres de defeitos, que tenham grau de maturidade ótimo e possuam elevada qualidade organoléptica e nutricional, inócuos e livres de compostos tóxicos. (Watada & Qi, 1999 *apud* Gonzalez & Lobo, 2005).

A produção de vegetais MP tem sido um dos segmentos com maior expansão nos últimos anos e há grande expectativa de crescimento no futuro próximo tanto no mercado institucional quanto no varejista (Silva *et al*, 2004). Segundo Chitarra (2001) foi a partir da década de 90, que a demanda por tais produtos ganhou maior impulso. A autora atribuiu esse fato a: mudança dos hábitos alimentares da população, participação cada vez maior da mulher no mercado de trabalho, o aumento do número de estabelecimentos de fornecimento de refeições, necessidade de alimentar-se fora do lar, além da busca por praticidade e pela competitividade que o valor agregado do produto propicia, entre outros. Calderón (2006) apontou a conveniência e a qualidade que oferecem como os atributos mais importantes dos produtos MP, seguidos do valor nutricional, do sabor, da segurança de consumo (inocuidade) e outros parâmetros. Tal demanda tem levado a um aumento na variedade e qualidade dos mesmos para o consumo no mercado em geral (Pilon, 2003).

Uma pesquisa brasileira realizada no ano de 2000 mostrou que oito empresas disputavam um mercado de R\$ 100 milhões por ano. Nos Estados Unidos, esse mercado movimentava em torno de US\$ 10 bilhões por ano, 11% de todo o mercado

de frutas, legumes e verduras. O mercado potencial brasileiro de *Fresh cuts* poderá crescer até 100 vezes na primeira década do século XXI (Ferreira, 2000 *apud* Sanches, 2005). E destacam-se como fatores desencadeadores para tal crescimento, a manutenção dos atributos de qualidade dos alimentos frescos e a demanda por produtos semi-prontos sem conservantes químicos quando se trata de consumidores finais, e para o segmento dos consumidores intermediários, representados pelas redes de *fast-food*, hospitais, restaurantes institucionais e comerciais entre outros, tem-se como desencadeadores da demanda, as vantagens logísticas que ocasionam como menor custo final da produção, padronização do produto, redução com custos de transporte, eliminação de etapas da cadeia produtiva das refeições (Silva *et al*, 2004; Chitarra, 2001), menor necessidade de espaço físico para armazenamento e menor utilização de mão-de-obra (Vilela & Henz, 2000).

Do ponto de vista do fornecimento, o mercado de produtos MP ainda está aberto. Pesquisa realizada pelo Ministério da Integração Nacional (*apud* Souza, 2001), nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro revelou que o hábito de comprar produtos embalados ainda é muito pequeno, e ao relacionar as informações sobre os motivos de escolha, notou-se que o conceito de qualidade dos consumidores está associado à oportunidade de escolher o produto nas gôndolas e/ou bancas, pois 83% das pessoas que referiram preferir comprar produtos a granel o fazem pela qualidade dos produtos. Porém, entre os consumidores que preferem comprar produtos processados, verificou-se que a escolha foi motivada em sua maioria (66,3%) pela praticidade. Ragaert *et al* (2004) investigaram a percepção do consumidor e a escolha dos vegetais MP na Bélgica e verificaram que a motivação mais importante para comprar vegetais MP relaciona-se à conveniência e à rapidez no preparo,

especialmente para os consumidores que compram este produto durante fins de semana. Os mesmos autores identificaram que a probabilidade de compra desses produtos tende a ser mais elevada em famílias com alto nível educacional e com crianças.

Em um estudo realizado em Campinas com 39 Unidades de Alimentação e Nutrição (UAN), Rodrigues & Salay (2006) verificaram que 12,8% das UAN trabalhavam com pelo menos dois tipos de produtos minimamente MP, sendo apontado a falta de local adequado para a realização da higienização de vegetais e a falta de mão-de-obra como as motivações mais frequentes para o uso desse tipo de produto.

Nantes & Leonelli (2000) ressaltaram que este é um segmento dinâmico e em expansão em todo o mundo e que os produtos MP apresentam aspecto visual atraente, segurança no consumo e conveniência no preparo das refeições, porém, admitem que a estabilização do mercado enfrenta o problema de desequilíbrio exagerado de preço entre o produto a granel e o processado e, Hanashiro (2003) enfatizou que a cadeia produtiva de vegetais MP necessita de cuidados especiais em todos os elos: insumos agrícolas, agricultura, processamento, distribuição e consumo final, o que revela as possibilidades de crescimento deste segmento, alertando, porém, para a necessidade de uma organização entre os diversos setores envolvidos na produção e comercialização de produtos MP.

Na Bahia, o mercado de hortaliças minimamente processadas ainda é pouco expansivo. Até maio de 2005, somente uma empresa explorava este setor. Com base nesta realidade, este trabalho objetivou traçar o perfil do mercado de vegetais MP no

contexto do agro-negócio baiano, em termos de volume, tipo de gêneros e período de maior comercialização e clientela atendida entre o período de maio/04 a abril/05.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados foi realizada na única empresa do estado da Bahia que atuava neste segmento, no período de maio/04 a abril/05. Os dados foram obtidos no sistema de controle de estoque, levantando-se todos os itens comercializados no período.

Os vegetais MP foram agrupados segundo a classificação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) disposta na Resolução CNNPA nº 12 de 1978, que caracteriza as **Hortaliças** em Verduras; Legumes; e Raízes, tubérculos e rizomas; e conceitua **Frutas e Cereais**. O Quadro 1 apresenta a classificação dos vegetais MP encontrados na agroindústria.

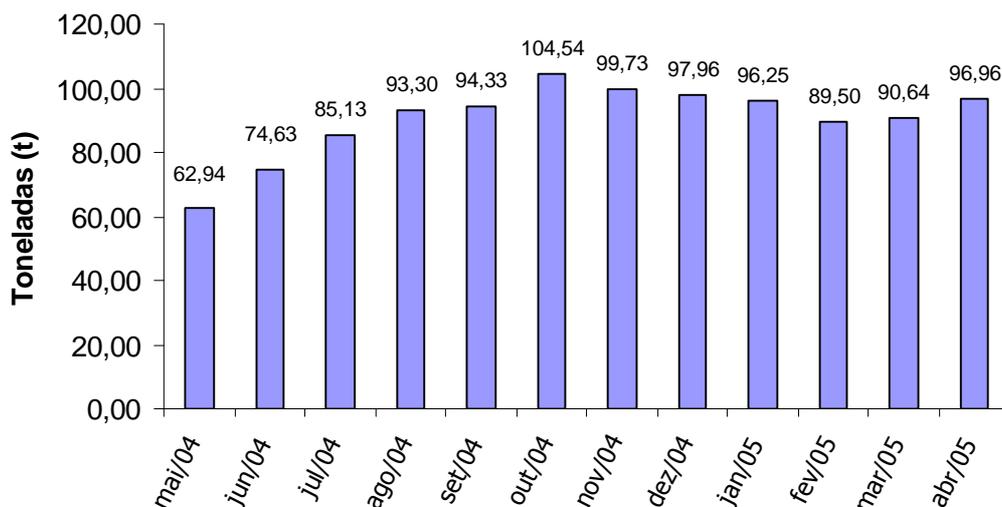
**Quadro 1** – Classificação dos vegetais submetidos ao processamento mínimo.

Verduras	Legumes	Raízes, tubérculos e rizomas	Frutos	Cereais
Acelga	Abóbora	Aipim ou mandioca	Coco	Milho verde
Agrião	Abobrinha	Alho	Limão	-
Alface	Berinjela	Batata bolinha	-	-
Alho poró	Chuchu	Batata doce	-	-
Brocóles	Feijão verde	Batata inglesa	-	-
Cebolinha	Jiló	Beterraba	-	-
Coentro	Maxixe	Cebola	-	-
Couve manteiga	Pepino	Cenoura	-	-
Couve-flor	Pimenta	Gengibre	-	-
Escarola	Quiabo	Inhame	-	-
Espinafre	Salsão	Mandioquinha	-	-
Hortelã	Tomate	Nabo	-	-
Manjericão	Tomate cereja	Rabanete	-	-
Pimentão	Vagem	-	-	-
Repolho branco	-	-	-	-
Repolho roxo	-	-	-	-
Rúcula	-	-	-	-
Salsa	-	-	-	-

Os dados foram submetidos à análise descritiva e de distribuição de frequência utilizando-se o programa *Statistical Package for the Social Sciences* – SPSS/PC+ (versão 11,0).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O volume de produção de vegetais MP comercializados no período de maio/04 a abril/05 no Estado da Bahia foi de 1.085 toneladas, distribuídos mensalmente (Gráfico 1).



**Gráfico 1 - Volume de produção (toneladas/mês) dos grupos de vegetais MP no período de maio/04 a abril/05.**

#### 4.

Verificou-se no período de 12 meses que houve um incremento de 54,05%, no volume anual de produção de vegetais MP, apresentando uma produção média de 90 toneladas/mês, número maior que o encontrado por Silva *et al* (2004) em empresa situada no Rio de Janeiro que produzia em torno de 60 toneladas/mês. Estudo

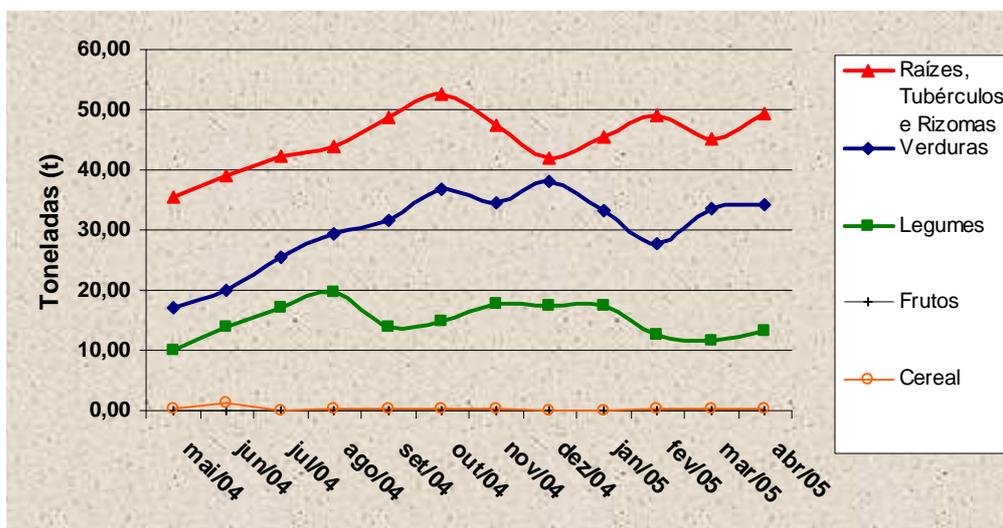
realizado por Stumpe (2006) sobre a produção de MP no Chile, demonstrou que as duas maiores empresas do país são responsáveis por uma produção estimada em torno de 400 toneladas/mês. Lobo & Gonzalez (2006), verificaram que a comercialização desses produtos na Espanha teve um incremento na ordem de 20% em 2005, alcançando uma produção ao redor de 40.000 toneladas/ano o que proporcionou um volume de negócio de aproximadamente 180 milhões de euros. Tais valores encontrados corroboram os resultados aqui apresentados, demonstrando o crescimento que vem atingindo o mercado de MP.

Neste estudo, se identificou que os principais clientes da agroindústria se tratavam dos chamados “consumidores intermediários”, representados principalmente por concessionárias de serviços de alimentação, hospitais, restaurantes institucionais e redes de *fast-food*, demonstrando que este segmento tem alta demanda por produtos minimamente processados. Fares & Nantes (2001) investigando as transações comerciais entre a indústria de vegetais MP e o setor varejista também identificaram que os clientes de duas agroindústrias situadas em São Paulo correspondiam aos aqui caracterizados como consumidores intermediários. Além destes, verificaram ainda a presença de redes de supermercados, varejões elitizados e lojas de conveniência como clientes, os quais diferenciam-se dos encontrados nesse estudo. Calderón (2006) referiu que o uso institucional e em restaurantes *de comida rápida* dos vegetais MP tem crescido na Costa Rica e que representam um mercado atrativo para as agroindústrias.

De acordo com Nantes & Leonelli (2000) o aumento na aquisição de vegetais MP pelos consumidores intermediários ocorre devido à transferência de mão-de-obra do cliente para o fornecedor, pois o produto vem mais elaborado para o preparo final,

diminuindo tempo de preparo, além das vantagens como diminuição de espaços de armazenamento, maior higiene, menor desperdício, entre outros. Além desses fatores, a comercialização com foco no consumidor final, exige uma logística de distribuição adequada além de informações sobre as características dos produtos MP para que este público possa ter acesso a esse tipo de produto com garantia de segurança e qualidade.

Constatou-se que 48 tipos de vegetais estavam sendo submetidos ao processamento mínimo no período analisado, e ao se tomar os dados referentes às *hortaliças* (**Quadro 1**), pode-se observar que além do predomínio destas sobre as *frutos* e *cereais* processados na agroindústria, tem-se uma diversificação e variedade no volume de produção durante todo o período analisado. O **Gráfico 2** apresenta um comparativo sobre o volume de produção mensal das verduras; legumes; raízes, tubérculos e rizomas; frutos e cereais.



**Gráfico 2 - Comparativo dos volumes de produção (toneladas/mês) por grupos de vegetais MP no período de maio/04 a abril/05.**

Verificou-se um maior volume de produção das *raízes, tubérculos e rizomas* durante todo o período estudado (539,6 toneladas), o que representou 49 % da produção total de MP, com predomínio nos meses de outubro/04, fevereiro e abril/05 (**Gráfico 2**). Do volume produzido, 81% corresponderam a quatro vegetais: batata inglesa (25,66%), cenoura (25,27%), mandioca (15,92%) e a cebola (14,19%).

Diversos fatores influenciam esta elevada demanda: a elevada produção destes alimentos em todo o mundo, principalmente a batata que ocupa o quarto lugar entre os alimentos mais consumidos no mundo (FAO, 2001), a ampla faixa de utilização nos cardápios institucionais em guarnições, acompanhamentos, saladas frias, sopas entre outros; o hábito alimentar da coletividade abrangida por esse estudo, o que no caso específico da mandioca, pode ser exemplificado através de uma pesquisa realizada entre os anos de 2002-2003 pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) sobre Orçamento Familiar, que apontou o maior consumo de seus derivados na região norte e nordeste quando comparada as demais regiões. A sazonalidade também é considerada um fator interferente, porém, não foi suficiente para alterar o posicionamento do grupo das *raízes, tubérculos e rizomas*, em termos de comercialização e da própria aceitação do consumidor final.

As *verduras* e os *legumes* representaram 16,5% e 34,4%, respectivamente, do volume total de vegetais MP comercializados. No primeiro grupo, o repolho branco, acelga e a alface, foram responsáveis por aproximadamente 70% do volume total de produção, sendo que esta última foi o produto de maior demanda (29,6%) quando analisado o período total do estudo, o que era esperado, dado que é a segunda hortaliça folhosa de maior aquisição no Brasil, conforme a POF 2002-2003 (IBGE),

principalmente na região nordeste, onde a Bahia aparece como o principal consumidor desse vegetal.

A alface também é apresentada como a principal hortaliça MP comercializada na Espanha, correspondendo a 60% da produção de MP no país (Lobo & González, 2006).

Destaca-se, entretanto, que no mês de maio ocorreu um decréscimo na produção da alface (2,52%) com predomínio do repolho branco (7,99%), o que pode ser atribuído à alta sazonalidade desta última, no período analisado e ainda por que a tendência de consumo deste vegetal no Brasil é elevada quando comparada aos demais folhosos, conforme identificou a POF 2002-2003.

Verificou-se que 03 tipos de *legumes* foram responsáveis por 67,73% do volume global de produção do grupo, a saber: o tomate (26,76%), abóbora (22,37%) e o chuchu (18,6%). Este resultado vai ao encontro dos dados obtidos pela POF 2002-2003, visto que o tomate aparece em lugar de destaque nos domicílios brasileiros e assim como a abóbora, ocupa a quarta posição na Bahia considerando somente este grupo.

Avaliando-se os meses de maior volume de comercialização para abóbora e tomate – verificou-se incremento da ordem de 137,4% nos meses de maio/04 a janeiro/05 e de 80 % entre março a dezembro de 2004, respectivamente.

Já os *frutos e cereais* não apresentaram impactos significativos no volume de produção total anual, ficando responsáveis por 0,05% e 0,3% da produção total, respectivamente. Entretanto, verificou-se que o maior volume de produção do cereal processado na agroindústria foi em junho, período tradicional das chamadas festas juninas em todo o nordeste.

## 5. CONCLUSÕES

Considerando a variedade de vegetais que estavam sendo submetidos ao processamento mínimo na agroindústria, vê-se que vários e diferentes tipos se caracterizaram como produtos potencialmente adequados a este processo, existindo o predomínio de comercialização da batata, tomate e alface nos grupos de tubérculos, raízes rizomas; legumes e verduras respectivamente, mantendo-se dentro de uma linearidade de comercialização, na maior parte do período analisado.

O uso de vegetais MP pode ser utilizado para capitalizar soluções e racionalizar recursos no setor de alimentação institucional, e ainda possibilitar a promoção de uma dieta mais saudável e ao mesmo tempo conveniente ao consumidor contemporâneo. Esta atividade pode representar uma ampla perspectiva para o desenvolvimento do setor agrícola no Estado da Bahia.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem o apoio recebido da Fruvele Plus, do Mestrado em Alimentos, Nutrição e Saúde/UFBA e da Universidade do Estado da Bahia – UNEB.

## 6. LITERATURA CITADA

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - CNNPA (Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos). **Resolução** nº 12, de 1978, publicada no D.O.U de 24/07/1978.

CALDERÓN, MM 2006. Los vegetales frescos cortados em Costa Rica. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E

HORTALIÇAS E I SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, IV, São Pedro. **Palestras, resumos, fluxogramas e oficinas**, São Pedro, USP-ESALQ. p. 81-92

CANOVAS, GVB; MOLINA, JJF; ALZAMORA, SM; TAPIA, MS.; MALO, A L & CHANES, JW 2003. **Handling and preservation oof fruits and vegetables by combined methods for rural áreas**. Série FAO Agricultural Services Bulletins, 149, Manual técnico, 106 pg. In: [www.fao.org/documents/pub\\_dett.asp?pub\\_id=12631&lang=en](http://www.fao.org/documents/pub_dett.asp?pub_id=12631&lang=en), acessado em 24 de março de 2006 às 11:25h.

CHITARRA, MIF 2001. **Alimentos minimamente processados**. Textos acadêmicos. MG - Universidade Federal de Lavras.

EMBRAPA 2003. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: hortaliças minimamente processadas** / Embrapa Hortaliças. Serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas. Brasília: informação tecnológica (Série agronegócios).

FAO 2001. FAO:Statistic data base (*on line*). Disponível: <http://www.fao.org>.

FARES, CB & NANTES, JFD. 2001. **Transações comerciais entre a indústria de vegetais minimamente processados e o setor varejista**. In: 3º WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DE SISTEMAS AGROALIMENTARES. Ribeirão Preto (Programa de estudo dos negócios do sistema agroindustrial).

GONZÁLEZ, M & LOBO, MG 2005. Técnicas de procesamiento. In: AGUILAR, GAG; GARDEA, AA; NAVARRO, FC (eds). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. México: CIAD, A.C; CYTED; CONACYT; COFUPRO. p. 97-116.

HANASHIRO, MM 2003. **Relações de coordenação entre a agricultura, indústria e distribuição na cadeia produtiva dos produtos minimamente processados.**

Campinas: Universidade Estadual de Campinas (tese de mestrado). 125 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2002 – 2003. **Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) – Brasil.**

LOBO, MG & GONZÁLEZ, M. 2006. Estado actual de los productos minimamente procesados em Espana. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS E I SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, IV, São Pedro. **Palestras, resumos, fluxogramas e oficinas**, São Pedro, USP-ESALQ. p. 77-80

NANTES, JFD & LEONELLI, FCV 2000. **A estruturação da cadeia produtiva de vegetais minimamente processados.** Revista FAE, Curitiba, v. 3, set./dez., pg. 61-69.

PILON, L. 2003. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração.** São Paulo, USP – ESALQ (Dissertação mestrado).

RAGAERT, P; VERBEKE, W; DEVLIEGHERE, F & DEBEVERE, J. 2004. **Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits.** Food Quality and Preference, v. 15, nº 3, abr., p. 259-270.

RODRIGUES, KRM. & SALAY, E. 2006. Perspectivas de utilização de hortaliças minimamente processadas em unidades de alimentação e nutrição, município de Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS E I SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS

FRESCOS CORTADOS, IV, São Pedro. **Palestras, resumos, fluxogramas e oficinas**, São Pedro, USP-ESALQ. p. 186.

SANCHES, M. 2005. **Hortalças minimamente processadas: análises de viabilidade para o atendimento nutricional de escolares**. Revista Higiene Alimentar, v. 19, nº 129, mar., p.57-67.

SATO, G.S. 2005. **O mercado de hortalças e frutas minimamente processadas no Brasil**. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v.72, (supl.2),. p.64

SILVA, EO; PUSCHMANN, R; SOARES, NFF.; CARNELOSSI, MAG.; MORETTI, CL & CENCI SA 2004. Processamento mínimo no Brasil. In: SIMPOSIUM "ESTADO ACTUAL DEL MERCADO DE FRUTOS Y VEGETALES CORTADOS EM IBEROAMÉRICA". San José, Costa Rica, abril, **Proyecto XI.22 Desarrollo de tecnologías para la conservación de vegetales frescos cortados**.

SOUZA, RAM 2001. **Mercado para produtos minimamente processados**. Informações econômicas, São Paulo, v.31, nº3, mar.

STUMPE, HB 2006. Panorama general de vegetales frescos cortados em Chile. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS E I SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, IV, São Pedro. **Palestras, resumos, fluxogramas e oficinas**, São Pedro, USP-ESALQ, p. 96-97.

VILELA, NJ & HENZ, GP 2000. **Situação atual da participação das hortalças no agronegócio brasileiro e perspectivas futuras**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.17, jan./abr, p.71-89.

## **ARTIGO 02**

**DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DE  
QUALIDADE DE BATATAS MINIMAMENTE PROCESSADAS  
SUBMETIDAS A TRATAMENTOS COM ÁCIDO CÍTRICO E  
METABISSULFITO DE SÓDIO.**

# DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DE QUALIDADE DE BATATAS MINIMAMENTE PROCESSADAS SUBMETIDAS A TRATAMENTOS COM ÁCIDO CÍTRICO E METABISSULFITO DE SÓDIO.

Rosemary da Rocha Fonseca<sup>1\*</sup>, Deusdélia T. Almeida<sup>1,2</sup>, Maria da Purificação N. Araújo<sup>2</sup>, Celso L. Moretti<sup>3</sup>, Leonora M. Matos<sup>3</sup>, Gilênio B. Fernandes<sup>4</sup> & Valéria M.A.Camilo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação, Mestrado em Alimentos, Nutrição e Saúde. Esc. Nutrição. Universidade Federal da Bahia (UFBA). End.: av. Araújo Pinho, 32, Canela, CEP: 40110-150. Salvador-Ba. Brasil.

<sup>2</sup>Departamento Ciência dos alimentos. Escola de Nutrição/UFBA. Salvador-Ba/ Br.

<sup>3</sup>Laboratório de Pós-colheita. Embrapa Hortaliças/CNPH. Rod. Brasília/Anápolis, BR 060, Km 09, Gama. Caixa Postal 218 CEP 70359-970. Distrito Federal-Brasil.

<sup>4</sup>Dep. Estatística. Instituto de matemática/UFBA. End: Rua Barão de Jeremoabo, s/nº - Campus Universitário de Ondina. CEP: 40170-115 Salvador- BA

## Resumo

A vida útil de batatas (*Solanum tuberosum*) minimamente processadas é limitada pelas reações catalisadas pela polifenol oxidase, que produzem o escurecimento enzimático e perdas na qualidade do produto final. Geralmente esse fenômeno é controlado por métodos físicos, químicos e/ou combinados. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de tratamentos químicos, através da adição de aditivos - ácido cítrico a 2%, metabissulfito de sódio a 0,01% e a associação de ácido cítrico (2%) + metabissulfito de sódio (0,01%), em batatas cultivar "Monalisa", embaladas a vácuo e mantidas sobre refrigeração (4-6° C) por 13 dias. Foram analisadas as variáveis: sólidos solúveis totais, acidez total, pH, textura e cor (sistema CIELab, C\*, h°; e índice de escurecimento). Os resultados demonstraram que tubérculos de batata tratados com ácido cítrico a 2% e sua associação com metabissulfito de sódio a 0,01%, mantiveram os melhores parâmetros físicos e químicos. A vida útil de batatas minimamente processadas oscilou em torno de 09 dias de armazenamento sob refrigeração (4-6° C), considerando o modelo de processamento industrial utilizado na agroindústria.

**Palavras-chaves:** batata, minimamente processados, escurecimento enzimático, polifenol oxidase, ácido cítrico.

### **Abstract**

Shelf life of minimally processed potatoes (*Solanum tuberosum*) is limited by reactions caused by polyphenol oxidase, which cause enzymatic browning and loss of quality of the final product. Usually this phenomenon is controlled by physical and/or chemical methods. This work aimed to assay the influence of chemical treatments, by addition of additives – citric acid (2%), sodium metabisulfite (0,01%) and association of citric acid (2%) + sodium metabisulfite (0,01%), on “Monalisa” cultivar potatoes, vacuum sealed and kept under refrigeration (4-6° C) for 13 days. The following variables were analyzed: total soluble solids, total acidity, pH, texture, and color (CIELab system, C\*, h<sup>0</sup> and browning index). Results showed that potato tubers treated with citric acid 2% and with its association with sodium metabisulfite 0,01% maintained the best physico-chemical parameters. Shelf life of minimally processed potatoes varied around 09 day of storage under refrigeration (4-6°C), considering the industrial processing model used in agroindustry.

Key-words: potato, minimally processed, enzymatic browning, polyphenol oxidase, citric acid.

## **1. INTRODUÇÃO**

A batata (*Solanum tuberosum* L. spp.) em ordem de importância é a quarta cultura agrícola mundial, sendo plantada em pelo menos 125 países e consumida por mais de um bilhão de pessoas em todo o mundo (FREIRE, 1998 *apud* PASTORINI *et al.*, 2003). No Brasil, o consumo anual de batatas ocupa o segundo lugar em termos de produtividade, com produção estimada em 2.892 mil/toneladas e disponibilidade de 15,81 kg/hab/ano (FAO-FAOSTAT & IBGE, 2005). A demanda por batatas minimamente processadas vem crescendo nas últimas décadas, reflexo da conveniência, qualidade, segurança, apresentação atrativa e otimização de tempo no

preparo de refeições que tais produtos oferecem (Chitarra, 2001; Embrapa, 2003; Calderón, 2006).

Por definição, o produto minimamente processado (MP) é qualquer fruto ou hortaliça, ou a combinação de ambos, que sofreu alteração física com eliminação de cascas, talos e/ou sementes (Silva *et al.*, 2005), podendo ser cortados, ralados, picados, torneados, tornando-as prontas para consumo imediato, sem que a mesma venha a perder a condição de produto fresco ou *in natura* (Gonzalez & Lobo, 2005), devendo ser conservados em embalagens, com atmosfera controlada e sob temperaturas de refrigeração que variam de acordo com o produto em função de sua maior perecibilidade. O estresse fisiológico, injúria, taxa respiratória, manipulação, condições atmosféricas e temperatura de armazenamento são os principais responsáveis pela diminuição da vida útil desses produtos, que podem resultar na degradação da cor, textura, e sabor dos produtos (Ahvenainen, 1996).

Um dos principais desafios ao processamento mínimo de batatas é a susceptibilidade ao escurecimento enzimático (Pinelli *et al.*, 2005b), que se desenvolve devido à atividade de um complexo de enzimas polifenol oxidase (PPO: 1, 2 - benzenodiol: oxigênio oxidorreductase), as quais atuam sobre os compostos fenólicos presentes nas capas externas do córtex das células. A PPO é oxidase de função mista, relativamente termolábil, que contém cobre ( $\text{Cu}^{++}$ ) no seu centro ativo. A ação da enzima dá-se sobre certos fenóis, especialmente mono e difenóis que são hidroxilados na posição orto adjacente ao grupo OH, com subsequente oxidação a *o*-benzoquinonas, moléculas extremamente reativas, que podem se polimerizar formando os pigmentos escuros, as melaninas (Marshall *et al.*, 2000; Porte & Maia, 2001; Aguila, 2004; Limbo & Piergiovanni, 2006, Araújo, 1999; Severini *et al.*, 2003).

Os fatores mais importantes na evolução da taxa do escurecimento enzimático são a concentração de PPO ativa e de compostos fenólicos, o pH, a temperatura e o O<sub>2</sub> disponível (Martinez & Whitaker, 1995, Araújo, 1999; Marshall *et al*, 2000) e de acordo com Araújo (1999), a ausência ou bloqueio de um dos componentes: *enzima, substrato e/ou oxigênio* (seja por agentes redutores, temperatura ou abaixamento do pH) inibe a reação.

A inativação da PPO é uma das alternativas da indústria de alimentos para melhorar a qualidade de produtos suscetíveis ao escurecimento. Os mecanismos mais utilizados para a inativação no processamento mínimo são a adição de agentes inibidores (Son, Moon & Lee, 2001; González-Aguilar *et al.*, 2005), o uso de atmosfera modificada (Rocha *et al.*, 2003; Pinelli *et al.*, 2005a), técnicas de engenharia genética (Coetzer *et al.*, 2001) e a combinação de alguns destes métodos (Pinelli *et al.*, 2005b; Limbo e Piergiovanni, 2006).

Dentre os métodos químicos utilizados para controle do escurecimento destaca-se o emprego de ácidos e sulfitos. O ácido cítrico (AC) é um ácido carboxílico, acidulante, com propriedades antioxidante e quelante, sendo usado sinergisticamente com outros ácidos na indústria de alimentos (Aguila, 2004, Marshall *at al.*, 2000), não tendo limites quanto à concentração na legislação brasileira, de forma que, avaliações sensoriais, químicas e físicas determinam o sucesso de uma metodologia na conservação do produto fresco ou em conserva (Moda *et al*, 2005). É utilizado em níveis que variam entre 0,5 e 2 por cento (w/v) para a prevenção do escurecimento e seu efeito inibidor na PPO, deve-se principalmente a redução do pH (Marshall *et al*, 2000; Son, Moon & Lee, 2001).

Os sulfitos são utilizados como agentes redutores, apresentam amplo espectro de ação, possuem atividade antimicrobiana. Atuam na PPO, ligando um grupo sulfídrico no local ativo da enzima. Apesar de possuírem diversas vantagens técnicas e baixo custo, os sulfitos provocam a corrosão de equipamentos, a diminuição do valor nutricional, a perda de firmeza e a formação de sabores e odores desagradáveis (*off-flavors*) nos produtos aos quais é aplicado, porém, além de sua ação redutora, sua ação antimicrobiana leva a ter sua utilização também em produtos MP (Pinelli *et al.*, 2005<sup>b</sup>; Canovas *et al.*, 2003).

As principais pesquisas sobre processamento mínimo centram-se em experimentos laboratoriais, e.g. Vitti (2003), Pinelli *et al.* (2005a,b), Limbo & Piergiovanni (2006), entre outros. Notou-se assim, a necessidade de estudos que retratem o processamento mínimo industrial *in loco* e os efeitos deste nas características e qualidade do produto final, proporcionando assim, o estabelecimento da vida útil e qualidade dos produtos, com base nas pesquisas científicas e na experimentação prática. Assim, este estudo objetivou avaliar a influência de tratamentos com aditivos, associados à refrigeração e embalagem a vácuo, através das características físico-químicas e de qualidade de tubérculos de batatas MP, considerando o fluxo operacional de uma planta instalada em agroindústria baiana.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Material vegetal**

Aproximadamente 120 kg de tubérculos de batatas (*Solanum tuberosum*, L.), cultivar “Monalisa”, adquiridos na CEASA/Simões Filho (Bahia/Brasil) foram

transportados e armazenados ( $\sim 27^{\circ}\text{C}$ ) até o momento do processamento na agroindústria (Simões Filho).

Os tubérculos foram então selecionados, lavados com água potável para a retirada das impurezas e sujidades, submetidos ao processamento mínimo e armazenados sob refrigeração ( $4\text{--}6^{\circ}\text{C}$ ). A seguir foram transportados, em gelo seco, ao Laboratório Embrapa Hortaliças/DF.

## **2.2 Processamento mínimo.**

Os tubérculos de batata foram descascados por abrasão em descascadora industrial (mod. P60, 1,5t./h, Incalfer), por 240 segundos a 150 rpm (rotações por minuto), sendo imediatamente imersos em água potável. Em seguida foram cortados em cubos de aproximadamente 12 mm em cubetadeira industrial (mod. MST, Incalfer), divididos em quatro lotes e imersos por 10 minutos nos respectivos tratamentos:  $T_1$  – tratamento com ácido cítrico (2%) + metabissulfito de sódio (0,01%);  $T_2$  - tratamento com metabissulfito de sódio a 0,01%;  $T_3$  - tratamento com ácido cítrico a 2%; e  $T_4$  - controle (amostra sanitizada 150 ppm de cloro ativo).

A seguir foram centrifugados a 800 rpm por cerca de 20 minutos em centrífuga industrial (mod. CE 350, Incalfer), pesados em porções de 500 g em balança digital (mod. Ramuzatron 15P, cap. 15kg, Ramuza) e envasados em embalagens de baixa permeabilidade ao oxigênio (espessura  $90\mu$ ), submetidos à pressão de vácuo ( $4$  à  $710$  mmHg) por 15 segundos em seladora industrial (marca Selovac, mod. 200B) e armazenados sob refrigeração entre  $4^{\circ}$  a  $6^{\circ}\text{C}$  por 15 dias. As amostras foram

submetidas às análises químicas e físicas, nas primeiras 24 horas após o processamento e a cada dois dias de armazenamento.

### 2.3 Análises químicas:

**Sólidos Solúveis Totais (SST)** - determinado em leitura direta no refratômetro digital Atago corrigido em relação à temperatura e ácido cítrico contidos na amostra e os resultados em °Brix (AOAC, 2000). **Acidez Total Titulável (ATT) e pH** - conforme método padronizado pela AOAC (2000).

### 2.4 Análises físicas

**Cor** - O desenvolvimento do escurecimento foi medido na superfície dos cubos com Colorímetro (Konica Minolta CR 400 – Chroma Meter) e determinada pelos parâmetros L\* (luminosidade) que varia de 0 (preto) a 100 (branco); a\* (intensidade de vermelho, variando de verde(-a) ao vermelho (+a)); e b\* (intensidade de amarelo, variando de amarelo (-b) ao azul (+b) do sistema CIELAB. Determinou-se ainda a cromaticidade - C\* (Fórmula 1); a tonalidade (ângulo h°) (Fórmula 2) (MACHADO *et al*, 1997) e o índice de escurecimento (Fórmula 3), com base nos trabalhos de Pinelli *et al*. (2005a,b). **Textura** - A medida foi realizada com auxílio de um Penetrômetro – Fruit Pressure Tester FT 327, marca Somar, ponta de prova nº 03 e os resultados expressos em Kg<sup>f</sup>-1.

$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$	<b>Fórmula 1</b>
$h^* = \arctan (b^*/a^*)$	<b>Fórmula 2</b>
IE = [100 (X - 0,31)]/0,172, onde: IE = Índice de escurecimento $X = (a + 1,75L)/(5,645L + a - 3,021b)$ .	<b>Fórmula 3</b>

## 2.5 Delineamento estatístico

As análises foram realizadas em plano fatorial 4x8 constituído por dois fatores – tratamento e tempo de armazenamento - com 04 tratamentos (sendo um controle e 03 tratamentos com aditivos) em 8 tempos de amostragem, constituídos em um modelo de delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições para cada tratamento e em triplicata.

Os dados foram submetidos a análises de variância entre as médias no programa estatístico “R” e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e análise descritiva das variáveis ATT e pH.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

**Sólidos solúveis totais** – Estudo conduzidos por Feltran (2002) em 18 cultivares de batata *in natura* demonstraram teores de SST em torno de 5,62° Brix, superiores aos verificados neste estudo para todos os tratamentos (Tabela 1). A diminuição de tais valores pode estar relacionada a um decréscimo nos teores de amido, como consequência das baixas temperaturas de armazenamento, que ocasionam um acúmulo de ATP, responsável pelo incremento das concentrações de sacarose, via fosforilase. Este carboidrato torna-se substrato da inverterase ácida vacuolar que originará o acúmulo de açúcares redutores (apud Pinelli *et al.*, 2005b). Além disso, as

baixas temperaturas associadas as injúrias produzidas durante o processamento mínimo, favorecem a perda da integridade celular e a descompartimentização de substratos com liberação da amilase e fosforilase que atua na quebra do amido, afetando o teor de sólidos solúveis, além das perdas por lixiviação, ou solubilização na água conforme levantado por Cano *et al.* (2005).

Verificou-se que os teores de SST foram afetados significativamente pelos tratamentos e pelo tempo de armazenamento, embora não tenha sido observada interação significativa entre esses dois fatores (Tabela 1). Diferenças estatisticamente significantes ( $p < 0,05$ ) foram verificadas nos cubos de batatas controle e os demais grupos e entre o  $T_1$  e  $T_3$  quando comparados ao  $T_2$ , os quais apresentaram os maiores valores ao longo do tempo de armazenamento (Tabela 1). A partir do sétimo dia de armazenamento verificou-se a redução constante e ao final de 13 dias de armazenamento todos os tratamentos diminuíram significativamente os teores de SST (Tabela 1). Como já mencionado, o amido é degradado a açúcares, posteriormente consumido no processo fermentativo, o que contribui para o decréscimo dos SST com o tempo (Pinelli *et al.*, 2005a)

**Acidez total titulável (ATT) e pH** - a acidez total quantifica os ácidos orgânicos presentes nos alimentos, os quais influenciam o sabor, odor, cor, a estabilidade e a manutenção da qualidade (Cechi, 2001). Em tubérculos de batata os principais ácidos e presentes em maior proporção são os ácidos cítrico, málico e oxálico e, de um modo geral há uma tendência de diminuição nos teores dos ácidos orgânicos em função do processo respiratório e/ou devido a conversão em açúcares (Feltran *et al.*, 2002; Marshall, 2000; Cechi, 2001).

Não se observou diminuição importante nos teores de ATT nos tratamentos, principalmente ao final do experimento (Tabela 2). Pilon (2002) verificou índices de acidez mais elevados em saladas mistas com batatas tratadas á vácuo parcial e em atmosfera modificada.

A ATT apresentou comportamento diferenciado nos diversos tratamentos, com comportamento inverso ao pH (Tabela 2). O T<sub>3</sub> destacou-se pelos maiores teores de ácidos durante todo o experimento, superando o controle e o T<sub>2</sub> na média em até 55% e o T<sub>1</sub> em até 20%, o que era esperado por tratar-se de um acidulante. Observou-se ainda, que a associação de ácido com metabissulfito de sódio influenciou na concentração final da ATT, corroborando as afirmações de Aguila (2004) que ao se aplicar ácidos externamente aos produtos, estes vão incrementar o teor de ATT, uma vez que para esta determinação são quantificados todos os ácidos presentes nos produtos. Tal resultado pôde ser visualizado quando confrontados os resultados do T<sub>1</sub> com o T<sub>2</sub>, este que por conter somente metabissulfito manteve interação durante todo o armazenamento com o controle (Tabela 2).

Em tubérculos de batata, o pH é variável em função da maturação e localização (Feltran, 2002). A prevenção do escurecimento enzimático pode acontecer pela eliminação dos substratos e/ou inibição de enzimas. O pH ótimo para a atuação da PPO situa-se em torno de 6,0 a 6,5 e pequena atividade pode ser encontrada em pH abaixo de 4,5 (Garcia & Barrett, 2003). A adição de acidulantes isolados e/ou associados tem como objetivo a inibição da PPO por intermédio da redução do pH, desfavorecendo também o crescimento microbiano e atuando como quelante do cobre no sitio ativo da enzima (Baruffaldi & Oliveira, 1998; Marshall *et al.*, 2000). Assim a

redução do pH em frutas e hortaliças minimamente processadas tem sido recorrente nas pesquisas científicas.

Os valores de pH do experimento controle variaram entre 4,85 a 5,88, tais dados são compatíveis com os encontrados por Feltran (2002) para 18 cultivares de batatas *in natura*. Ao compararmos as médias dos valores de pH, observou-se reduções em torno de 18% e 23%, nos tratamentos à base de ácido cítrico - T<sub>1</sub> e T<sub>3</sub> - respectivamente, em relação ao controle no 1º dia, mantendo-se uma diferença percentual, mesmo que com variações, até o 11º dia de armazenamento.

A redução do pH alcançada nos produtos pode ser considerada benéfica, pois tal procedimento se configura como um auxiliar na conservação e aumento da vida de prateleira (Baruffaldi & Oliveira, 1998), e no caso de hortaliças processadas, o uso de métodos combinados, como o armazenamento refrigerado também contribui para a manutenção da qualidade do produto final, sem esquecer porém, que avaliações sensoriais, além das químicas e físicas, determinam o sucesso de uma metodologia na conservação do produto fresco (Marshall *et al.*, 2000).

**Textura** - a aparência, sabor, textura e valor nutricional são quatro atributos considerados pelo consumidor na compra de vegetais (Ruiz-Cruz *et al.*, 2006). A textura é o segundo fator de maior importância na qualidade dos produtos hortícolas e é crítico para determinar sua aceitabilidade, a qual é preservada dentro de intervalos adequados para cada produto, sendo controlado por fatores como o turgor do tecido vegetal associada ao teor de água, bem como às distintas enzimas que alteram a conformação da parede celular (Mercado-Silva & Aquino-Bolaños, 2005; Abbot & Harker, 2004). Geralmente é quantificada como a resistência do produto a uma força aplicada.

A textura de cubos de batatas, ao contrário dos SST, não foi afetada pelos tratamentos e nem pelo tempo de armazenamento. Entretanto, as amostras tratadas com metabissulfito de sódio diferiram estatisticamente das submetidas aos tratamentos com ácidos (T<sub>1</sub> e T<sub>3</sub>), apresentando os menores valores. A preservação da textura nas amostras pode ser resultante do uso do vácuo, que consiste na retirada moderada da pressão parcial de O<sub>2</sub> da embalagem (Gonzalez & Lobo, 2005). Os resultados são compatíveis com os encontrados por Pinelli *et al.* (2005a) para batatas Ágata MP, embaladas sob vácuo parcial, que mantiveram a firmeza ao longo do tempo de armazenamento. Confirmando-se ainda, as deduções dos autores de que é possível haver uma relação inversa entre a tensão de O<sub>2</sub> e a inibição de lignina e suberina, responsáveis pela suberização de tecidos lesados.

Ainda que o corte e o descascamento aumentem a área de exposição, o que leva à alterações significativas, como perda de água, degradação do amido, deposição de lignina e suberina, os tratamentos com ácidos tendem a conservar a textura, como descrito por Kaaber *et al.* (2006) é possível que substâncias pécticas possam estar envolvidas na preservação da textura com a presença de ácidos, dado que estes tendem a elevar a rigidez da parede celular pela formação de sais insolúveis.

**Cor** - a partir dos valores triestímulos, L\*, a\*, b\*, varias funções de cor foram avaliadas, como índice de escurecimento, tonalidade (h<sup>0</sup>) e cromaticidade (C\*). Tais parâmetros são caracterizados por uma elevada correlação com a cor visual externa. Neste estudo, o valor de L\* apresentou diferença estatisticamente significativa (p<0,05) entre a amostra controle e os T<sub>1</sub> e T<sub>3</sub>, ao contrario do T<sub>2</sub>. De forma geral, os experimentos 1 e 3 demonstraram maior luminosidade no período estudado quando comparados aos demais tratamentos. No último dia de experimentação, observou-se

decréscimo na coordenada  $L^*$  para quase todos os tratamentos, resultado indicativo de escurecimento (Tabela 3). De acordo com Araújo (1999) o escurecimento enzimático pode ser prevenido pelo abaixamento do pH, em duas ou mais unidades, abaixo do pH ótimo da PPO ( $\sim 6,0$ ), entretanto, mesmo sem atingir a redução proposta pelo autor, os tratamentos 1 e 3 mostraram-se capazes de inibir o escurecimento enzimático quando se analisa a variável  $L$ . Tal fato pode ser atribuído à manutenção do pH em níveis que variaram entre 4,55 a 5,01 e de 4,27 a 4,77 nos respectivos tratamentos, entretanto as médias dos valores de pH do  $T_2$  assemelharam-se às médias do controle, 5,54 e 5,59, respectivamente.

Evidenciou-se a influência dos valores do pH sobre a coloração dos tubérculos de batatas. A preservação da luminosidade foi mais efetiva em meio ácido. Diferentemente os cubos tratados somente de metabissulfito de sódio ( $T_2$ ) não diferiram do controle com valores de  $L^*$  similares a esse até o nono dia de armazenamento (Tabela 3). Segundo alguns autores (Baruffaldi & Oliveira, 1998; Belitz & Grosch, 1997) a atuação dos sulfitos e seus sais é afetada pelo valor de pH da solução/substrato, isto é, sua atuação é mais efetiva em pH mais baixo.

Neste estudo, o valor  $a^*$  do experimento controle diferiu significativamente dos demais tratamentos, elevando-se com o tempo de armazenamento, reflexo de escurecimento enzimático. O  $T_2$  mostrou interação com o  $T_1$  e  $T_3$ , não diferindo significativamente destes, e a associação de ácido cítrico e metabissulfito de sódio foi mais eficiente na manutenção da tonalidade do produto. Observou-se ainda diferenças significativas ( $p < 0,05\%$ ) no  $T_3$  quando comparado aos experimentos 1 e 4. Os valores do ângulo ( $h^\circ$ ) apresentaram pequena variação ao longo do tempo de amostragem,

não apresentando diferença significativa entre os dias de armazenamento em todos os tratamentos, sendo influenciados pelos valores de  $a^*$  (Tabela 3).

Os resultados do valor  $b^*$  demonstraram diferenças estatisticamente significativas, em nível de 5% de probabilidade, entre o tratamento ( $T_3$ ) com 2% ácido em relação ao controle e ao  $T_2$ , apresentando os menores índices. Os flavonoles, presentes em tubérculos de batata, responsáveis pela coloração amarela, são influenciados pela mudança de pH tendendo a despigmentação observada pelo decréscimo desta variável, nos  $T_1$ ,  $T_3$  e controle, ao contrário do experimento com metabissulfito (Tabela 3).

De acordo com Machado *et al* (1997) uma cor em qualquer um dos planos  $a^* b^*$  também pode ser descrita em termos de cromaticidade ( $C^*$ ) que é a distância de sua coordenada (a,b) origem acromática (0,0), e do seu ângulo de tonalidade,  $h^\circ$ , o qual é medido em graus numa escala de  $0^\circ$ - $360^\circ$ . Para a variável  $C^*$ , o  $T_3$  foi o que apresentou os menores valores, apresentando diferença significativa ( $p < 0,05\%$ ) do controle e do tratamento 2, indicando que o tratamento com ácido produz decréscimo na intensidade da cor amarela (Tabela 3).

O índice de escurecimento foi utilizado por Pinelli *et al* (2005 a, b), para avaliar o escurecimento em batatas Ágata MP, os quais verificaram que a associação dos ácidos cítrico e eritrórbico e o uso de embalagem a vácuo foram os mais eficientes no controle do escurecimento enzimático. Os valores encontrados nos tratamentos, para o índice de escurecimento, diferiram significativamente em nível de 5% de probabilidade, entre o controle e os  $T_1$  e  $T_3$  (Tabela 3), demonstrando que o  $T_2$ , quando avaliado por essa variável mostrou-se como o mais ineficiente na prevenção do escurecimento enzimático.

#### 4. CONCLUSÕES

Baseado nos indicadores físicos e químicos analisados verificou-se que a vida útil de batatas “Monalisa” MP, tratadas com ácido cítrico a 2% (T<sub>3</sub>) e sua associação com metabisssulfito de sódio a 0,01% (T<sub>1</sub>) oscilou em torno de 09 dias de armazenamento sob refrigeração (4-6° C).

#### 5. LITERATURA CITADA

- Abbott, J. A. & Harker, F. R. (2004). Texture. In: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Agriculture Handbook Number, v. 66. USDA, ARS.
- Aguila, J. S. (2004). Processamento mínimo de rabanetes: estudos físico-químicos, fisiológicos e microbiológicos. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba /SP.
- Ahvenainen, R. (1996). Review: New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. Trends in Food Science & Technology, v.7.
- Araújo, J.M.A. (1999). Química dos alimentos: teoria e prática. 2ª ed. cap. 14. Ed. Viçosa, UFV.
- Association of Official Analytical Chemists - AOAC. (2000). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 12ª ed., Washington.
- Baruffaldi, R. & Oliveira, M.N. (1998). Fundamentos de tecnologia dos alimentos. Ed. Atheneu, 3, São Paulo.
- Calderón, M.M. (2006). Los vegetales frescos cortados en Costa Rica. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS E I SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, IV, São Pedro. Palestras, resumos, fluxogramas e oficinas, São Pedro/SP, USP/ESALQ, p. 81-92.
- Cano, M. P.; Sánchez-Moreno C.; Pascual-Teresa, S.; Ancos, B. (2005). Procesado mínimo y valor nutricional. In: Aguilar, G.A.G; Gardea, A.A. & Navarro, F.C (ed.). Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. México, cap. 7, p.119-149.
- Canovas, G.V.B., Molina, J.J.F., Alzamora, S.M., Tapia, M.S., Malo, A. L. & Chanes, J.W. (2003). Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas. Série FAO Agricultural Services Bulletins, Manual técnico, 149, 106 p. Disponível em: <[www.fao.org/documents/pub\\_dett.asp?pub\\_id=12631&lang=en](http://www.fao.org/documents/pub_dett.asp?pub_id=12631&lang=en)>, acessado em 24 mar. 2006.

- Cechi, H. M. (2001). Fundamentos teóricos e práticos em alimentos. Campinas, Unicamp, 212p.
- Chitarra, M. I. F. (2001). Alimentos minimamente processados. Textos acadêmicos. Universidade Federal de Lavras, MG.
- Coetzer, C., Corsini, D., Love, D., Pavek, J. & Tumer, N. (2001). Control of enzymatic browning in potato (*Solanum tuberosum* L.) by sense and antisense RNA from tomato polyphenol oxidase. J. Agric. Food Chem., v. 4
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2003). Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: hortaliças minimamente processadas. Embrapa Hortaliças, Serviço de apoio às micro e pequenas empresas. Brasília.
- FAO-FAOSTAT Database Results. Produtividade das hortaliças no Brasil, 1980-2004. Disponível em: [www.apps.fao.org](http://www.apps.fao.org). Sistematização IBGE disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)> acessado em 16/02/2005.
- Feltran, J. C. (2002). Determinação das características agronômicas dos distúrbios fisiológico, do estado nutricional da planta e da qualidade dos tubérculos em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.). Dissertação (Mestre em Agronomia) - Faculdade de ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, SP.
- Garcia, E. & Barrett, D. M. (2003). Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. University of California, Davis – USA. Disponível em: <http://postharvest.ucdavis.edu/Pubs/chapterIX-GarciaeBarre.pdf>.
- González, M. & Lobo, M.G. (2005). Técnicas de procesamiento. In: Aguilar, G.A.G; Gardea, A.A. & Navarro, F.C (ed.). Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. México, cap. 6, p.97-112.
- Gonzalez-Aguilar, G. A., Ruiz-Cruz, S., Soto-Valdez, H., Vázquez-Ortiz, F, Pacheco-Aguilar, R. & Wang, C.Y. (2005). Biochemical changes of fresh-cut pineapple slices treated with antibrowning agents. International Journal of Food Science and Technology, 40, p. 377–383.
- Kaaber, L., Kaack, K., Kriznik, T., Bratthen, E. & Knutsen, S.H. (2006). Structure of pectin in relation to abnormal hardness after cooking in pre-peeled, cool-stored potatoes. Lebensm-Wiss. U. Technol. s/d.
- Limbo, S. & Piergiovanni, L. (2006). Shelf life of minimally processed potatoes. Part 1. Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning. Post harvest Biology and Technology, 39, p. 254–264.
- Machado, P.P., Hotza, D., Petter, C. & Bergmann, C.P. (1997). Controle de qualidade para revestimentos cerâmicos através da análise colorimétrica de superfície vidrada monocromática. Cerâmica Industrial. v. 2.(3/4).
- Marshall, M.R.; Kim, J.; Wei, C.I. (2000). Enzymatic browning in fruits, vegetables and seafoods. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/Ags/agsi/ENZYMEFINAL/Enzymatic%20Browning.html#CONT>> acessado em 14/03/06.
- Martinez M. V. & Whitaker, J. R. (1995). The biochemistry and control of enzymatic browning. Trends in Food Science and Technology. v. 6.
- Mercado-Silva & Aquino-Bolanôs. (2005). Aguilar, G.A.G; Gardea, A.A. & Navarro, F.C (ed.). Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. México, cap. 9, p.177-209.

- Moda, E.M., Spoto, M.H.F., Horii, J. & Zocchi, S.S. (2005). Uso de peróxido de hidrogênio e ácido cítrico na conservação de cogumelos *Pleurotus sajor-caju in natura*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 25 (2), p. 291-296.
- Pastorini, L.H., Bacarin, M.A., Trevizol, F.C., Bernald, M.P. & Fernandes, H.S. (2003). Produção e teor de carboidratos não estruturais em tubérculos de batata obtidos em duas épocas de plantio. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v. 21, n.4.
- Pilon, L. (2003). Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração. Dissertação (Mestre em Ciências), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba/São Paulo.
- Pinelli, L.L. O., Moretti, C.L., Almeida, G.C., Onuki, A.C.A. & Nascimento, A.B.G.C (2005a). Caracterização química e física de batatas 'Ágata' minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 40 (10), p.1035-1041.
- Pinelli, L.L. O., Moretti, C.L., Almeida, G.C., Nascimento, A.B.G.C & Onuki, A.C.A. (2005b). Associação de atmosfera modificada e antioxidantes reduz o escurecimento de batatas 'Ágata' minimamente processadas. *Revista Horticultura Brasileira*. Brasília, v.23, n.4.
- Porte, A. & Maia, L. H. (2001). Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. *Boletim CEPPA*, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 105-118.
- Rocha, A. M. C. N., Coulon, E. C. & Morais, A. M. M. B. (2003). Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Service Technology*. v. 3, p.81-88.
- Ruiz-Cruz, S., Gardea, A.A. & González-Aguilar, G.A. (2005). Uso de antioxidantes para mantener la calidad y prolongar la vida de anaquel. In: Aguilar, G.A.G; Gardea, A.A. & Navarro, F.C (ed.). *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*. México, cap. 2, p. 289-308.
- Severini, C., Baiano, A., De Pilli, T., Romaniello, R. & Derossi, A. (2003). Prevention of enzymatic browning in sliced potatoes by branching in boiling saline solutions. *Lebensm-Wiss. U. Technology*. v. 36, p. 657-665,
- Silva, E. O., Carnelossi, M.A.G., Jacomino, A.P., Puschmann, R., Soares, N.F.F, Alves, R.E, Mosca, J.L, Filgueiras, H.A.C, Bastos, M.S.R, Sarria, S.D. & Yagui, P. Formas de presentación. In: Aguilar, G.A.G; Gardea, A.A. & Navarro, F.C (ed.). *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*. México, cap. 3, p.37-57.
- Son, S.M., Moon, K.D. & Lee, C.Y. (2001). Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. *Food Chemistry*, 73, p. 23-30.
- Vitti, M. C. D. (2003). Aspectos Fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos em beterrabas minimamente processadas. Dissertação (Mestre em Ciência), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba - São Paulo.

**TABELA 1 – Valores médios e desvio-padrão dos atributos de qualidade (SST, ratio SST/ATT e textura) em tubérculos de batata minimamente processados tratados por métodos isolados ou combinados e armazenados entre 4º a 6ºC.**

Variável	Tratamento	Tempo de armazenamento (dias)						
		1	3	5	7	9	11	13
SST (º Brix)	T1	3,64 (0,27) <sup>a</sup>	3,41(0,11) <sup>a</sup>	3,23(0,13) <sup>a</sup>	3,38(0,08) <sup>a</sup>	3,34(0,16) <sup>a</sup>	3,31(0,05) <sup>a</sup>	2,87(0,09) <sup>a</sup>
	T2	3,22(0,05) <sup>b</sup>	3,33(0,09) <sup>b</sup>	3,43(0,10) <sup>b</sup>	3,19(0,01) <sup>b</sup>	2,97(0,12) <sup>b</sup>	3,14(0,18) <sup>b</sup>	3,00(0,24) <sup>b</sup>
	T3	3,40 (0,11) <sup>ab</sup>	3,48 (0,21) <sup>ab</sup>	3,67(0,06) <sup>ab</sup>	3,28(0,13) <sup>ab</sup>	3,09(0,21) <sup>ab</sup>	3,26(0,11) <sup>ab</sup>	2,89(0,07) <sup>ab</sup>
	T4	3,16(0,16) <sup>c</sup>	3,16(0,14) <sup>c</sup>	3,31(0,09) <sup>c</sup>	3,13(0,05) <sup>c</sup>	2,97(0,14) <sup>c</sup>	3,19(0,32) <sup>c</sup>	2,47(0,13) <sup>c</sup>
Textura (Kgf)	T1	1,28(0,09) <sup>a</sup>	1,22(0,10) <sup>a</sup>	1,41(0,09) <sup>a</sup>	1,29(0,10) <sup>a</sup>	1,24(0,05) <sup>a</sup>	1,20(0,06) <sup>a</sup>	1,32(0,09) <sup>a</sup>
	T2	1,15(0,12) <sup>b</sup>	1,11(0,04) <sup>b</sup>	1,31(0,12) <sup>b</sup>	1,17(0,13) <sup>b</sup>	1,18(0,18) <sup>b</sup>	1,13(0,05) <sup>b</sup>	1,01(0,03) <sup>b</sup>
	T3	1,19(0,07) <sup>a</sup>	1,17(0,08) <sup>a</sup>	1,33(0,14) <sup>a</sup>	1,17(0,08) <sup>a</sup>	1,26(0,13) <sup>a</sup>	1,20(0,10) <sup>a</sup>	1,26(0,10) <sup>a</sup>
	T4	1,24(0,13) <sup>ab</sup>	1,14(0,04) <sup>ab</sup>	1,19(0,06) <sup>ab</sup>	1,18(0,04) <sup>ab</sup>	1,26(0,08) <sup>ab</sup>	1,19(0,10) <sup>ab</sup>	1,26 (0,14) <sup>ab</sup>

T<sub>1</sub> – tratamento com ácido cítrico (2%) + metabissulfito de sódio (0,01%); T<sub>2</sub> - tratamento com metabissulfito de sódio a 0,01%; T<sub>3</sub> - tratamento com ácido cítrico a 2%; e T<sub>4</sub> – controle.

Cada valor representa a média de 04 repetições em triplicata; médias, seguidas de letras diferentes, na mesma coluna, entre os tratamentos indicam diferenças significativas a 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

**TABELA 2 - Valores médios e desvio-padrão dos atributos de qualidade (ATT e pH) em tubérculos tratados por métodos isolados ou combinados e armazenados entre 4 e 6°C.**

Variável	Tratamento	Tempo de armazenamento (dias)						
		1	3	5	7	9	11	13
ATT (% ácido cítrico anidro)	T1	0,28(0,09)	0,29(0,27)	0,29(0,10)	0,31(0,23)	0,27(0,09)	0,26(0,16)	0,27(0,23)
	T2	0,16(0,29)	0,15(0,15)	0,15(0,08)	0,17(0,13)	0,14(0,14)	0,16(0,08)	0,15(0,17)
	T3	0,42(1,08)	0,34(0,44)	0,31(0,25)	0,36(0,15)	0,32(0,14)	0,29(0,24)	0,32(0,51)
	T4	0,15(0,20)	0,15(0,07)	0,14(0,07)	0,16(0,12)	0,14(0,17)	0,13(0,17)	0,16(0,16)
pH	T1	4,64(0,06)	4,78(0,03)	4,78(0,05)	4,82(0,05)	4,92(0,03)	4,68(0,04)	4,95(0,06)
	T2	5,71(0,01)	5,68(0,02)	5,68(0,02)	5,72(0,06)	5,49(0,16)	5,30(0,14)	5,21(0,08)
	T3	4,36(0,08)	4,56(0,09)	4,61(0,07)	4,62(0,07)	4,74(0,02)	4,54(0,04)	4,42(0,02)
	T4	5,72(0,01)	5,64(0,03)	5,56(0,24)	5,76(0,01)	5,74(0,10)	5,64(0,21)	5,10(0,18)

T<sub>1</sub> – tratamento com ácido cítrico (2%) + metabissulfito de sódio (0,01%); T<sub>2</sub> - tratamento com metabissulfito de sódio a 0,01%; T<sub>3</sub> - tratamento com ácido cítrico a 2%; e T<sub>4</sub> – controle.

Cada valor representa a média de 04 repetições em triplicata.

**TABELA 3 – Valores médios e desvio-padrão dos indicadores de variações de cor de tubérculos de batata minimamente processados tratados por métodos isolados ou combinados e armazenados entre 4 e 6°C por 15 dias.**

Variável	Tratamento	Tempo de armazenamento (dias)						
		1	3	5	7	9	11	13
L*	T1	67,21 (2,53) <sup>a</sup>	64,05(1,76) <sup>a</sup>	68,35(5,98) <sup>a</sup>	67,77(1,27) <sup>a</sup>	67,90 (1,4) <sup>a</sup>	66,07(1,07) <sup>a</sup>	65,44(1,38) <sup>a</sup>
	T2	63,21(1,87) <sup>b</sup>	63,72(0,74) <sup>b</sup>	63,09(2,16) <sup>b</sup>	64,91(0,6) <sup>b</sup>	63,44(1,33) <sup>b</sup>	64,05(1,38) <sup>b</sup>	65,45(1,57) <sup>b</sup>
	T3	65,91(0,99) <sup>a</sup>	65,84(1,97) <sup>a</sup>	66,15(1,36) <sup>a</sup>	67,91(1,41) <sup>a</sup>	67,19(0,90) <sup>a</sup>	66,24(1,53) <sup>a</sup>	65,32(2,51) <sup>a</sup>
	T4	64,11(0,97) <sup>b</sup>	63,76(0,82) <sup>b</sup>	63,42(1,31) <sup>b</sup>	65,49(0,85) <sup>b</sup>	62,37(3,27) <sup>b</sup>	63,79(1,31) <sup>b</sup>	60,79(1,86) <sup>b</sup>
a*	T1	-3,81(0,11) <sup>a</sup>	-3,63 (0,23) <sup>a</sup>	-4,16(0,76) <sup>a</sup>	-3,88(0,23) <sup>a</sup>	-3,82(0,15) <sup>a</sup>	-3,52(0,19) <sup>a</sup>	-3,43(0,27) <sup>a</sup>
	T2	-3,54(0,25) <sup>ab</sup>	-3,56(0,19) <sup>ab</sup>	-3,53(0,27) <sup>ab</sup>	-3,81(0,19) <sup>ab</sup>	-3,70 (0,18) <sup>ab</sup>	-3,44 (0,06) <sup>ab</sup>	-3,69 (0,29) <sup>ab</sup>
	T3	-3,50(0,17) <sup>b</sup>	-3,49(0,07) <sup>b</sup>	-3,58(0,2) <sup>b</sup>	-3,72(0,26) <sup>b</sup>	-3,41(0,09) <sup>b</sup>	-3,57(0,28) <sup>b</sup>	-3,34 (0,22) <sup>b</sup>
	T4	-3,37(0,09) <sup>c</sup>	-3,35(0,1) <sup>c</sup>	-3,19(0,32) <sup>c</sup>	-2,98(0,47) <sup>c</sup>	-3,12(0,36) <sup>c</sup>	-3,04(0,36) <sup>c</sup>	-2,74 (0,20) <sup>c</sup>
b*	T1	19,87(0,73) <sup>ab</sup>	18,66(2,04) <sup>ab</sup>	19,62(2,66) <sup>ab</sup>	19,39(1,76) <sup>ab</sup>	18,37(0,67) <sup>ab</sup>	16,98(0,94) <sup>ab</sup>	18,30(1,63) <sup>ab</sup>
	T2	19,29(1,49) <sup>a</sup>	19,26 (0,58) <sup>a</sup>	18,62(1,40) <sup>a</sup>	20,58(1,8) <sup>a</sup>	20,25(2,15) <sup>a</sup>	19,15(0,84) <sup>a</sup>	19,83(1,58) <sup>a</sup>
	T3	18,64(0,7) <sup>b</sup>	17,87(0,78) <sup>b</sup>	17,94(1,06) <sup>b</sup>	17,94(1,20) <sup>b</sup>	16,56(1,05) <sup>b</sup>	19,12(0,32) <sup>b</sup>	17,99(1,17) <sup>b</sup>
	T4	20,48(1,1) <sup>a</sup>	19,06(0,43) <sup>a</sup>	19,20(1,70) <sup>a</sup>	20,30(1,39) <sup>a</sup>	19,87(2,28) <sup>a</sup>	20,73(1,72) <sup>a</sup>	17,85(0,94) <sup>a</sup>
C*	T1	20,24(0,73) <sup>ab</sup>	19,01(2,04) <sup>ab</sup>	20,06(2,75) <sup>ab</sup>	19,77(1,76) <sup>ab</sup>	18,76(0,66) <sup>ab</sup>	17,34(0,93) <sup>ab</sup>	18,63 (1,64) <sup>ab</sup>
	T2	19,61(1,51) <sup>a</sup>	19,59(0,59) <sup>a</sup>	18,95(1,42) <sup>a</sup>	20,93(1,81) <sup>a</sup>	20,59(2,15) <sup>a</sup>	19,45(0,84) <sup>a</sup>	20,17(1,60) <sup>a</sup>
	T3	18,97(0,71) <sup>b</sup>	18,21(0,77) <sup>b</sup>	18,29(1,06) <sup>b</sup>	18,32(1,04) <sup>b</sup>	16,91(1,05) <sup>b</sup>	19,45(0,32) <sup>b</sup>	18,30(1,16) <sup>b</sup>
	T4	20,76(1,09) <sup>a</sup>	19,36(0,41) <sup>a</sup>	19,47(1,72) <sup>a</sup>	20,56(1,37) <sup>a</sup>	20,12(2,3) <sup>a</sup>	20,95(1,68) <sup>a</sup>	18,06(0,95) <sup>a</sup>
h <sup>o</sup>	T1	-23,31(0,73) <sup>a</sup>	-24,20(1,54) <sup>a</sup>	-21,51(3,62) <sup>a</sup>	-22,66(1,12) <sup>a</sup>	-22,98(0,75) <sup>a</sup>	-24,85(1,34) <sup>a</sup>	-25,91(1,93) <sup>a</sup>
	T2	-24,97(1,66) <sup>b</sup>	-24,53(1,33) <sup>b</sup>	-24,80(1,64) <sup>b</sup>	-23,10(1,06) <sup>b</sup>	-23,84(1,05) <sup>b</sup>	-25,44(0,55) <sup>b</sup>	-23,84(1,78) <sup>b</sup>
	T3	-25,32(1,26) <sup>a</sup>	-25,00(0,51) <sup>a</sup>	-24,52(1,47) <sup>a</sup>	-23,59(1,57) <sup>a</sup>	-25,51(0,63) <sup>a</sup>	-24,59(2,02) <sup>a</sup>	-26,16(1,73) <sup>a</sup>
	T4	-26,32(1,28) <sup>c</sup>	-26,18(0,79) <sup>c</sup>	-27,93(3,03) <sup>c</sup>	-27,12(0,28) <sup>c</sup>	-28,83(3,94) <sup>c</sup>	-29,43(4,25) <sup>c</sup>	-34,86(4,87) <sup>c</sup>
Índice de escurecimento	T1	29,47(2,33) <sup>a</sup>	29,16(4,31) <sup>a</sup>	28,06(3,50) <sup>a</sup>	28,14(3,24) <sup>a</sup>	26,21(1,81) <sup>a</sup>	24,67(1,38) <sup>a</sup>	27,89(2,90) <sup>a</sup>
	T2	30,73(2,23) <sup>b</sup>	30,46(0,61) <sup>b</sup>	29,48(1,78) <sup>b</sup>	32,29(3,67) <sup>b</sup>	32,56(3,78) <sup>b</sup>	30,17(1,57) <sup>b</sup>	30,61(2,13) <sup>b</sup>
	T3	27,97(1,77) <sup>a</sup>	26,67(2,51) <sup>a</sup>	26,40(1,77) <sup>a</sup>	25,48(1,70) <sup>a</sup>	23,57(2,29) <sup>a</sup>	28,85(2,51) <sup>a</sup>	27,36(2,68) <sup>a</sup>
	T4	33,19(2,8) <sup>b</sup>	30,20(0,98) <sup>b</sup>	31,02(2,83) <sup>b</sup>	32,34(2,48) <sup>b</sup>	33,09(2,86) <sup>b</sup>	34,22(1,86) <sup>b</sup>	30,32(2,53) <sup>b</sup>

T<sub>1</sub> – tratamento com ácido cítrico (2%) + metabisulfito de sódio (0,01%); T<sub>2</sub> - tratamento com metabisulfito de sódio a 0,01%; T<sub>3</sub> - tratamento com ácido cítrico a 2%; e T<sub>4</sub> – controle. Cada valor representa a média de 04 repetições em triplicata; médias, seguidas de letras diferentes, na mesma coluna, entre os tratamentos indicam diferenças significativas a 5% de probabilidade (p ≤ 0,05) pelo teste de Tukey.