Documentos
ISSN 1517-5111
ISSN online 2176-5081
Janeiro, 2010
277

Processamento Mínimo: uma alternativa para os produtores de mandioca de mesa do Cerrado

Embrapa

ISSN 1517-5111
ISSN online 2176-5081
Janeiro, 2010

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Documentos 277

Processamento Mínimo: uma alternativa para os produtores de mandioca de mesa do Cerrado

Maria Madalena Rinaldi
Benedito Carlos Benedetti
Eduardo Alano Vieira
Celso Luiz Moretti
Josefino de Freitas Fialho

Embrapa Cerrados
Planaltina, DF
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970 Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
http://www.cpac.embrapa.br
sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade
Presidente: *Fernando Antônio Macena da Silva*
Secretária-Executiva: *Marina de Fátima Vilela*
Secretária: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Jussara Flores de Oliveira Arbués*
Equipe de revisão: *Francisca Elijani do Nascimento*
Jussara Flores de Oliveira Arbués
Assistente de revisão: *Elizelva de Carvalho Menezes*
Normalização bibliográfica: *Shirley da Luz Soares*
Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*
Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*
Foto(s) da capa: *Eduardo Alano Vieira*
Impressão e acabamento: *Divino Batista de Sousa*
Alexandre Moreira Veloso

1ª edição
1ª impressão (2010): tiragem 100 exemplares
Edição online (2010)

Todos os direitos reservados
A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Cerrados

P963 Processamento mínimo: uma alternativa para os produtores de mandioca de mesa do Cerrado / Maria Madalena Rinaldi ... [et al]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2010.
48 p.— (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081 ; 277).

1. Cerrado. 2. Tecnologia de alimento. 3. Mandioca.
I. Rinaldi, Maria Madalena. II. Título. III. Série.

664 - CDD 21

© Embrapa 2010

Autores

Maria Madalena Rinaldi
Engenheira Agrônoma, D.Sc.
Pesquisadora da Embrapa Cerrados
maria.rinaldi@cpac.embrapa.br

Benedito Carlos Benedetti
Engenheiro de Alimentos, Ph.D.
Professor associado da Universidade Estadual de Campinas, Cidade Universitária - Zeferino Vaz, Barão Geraldo, Campinas, SP, CEP 13083-875
benedeti@feagri.unicamp.br

Eduardo Alano Vieira
Engenheiro Agrônomo, D.Sc.
Pesquisador da Embrapa Cerrados
vieiraea@cpac.embrapa.br

Celso Luiz Moretti
Engenheiro Agrônomo, D.Sc.
Pesquisador da Embrapa Hortaliças
moretti@cnph.embrapa.br

Josefino de Freitas Fialho
Engenheiro Agrônomo, M.Sc.
Pesquisador da Embrapa Cerrados
josefino@cpac.embrapa.br

Apresentação

O Brasil é um dos maiores produtores de mandioca do mundo. Essa cultura possui elevada importância social e econômica por ser basicamente a principal fonte de carboidratos e de subsistência para as populações mais carentes. Segundo afirmativa de pesquisadores renomados na cultura da mandioca, a aceitabilidade pelos consumidores das raízes de mandioca de mesa na forma in natura tem diminuído consideravelmente, principalmente em razão da pouca praticidade no preparo e da pouca garantia de qualidade devido a falta de informações sobre a origem do produto. O processamento mínimo das raízes tem sido sugerido como uma alternativa para aumentar a comercialização das raízes de mandioca de mesa e, ao mesmo tempo, agregar valor, aumentando a renda dos produtores.

O processamento mínimo de produtos vegetais já é uma realidade no Brasil e outros países. Tecnologias que auxiliem no fornecimento de produtos minimamente processados de qualidade e seguros para o consumidor têm sido desenvolvidas por pesquisadores de diferentes órgãos de pesquisa e indústrias de processamento.

Informações técnicas precisas para o processamento e comercialização têm sido uma demanda crescente devido à grande variabilidade de formas utilizadas para o processamento e comercialização dos produtos vegetais minimamente processados.

José Robson Bezerra Sereno
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Importância e Objetivos do Processamento Mínimo 9
Matéria-prima 17
Operações do Processamento Mínimo 21
Alterações Decorrentes do Processamento Mínimo 23
Fatores que Interferem no Processamento Mínimo 30
Características Sensoriais 38
Considerações Finais 39
Referências 40
Abstract..... 48

Processamento Mínimo: uma alternativa para os produtores de mandioca de mesa do Cerrado

Maria Madalena Rinaldi
Benedito Carlos Benedetti
Eduardo Alano Vieira
Celso Luiz Moretti
Josefino de Freitas Fialho

Importância e Objetivos do Processamento Mínimo

Na produção e industrialização de alimentos, devem-se considerar primeiramente as necessidades do consumidor. Assim, uma das tendências dessa indústria é fornecer alimentos que facilitem o preparo e o consumo, mantendo suas características nutritivas e sensoriais e, ao mesmo tempo, proporcionando segurança em relação à contaminação microbiana. Essa necessidade deve-se ao aumento na renda da população, maior número de pessoas morando sozinhas, mulheres participando ativamente do mercado de trabalho, famílias menores e pessoas melhor informadas sobre a necessidade de se consumir alimentos nutritivos e saudáveis.

Para atender essa necessidade, surgiram os produtos minimamente processados. Esses produtos são fisicamente alterados de sua forma original, para torná-los convenientes ao preparo e consumo, permanecendo no estado fresco com qualidade e garantia de sanidade (IFPA, 2004). Eles devem apresentar frescor característico do produto in natura, qualidade aceitável pelo consumidor e estar livre de defeitos.

No Brasil, o início da atividade de processamento mínimo de produtos vegetais ocorreu com a chegada das redes de “fast food” ao País, no

final da década de 1970. Inicialmente, as técnicas empregadas no Brasil eram quase em sua totalidade copiadas de outros países, pois o Brasil ainda carecia de informações e tecnologia próprias. Por isso, fez-se necessária a busca por tecnologia nacional de processamento mínimo de produtos vegetais para atender a demanda. As primeiras ações de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia de processamento mínimo no Brasil, principalmente para frutas e hortaliças, iniciaram-se na última década do século passado, em diversas universidades e centros de pesquisa. Desde então, é grande a quantidade de informação produzida, possibilitando avanços expressivos no domínio dos diferentes processos associados a esse segmento da agroindústria. Apesar das conquistas obtidas nesses últimos anos, não há dúvida de que muito ainda precisa ser feito. Existem entraves tecnológicos que se apresentam como desafios a serem vencidos, como: (a) o escurecimento enzimático de folhosas, raízes e tubérculos; (b) a descoloração de algumas raízes, em razão da inadequação de filmes plásticos ou mesmo de combinação de gases para o acondicionamento de produtos minimamente processados; (c) a existência de agroindústrias operando sem o mínimo de condições higiênicas; (d) o desconhecimento tanto por parte de processadores quanto de supermercadistas da importância da manutenção da cadeia do frio; e (e) o desenvolvimento de novos produtos e ferramentas de comercialização (ROJO; SAABOR, 2002; KADER; SALTVEIT, 2003; NASCIMENTO et al., 2003; MORETTI, 2007).

A procura por esses alimentos tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, surgindo, na década de 1990, uma forte tendência de consumo de produtos minimamente processados, pela exigência do consumidor de alimentos prontos e semiprontos. Empresas de minimamente processados afirmam que esses produtos apresentam grande aceitação pelos consumidores, provavelmente por questões de conveniência e higiene. Uma das metas da indústria de processamento mínimo é atender ao maior consumo de frutas e hortaliças e adaptar-se à nova tendência, que é a de maior consumo de produtos vegetais frescos, preparados convenientemente, com o objetivo de serem utilizados em refeições em ambientes domésticos e institucionais (MORETTI, 2007).

De acordo com Rojo e Saabor (2002), a comercialização dos produtos minimamente processados acontece basicamente em médios e grandes centros urbanos, como São Paulo, Belo Horizonte, Brasília, Rio de Janeiro e algumas capitais das regiões Nordeste e Sul do Brasil. Em pesquisa no Estado de São Paulo, detectou-se que o maior volume de vendas de produtos minimamente processados está relacionado às classes de maior renda econômica. A procura por alimentos minimamente processados tem crescido muito, no entanto são produtos vulneráveis à descoloração, devido à deterioração das células e dos tecidos, e também pela retirada da casca (WATTADA; QI, 1999).

Os produtos minimamente processados devem oferecer como vantagens: boa qualidade do produto; frescor; conveniência; agregação de valor; redução da mão-de-obra de seu preparo em restaurantes, hotéis ou lanchonetes; e diminuição do lixo nos grandes centros de consumo. No entanto, as empresas possuem poucas informações sobre sua conservação, sendo, dessa forma, muito importante estudos sobre a conservação, vida útil e manutenção da qualidade desses produtos. A falta de informações e pesquisas em relação ao comportamento fisiológico e a conservação pós-colheita, assim como a adequação de embalagens específicas a cada tipo de produto, é uma limitação à ampliação dessa classe de produtos.

Esses produtos necessitam serem acondicionados em embalagens que garantam a segurança, mantendo-os frescos e prolongando a sua vida útil. A vida útil de um produto alimentício é considerada como o período de tempo após a sua produção ou manipulação em que o produto conserva suas características de qualidade próprias para o consumo, que varia com o tipo de alimento, temperatura de estocagem e embalagem utilizada. Após o seu acondicionamento, ocorre modificação na atmosfera no interior da embalagem, devido à respiração do produto, e quando a embalagem não é adequada, ocorrem reações metabólicas indesejáveis, tornando o produto não aceitável pelo consumidor. Já estão comprovados que o controle da temperatura e a modificação da atmosfera são os dois fatores mais importantes para prolongar a vida útil desses produtos. A atmosfera geralmente recomendada para

vegetais é baixo nível de oxigênio (menor que 10%) e elevado de dióxido de carbono (podendo chegar a 15%, dependendo do produto). No entanto, cada produto necessita de uma determinada atmosfera específica e adequada, normalmente diferindo daquelas utilizadas para o mesmo produto in natura.

Além da manutenção das características sensoriais adequadas, os produtos minimamente processados devem garantir segurança ao consumidor. Por ser um processo que não adota nenhum tipo de tratamento térmico em sua preparação que possa assegurar a inativação dos microrganismos oriundos da matéria-prima, manipulação, equipamentos, utensílios e ambiente, a adoção de procedimentos eficazes de higiene é indispensável no preparo desses alimentos.

No Brasil, a vida útil dos produtos minimamente processados está limitada a um período de cinco a sete dias, prazo considerado insuficiente para garantir o sistema de distribuição. A extensão desse período é uma das metas das pesquisas em processamento mínimo e uma das formas de ser alcançada é otimizando as condições de processo, acondicionamento e armazenamento para diminuir o metabolismo do vegetal e o crescimento microbiano. Assim, acredita-se que a vida útil desses produtos possa ser estendida desde que técnicas adequadas de conservação, compatíveis com o produto a ser armazenado, sejam adotadas (RINALDI, 2005).

Embora seja um típico produto brasileiro, a aceitabilidade das raízes de mandioca in natura é cada vez menor em feiras livres, mercados e supermercados de grandes cidades devido à alta deterioração pós-colheita, pouca praticidade na utilização e preparo e menor garantia de qualidade, pois não apresentam informações ao consumidor. As raízes de mandioca quando oferecidas aos consumidores na forma in natura apresentam grande variabilidade quanto ao cozimento, sendo esse fator considerado o mais restritivo na comercialização do produto. O aspecto visual da raiz também não atrai os consumidores, devido a terra aderida, variação de tamanho e pouca vida útil. O processamento industrial da mandioca de mesa aumentou muito nos últimos anos,

principalmente nos grandes centros urbanos como São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Belo Horizonte e outros. Considerando-se as exigências do consumidor e, também, a possibilidade de aumento da vida útil das raízes e da renda para o produtor por meio da agregação de valor ao produto, uma das alternativas é submeter as raízes a alguma forma de processamento, sendo que as principais formas de processamento das raízes de mandioca de mesa minimamente processadas são: descascadas e resfriadas (redução da temperatura sem congelar), congeladas cruas, congeladas depois de cozidas (fritas e toletes), esterilizadas a vácuo e fritas (chips).

A mandioca minimamente processada é submetida às etapas de lavagem em água corrente; pesagem; descascamento (película externa); seleção (descartar as raízes ou partes de raízes que apresentem alguma alteração); lavagem em água corrente; descascamento; pesagem (cálculo de rendimento do processo); corte; desinfecção (eliminar os microrganismos); antioxidante (ácido cítrico para evitar o escurecimento, que não é obrigatório); escorrimento da água; embalagem em sacos plásticos; armazenamento sob refrigeração (temperatura baixa sem congelar); e comercialização (venda) do produto (de preferência diretamente ao cliente). A mandioca minimamente processada pode ser fornecida ao consumidor de forma somente resfriada ou pode ser congelada. Para as duas situações o produto pode ser submetido a vácuo ou não. A obtenção de raízes de mandioca congeladas depois de cozidas (toletes e palitos) consiste nas etapas de descascamento, corte, seleção, cozimento, congelamento e embalagem. A esterilização a vácuo é obtida por meio de descascamento, lavagem e corte, cozimento a vapor e embalagem a vácuo. A raiz frita (tipo chips) é submetida ao descascamento, pré-cozimento, corte, fritura, embalagem e armazenamento (SOUZA et al., 2005).

No entanto, para que a mandioca seja submetida a um tratamento pós-colheita adequado e eficiente, elaborando um produto que conserve as características sensoriais desejáveis, é necessário estudos sobre os fatores que atuam diretamente na conservação de suas características

qualitativas (VILPOUX; CEREDA, 2002). A produção de mandioca minimamente processada tem sido proposta como alternativa para promover a ampliação do período de oferta e disponibilizar um alimento mais prático e pronto para ser utilizado (LUND et al., 2005).

Para o processamento mínimo da mandioca, bem como para os demais produtos, há a necessidade de matéria-prima de boa qualidade e da qual se tenha perfeito conhecimento da fisiologia pós-colheita. No caso da mandioca, são escassas as informações da literatura. No Estado de São Paulo, há preferência pelas variedades de polpa creme ou amarela para consumo direto, sendo a mais utilizada a IAC 576-70, que possui polpa de cor creme antes do cozimento e amarela após o cozimento (OLIVEIRA et al., 2003). No Distrito Federal e entorno, essa variedade também é a mais aceita pelo consumidor na forma in natura, justificando, dessa forma, estudos de raízes dessa variedade como produto minimamente processado.

O processamento mínimo consiste inicialmente na utilização de variedades adequadas; seleção; lavagem; descasque; lavagem; sanitização; enxague; drenagem; acondicionamento em embalagens adequadas; com ou sem a utilização de vácuo ou mistura gasosa previamente definidas; e manutenção do produto em condições adequadas de temperatura até a utilização pelo consumidor. Ao contrário dos processos de congelamento ou esterilização, os produtos minimamente processados não são submetidos a tratamentos térmicos, sendo necessário maior cuidado quanto à contaminação microbiana e à segurança para o consumidor. A maioria das raízes e tubérculos minimamente processados são raízes de mandioca, mas também é possível processar mandioquinha-salsa, batata-doce e outros (BEZERRA et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2003; SILVA et al. 2003; OLIVEIRA et al., 2005; ALVES et al., 2005; LUND et al., 2005; LUND et al., 2007).

Como qualquer outro processo de obtenção de alimentos, o processamento mínimo também exige cuidados para se obter um produto durável e de boa qualidade, resultando em um grande

desafio para a ciência e tecnologia de alimentos, considerando-se a escassez de informações sobre a manutenção da qualidade desses produtos. O acondicionamento e armazenamento desses produtos em condições adequadas é um ponto fundamental para o sucesso dessa tecnologia. As raízes de mandioca de mesa representam um produto com grande potencial de mercado entre os alimentos minimamente processados. Portanto, é de grande importância que sejam alvo de estudos que favoreçam a sua produção. A garantia da qualidade é um requisito fundamental para a recuperação do seu espaço de mercado. Os diversos processos metabólicos produzem, na maioria das vezes, alterações sensoriais importantes. Os produtos minimamente processados de alta qualidade devem possuir aparência fresca e consistente, textura aceitável, sabor e aroma característicos, além de vida útil suficiente para garantir o sistema de distribuição e comercialização.

Para a agroindústria, o processamento mínimo resulta em alto retorno, apresentando uma grande capacidade de agregação de valor ao produto. A mandioca é excelente fonte de amido, planta de fácil cultivo e uma das principais fontes de renda de pequenos produtores rurais, os quais podem realizar o processamento mínimo das raízes ajustando seus produtos aos desejos do mercado consumidor, implementando a qualidade, agregando valor e reduzindo a distância entre a produção e o consumidor final. Se o produtor rural conseguir independer de um ou mais intermediários e aumentar a vida útil da mandioca, obterá um preço mais justo pelo seu trabalho, além de o consumidor final pagar um preço mais reduzido por um produto mais conveniente e de melhor qualidade. Ademais, um outro aspecto importante é que poderá acarretar também em um aumento no consumo da mandioca de mesa (MIRANDA, 2000).

Ainda de acordo com Miranda (2000), até o momento, existem poucos produtores de mandioca de mesa que as comercializam na forma minimamente processada. As raízes são descascadas, lavadas, embaladas em filmes plásticos de polietileno de baixa densidade e comercializadas em supermercados, restaurantes ou diretamente aos

consumidores, agregando valor à produção, o que auxilia a fixação das famílias à propriedade, reduzindo o êxodo rural. Infelizmente, esses produtos apresentam problemas de deterioração fisiológica, mais precisamente escurecimento enzimático e contaminação microbiológica, reduzindo a vida útil para um dia. O que não é comercializado nesse período tem de ser substituído no dia seguinte por produto fresco. Dessa forma, há um grande desperdício de matéria-prima, mão-de-obra e de combustível, além do fator psicológico desfavorável para os produtores, que é ver o resultado do seu trabalho ter que ser diariamente descartado.

Na literatura especializada, são poucos os trabalhos realizados com mandioca minimamente processada. Considerando o potencial de crescimento de alimentos minimamente processados no Brasil, essa tecnologia poderá ser uma possibilidade de agregação de valor ao produto pelo pequeno produtor rural, que é o responsável pelo cultivo da mandioca de mesa na maior parte do País. No Distrito Federal, a principal forma de comercialização de mandioca de mesa é in natura e com casca; 65% do público consumidor desse produto concentra-se nas classes de poder aquisitivo mais baixo (entre 2 e 10 salários mínimos). No caso da mandioca in natura congelada e descascada, 100% do público concentram-se nas classes com poder aquisitivo mais elevado (10 a 20 salários mínimos) (AGUIAR et al., 2005). A peculiaridade desse nicho de mercado no Distrito Federal foi observada em consumidores de classes de maior poder aquisitivo, que afirmaram que consumiriam mais e que não se importariam em adquirir raízes de mandioca por um preço mais elevado, desde que tivessem a certeza de estarem adquirindo um produto com características culinárias superiores (AGUIAR et al., 2005). Se fizermos o exercício de expandir esse cenário para o restante da região do Cerrado, esse fato realça o potencial da cultura e a necessidade de investimentos na qualidade do produto final (raízes) oferecido aos consumidores. Além disso, as raízes de mandioca são utilizadas como fonte principal de alimentação e tem ocorrido o crescimento de cooperativas agrícolas incentivando o cultivo em maior escala, gerando uma produção que garanta uma

comercialização pelos próprios produtores (LORENZI et al., 1986; PORTO, 1986).

Tem-se buscado resolver o problema do armazenamento das raízes de mandioca praticamente desde que elas começaram a ser utilizadas na alimentação humana. Atualmente, uma das alternativas para a conservação e comercialização das raízes de mandioca é por meio do processamento mínimo, que, além da praticidade e conservação da boa aparência do produto, é uma forma de reduzir perdas e agregar valor ao produto. As principais características de um vegetal minimamente processado são: produtos embalados, após terem sofrido algum tipo de corte, apresentando tecidos com metabolismo ativo e sem estabilidade microbiológica (NGUYEN-THE; CARLIN, 1994). Esses produtos não devem apresentar risco à saúde do produtor, nem do consumidor e não devem causar danos ao ambiente. Além disso, deve ser mínima a perda do valor nutricional e de suas características sensoriais durante o processamento. Os fatores que afetam a sua viabilidade são: escurecimento enzimático; deterioração microbiológica; descoloração superficial devido à formação de suberina; e a desidratação e senescência causada pela respiração e pela produção de etileno (REYES, 1996).

Matéria-prima

De acordo com Sigrist (1998), a qualidade dos produtos hortícolas é originada no campo, influenciando na sua vida útil. A mandioca (*Manihot esculenta*) é uma cultura plantada em mais de 90 países alimentando cerca de 500 milhões de pessoas em todo o mundo. A produção da raiz continua crescendo na maioria dos países que a cultivam, passando de 97 milhões de toneladas para 203 milhões de toneladas em 30 anos. A produção brasileira de mandioca está em torno de 26,5 milhões de toneladas por ano, sendo essa cultura plantada em 87% dos municípios brasileiros (IBGE, 2008). Estima-se que, somente no Distrito Federal, existem aproximadamente 850 hectares plantados com mandioca, com produtividade média de 16 t ha^{-1} de raízes. As variedades de mandioca têm sido classificadas sob as denominações de

mandioca de mesa, mansa, aipim ou macaxeira e mandioca industrial ou mandioca brava, principalmente, baseado no teor de ácido cianídrico existente na raiz. As plantas de mandioca não apresentam uma época definida para a colheita, sendo possível o processamento durante o ano todo, comercialmente dos 10 aos 24 meses após o plantio, entretanto, no caso de mandiocas para a mesa, a colheita deve ser feita dos 10 aos 12 meses (SARMENTO et al., 1999).

A região do Cerrado brasileiro, que ocupa 24% do território nacional, apesar de ser um dos principais centros de dispersão de mandioca e de apresentar características de clima e de solo que a colocam como uma das regiões mais indicadas para a produção da cultura no país, apresenta uma produtividade de 11,3 t ha^{-1}, 8% inferior à média nacional, que é de 12,3 t ha^{-1}, e produz apenas 10% da produção nacional (SOUZA; FIALHO, 2003). No entanto, nos últimos anos, a cultura vem crescendo em importância na região com a instalação de novas fecularias, novas fábricas de farinha e com a expansão do mercado de mandioca de mesa. Entretanto, todo esse crescimento não está sendo acompanhado por um programa de estudo da vida útil pós-colheita e agregação de valor às variedades de mesa pelos pequenos produtores rurais.

A mandioca de uso culinário, em geral, é colhida precocemente, entre 10 e 12 meses, quando é menos fibrosa. Nos estados de São Paulo e Distrito Federal, a mandioca de uso culinário é de polpa amarela, sinônimo de mandioca de bom cozimento. A colheita das raízes é ponto importante do processamento. As raízes podem ser colhidas manualmente ou com o auxílio de um subsolador; não devem sofrer machucaduras e ser transportadas o mais rápido possível até, no máximo, 24 horas da colheita, evitando o sol direto (SOUZA et al., 2005).

Além de problemas de conservação, a falta de regularidade na qualidade culinária das raízes de mandioca de mesa é um dos fatores de restrição à expansão de seu consumo. Raízes cozidas de boa qualidade, entre outras características, devem apresentar-se, quando esmagadas,

na forma de umas massas não encaroçadas, plásticas e não pegajosa. O tempo de cozimento culinário correlaciona-se bem com a qualidade da massa cozida, quanto menor esse tempo melhor a massa gerada (LORENZI, 1994). Avaliações de cocção em raízes de mandioca são muito variáveis, pois esse fator depende da cultivar; idade da planta; condições climáticas; e grau de deterioração das raízes. O tempo ótimo de cocção varia de 15 a 30 minutos. Quando o tempo excede 30 minutos, os produtos são considerados de baixa qualidade (WHEATLEY; GÓMEZ, 1985). A manutenção das raízes no solo como forma de armazenamento acarreta em aumento no tempo de cocção (KATO, 1987). Infelizmente, a qualidade culinária das raízes de mandioca tem sido pouco estudada e as causas da sua variabilidade e instabilidade são pouco conhecidas (NORMANHA, 1988; WHEATLEY, 1991).

A duração do tempo de cozimento diferenciou-se na mesma raiz e entre raízes da mesma planta, e entre plantas da mesma variedade. Variou, também, em função da variedade, do tipo de solo e das épocas de colheita consideradas. O tempo de cozimento é uma característica importante na seleção de um cultivar de mesa, sendo preferida aquela que apresenta menor tempo de cozimento (LORENZI, 1994).

O teor de ácido cianídrico também é um fator importante para essa cultura. Esse teor deve ser baixo, sendo que as raízes de mandioca podem ser classificadas como de mesa (mansas) ou industriais (bravas), com base no teor desse componente. As classificadas como de mesa apresentam baixo teor de HCN (menor que 50 mg/kg, com máximo de 100 mg/kg, na polpa crua). O teor de HCN varia muito em função das práticas de produção. Geralmente, o teor de HCN está relacionado a um sabor amargo das raízes. Porém, há casos em que raízes com baixo teor de HCN podem apresentar sabor amargo (MIYA et al., 1975). A variedade IAC 576-70 é classificada como possuidora de baixo teor de HCN.

A seleção de variedades de mesa, além de bom desempenho agronômico, produtividade, resistência a pragas e doenças, deve considerar as exigências sensoriais do consumidor final, sabor

característico, textura macia, cozimento rápido. As características sensoriais seguem padrões regionais, sendo padrão comercial, no Estado de São Paulo, a variedade IAC 576-70, a qual atende praticamente a 100% dos mercados de comercialização in natura, de minimamente processados e de congelados. São raízes cilíndricas, amarelas e de cozimento rápido (LORENZI; VALLE, 2002). Segundo o grupo de estudos em mandioca da Embrapa Cerrados, em 2007, essa variedade foi indicada para o cultivo na região do Distrito Federal e entorno, revelando uma média de produtividade de raízes aos 12 meses de 37 t. ha^{-1} e um tempo para a cocção de 22 minutos (VIEIRA et al., 2007).

Os produtos minimamente processados geralmente não são submetidos a nenhum tratamento térmico durante o processamento, o que poderia reduzir a sua contaminação microbiana. Dessa forma, a matéria-prima deve apresentar o mínimo de contaminação, para evitar possíveis problemas ao consumidor. Uma solução para esse problema seria a implantação de Boas Práticas Agropecuárias (BPA) ou agrícolas, que é, sem dúvida, o primeiro passo para a produção de alimentos seguros ao consumidor.

Segundo Vanetti (2004), a matéria-prima de qualidade e segura do ponto de vista microbiológico é a garantia para que os produtos minimamente processados não representem riscos para o consumidor. Essa afirmação está baseada no fato de que etapas geralmente adotadas durante o processamento mínimo não são suficientes para a remoção e (ou) a inativação completa dos microrganismos contaminantes. Portanto, a presença de patógenos na matéria-prima pode significar um produto final também contaminado. Além disso, deve-se considerar que a presença de um lote de matéria-prima contaminado com patógenos pode resultar na contaminação do ambiente, equipamentos e utensílios usados no processamento mínimo e comprometer a segurança microbiológica dos lotes produzidos subsequentemente. Portanto, segundo essa mesma autora, a garantia da segurança microbiológica dos produtos submetidos

ao processamento mínimo dependerá de um controle rigoroso dos processos de produção da matéria-prima, processamento mínimo e comercialização do produto final.

Operações do Processamento Mínimo

A seleção da matéria prima quanto à presença de defeitos de formação, como também em relação àqueles provenientes do ataque de pragas ou contaminação microbiana, é uma etapa indispensável antes do processamento mínimo. A matéria-prima considerada como adequada para o processamento mínimo é lavada em água corrente para a retirada das impurezas, tais como partículas de solo, pedaços de folhas e outros. No caso da mandioca da cultivar IAC 776-70 de polpa de cor amarela, foram estabelecidos os seguintes procedimentos para a elaboração de minimamente processados de raízes de mandioca sob refrigeração: os toletes, lavados e descascados, devem ser cortados em pedaços de aproximadamente 5 cm, com faca de aço inoxidável; os toletes cortados são mergulhados em soluções, uma contendo um fungistático (hipoclorito de sódio na concentração de 200 mL/L) e a outra, um antioxidante (ácido cítrico a 5%), em volume suficiente para recobri-los; o produto deve permanecer submetido a cada solução durante 15 minutos; os toletes então são escorridos em escorredores apropriados e acondicionados em embalagem de polietileno com espessura de 150 μm, sob vácuo. A vida útil do produto vai depender da temperatura de armazenamento, sendo 4 ºC a ideal, que garante a conservação por quatro semanas (SOUZA et al., 2005).

A operação de corte deve ser realizada com lâminas bem afiadas, visando provocar o mínimo de danos ao tecido vegetal, pois, de acordo com Brecht (1995), essa é a etapa mais delicada do processamento, em que o nível de dano influenciará significativamente na vida útil do produto.

O enxague do produto tem o objetivo de eliminar impurezas, assim como exsudados celulares, liberados durante a operação de corte

em decorrência do extravasamento do conteúdo celular. Esses compostos devem ser eliminados por representarem um meio propício ao desenvolvimento de microrganismos. A sanitização consiste na imersão do material processado em água fria, com temperatura aproximadamente de 5 °C, por 5 a 10 minutos, adicionando-se cloro em concentração adequada (YILDIZ, 1996). Em seguida, o produto é enxaguado novamente com água fria tratada com cloro, com o objetivo de remover o excesso de cloro da etapa anterior. Segundo Schmidt (1998), o cloro é amplamente utilizado como sanitizante em produtos minimamente processados. Os compostos clorados são germicidas, atuam em membranas microbianas, inibem enzimas celulares envolvidas no metabolismo de glicose, tem um efeito no DNA do organismo, oxidam proteínas celulares e, além de terem atividade em temperatura baixa, têm baixo custo e deixam o mínimo de resíduo em superfícies.

O objetivo do escorrimento é a retirada da umidade resultante das operações realizadas nas etapas anteriores, assim como os exsudados celulares, provenientes da operação de corte (YILDIZ, 1996).

Durante todo o processo, os operadores devem trabalhar em condições adequadas de higiene e segurança, sendo a linha de preparo e processamento refrigerada, com temperatura aproximadamente de 10 ºC a 12 °C, além de ventilada com ar filtrado, visando à prevenção ou minimização da contaminação microbiana (WILEY, 1994). Segundo Robbs (2000), a indústria de processamento mínimo começou recentemente a implantar programas de Boas Práticas de Fabricação (BPF) com o objetivo de auxiliar na preservação da qualidade e garantia da segurança desses produtos ao consumidor. As Boas Práticas de Fabricação, além de implantar a conscientização de garantia de qualidade para a empresa, são fundamentais no controle de uma série de perigos, reduzindo consideravelmente o número de Pontos Críticos de Controle (PCCs) na implantação do sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). A implantação desse sistema também já começou a ocorrer na indústria de minimamente processados.

Alterações Decorrentes do Processamento Mínimo

Indução a síntese de etileno

O etileno (C_2H_4) é um fitohormônio encontrado nos espaços intercelulares, tendo como precursor primário o aminoácido metionina, como intermediário o S-adenosilmetionina e como precursor imediato o ácido aminociclopropano carboxílico (KLUGE et al., 2002). É um gás produzido pelo próprio vegetal que promove a senescência e acelera a deterioração em produtos colhidos (KADER, 1985). O ferimento ou corte, na maioria das vezes, provoca uma elevação na taxa de produção de etileno, estimulando a respiração e, consequentemente, acelerando a deterioração e senescência dos tecidos vegetais, por alterações de coloração devido ao escurecimento enzimático, sabor e aroma, textura e qualidade nutricional (BRECHT, 1995). A produção de etileno pode ser reduzida ou inibida durante o armazenamento do produto quando mantido sob atmosfera modificada (SOLOMOS; KANELIS, 1997).

Taxa respiratória

A respiração é um processo fisiológico necessário a todos os tecidos vivos. A taxa respiratória é regulada por enzimas cuja atividade é fortemente influenciada, ou mesmo determinada, pela temperatura na qual o produto encontra-se exposto. Ferimentos ou cortes nas células e tecidos de plantas levam a aumento na taxa respiratória das mesmas (FONSECA et al., 2002). Quanto maior o nível de ferimentos imposta ao tecido vegetal maior será a taxa respiratória, que está diretamente relacionada com o grau de processamento do tecido. Quando o produto é processado em pedaços menores, ocorre maior injúria, resultando consequentemente em maior atividade respiratória. De maneira geral, produtos minimamente processados apresentam uma taxa respiratória superior à dos produtos intactos, sendo esse acréscimo variável de 25% a 50% (CANTWELL, 2000).

Dessa forma, a conservação desses produtos constitui um processo particularmente complexo, tendo-se células vegetais danificadas, mortas ou intactas, em que as danificadas geralmente apresentam

uma velocidade respiratória consideravelmente maior que as intactas. Essas últimas encontram-se respirando normalmente, sendo muito mais resistentes às reações oxidativas e à contaminação por microrganismos devido à integridade da parede celular, impedindo a entrada de patógenos (WILEY, 1994).

Perda de massa fresca

A perda de massa fresca consiste somente na perda de água (perda de umidade) pela transpiração do produto e perda de carbono pelas trocas gasosas (MAGUIRE et al., 2001). A perda de umidade dos produtos minimamente processados, além de comprometer a qualidade tecnológica, afeta também o valor econômico.

Em tecidos cortados, a perda de água geralmente é maior que em tecidos intactos. A maior taxa de evaporação causada pelo contato da atmosfera com a água dos espaços intercelulares na superfície do corte aumenta consideravelmente a perda de água dos produtos minimamente processados, o que não ocorre em tecidos intactos (BRECHT, 1995).

Baixas temperaturas e alta umidade relativa são essenciais para a manutenção da qualidade de produtos minimamente processados. A embalagem utilizada no acondicionamento do produto minimamente processado pode auxiliar na manutenção da alta umidade relativa e proteção do produto à perda de água (WATADA et al., 1996). Entretanto, alta condensação de água não é desejada, provocando manchas, aparência de produto encharcado e condições favoráveis ao aumento da população de microrganismos (BAI et al., 2003).

De acordo com Watada et al. (1996), os produtos minimamente processados apresentam uma maior área de superfície sem qualquer proteção, podendo ocorrer considerável perda de água, principalmente quando exposto à temperatura não adequada, onde o déficit de pressão de vapor é maior. A embalagem, quando adequada ao produto, pode evitar a perda de massa.

Escurecimento enzimático

Enzimas e substratos estão localizados em compartimentos celulares específicos e ativamente controlados. Com a lesão nos tecidos, pelo processamento mínimo, ocorre a destruição das células, possibilitando a ocorrência do escurecimento enzimático em tecidos lesionados (MELLO et al., 2003). Segundo González-Aguilar et al. (2000), a prática do processamento mínimo agrava o problema devido ao corte dos tecidos, aumentando a atividade metabólica e a descompartimentação de enzimas e substratos.

Esse processo ocorre pelo contato entre enzimas oxidativas, ou seja, enzimas envolvidas no metabolismo dos compostos fenólicos e o substrato, sendo um dos principais fatores limitantes à vida útil dos produtos minimamente processados, consequentemente causando perda do valor comercial. A intensidade do escurecimento é influenciada principalmente pela atividade oxidativa e a concentração do substrato. As principais enzimas envolvidas nas reações oxidativas de compostos fenólicos são a polifenoloxidase (PPO) e a peroxidase (POD) (COELHO, 1992; CLEMENTE; PASTORE, 1998).

Segundo Saltveit (2000), o aumento na atividade das enzimas fenilalanina amônia liase, polifenoloxidase e peroxidase é uma das respostas dos tecidos ao estresse sofrido pelo processo de corte, causando diminuição na vida útil do produto. Weller et al. (1997) também afirmam que o escurecimento da superfície cortada é de grande importância quando se pretende utilizar o produto na forma de pedaços ou tiras refrigerados, sendo o contato dos compostos fenólicos com a polifenoloxidase endógena e a facilitada difusão do oxigênio atmosférico para o interior do tecido os responsáveis por essa característica indesejável ao produto.

De acordo com Clemente e Pastore (1998), a peroxidase é uma enzima que catalisa a oxidação de um grande número de compostos fenólicos e aminas aromáticas a quinonas, utilizando peróxido de hidrogênio como aceptor de elétrons e causando mudanças indesejáveis no sabor,

aroma, textura e coloração do produto. O escurecimento enzimático pode ser reduzido se o produto for acondicionado em embalagens que permitam uma atmosfera adequada a ele.

Para Nunes et al. (2001), a exposição do produto minimamente processado a variações de temperatura é um fator que influencia no aumento do seu escurecimento. Temperaturas superiores à adequada também influenciam na taxa de escurecimento.

A ação de enzimas também é citada como um fator responsável pela redução da vida útil pós-colheita de raízes de mandioca (FRIEDMAN, 1996), sendo a atividade da polifenoloxidase e os teores de fenólicos totais e umidade diretamente associados com a deterioração fisiológica das raízes (KATO, 1987; GIMENEZ, 1991). A polifenoloxidase é uma enzima-chave associada com a deterioração azul das raízes (BALAGOPALAN; PADMAJA, 1984). Estudos têm demonstrado que o grau de deterioração fisiológica das raízes está estreitamente relacionado a compostos fenólicos e a atividade de enzimas oxidativas, principalmente, polifenoloxidase e peroxidase (CARVALHO et al., 1985). Contudo, Huei-Wang et al. (1983) verificaram que a atividade da polifenoloxidase não exerce influência na deterioração fisiológica da mandioca. O aumento no grau de deterioração fisiológica com o período de armazenamento está relacionado a decréscimos nos teores de umidade, vitamina C total e hemicelulose; e acréscimos nas atividades polifenoloxidase, peroxidase e teores de fenólicos. Com o armazenamento, ocorreram acréscimos no grau de deterioração fisiológica, nos teores de pectina total e solúvel, açúcares totais, amido, compostos fenólicos e atividades polifenoloxidase e peroxidase (GIMENEZ, 1991).

Os agentes antioxidantes, como o ácido cítrico e o ácido ascórbico, caracterizam-se como um método complementar que tem sido utilizado. A utilização de ácido cítrico, a 5%, inibiu o escurecimento e a pigmentação amarela fluorescente resultante do crescimento de *Pseudomonas fluorescens* em mandioca minimamente processada. As amostras foram aceitas até o 20º dia de armazenamento (RIBEIRO

et al., 2004). Mandioca minimamente processada da cultivar IAC 576-70, submetida ao tratamento com ácido cítrico na concentração de 50 g/L de solução por 5 minutos, não apresentou redução na qualidade visual do produto após o armazenamento a 4 °C durante quatro semanas (OLIVEIRA et al., 2003).

Alterações microbiológicas

As indústrias de alimentos minimamente processados têm de oferecer alimentos sensorialmente agradáveis, nutritivos e com condições higiênico-sanitárias satisfatórias, proporcionando satisfação e segurança a quem os consomem. No entanto, alimentos minimamente processados têm sido incriminados em surtos de doenças microbianas. Para evitar esse tipo de problema, devem ser considerados os seguintes fatores: qualidade da matéria-prima e água usada no processamento, equipamentos e utensílios, manipuladores, ambiente de processamento, ar do ambiente de processamento, estabelecimento dos limites críticos para o controle da higiene e monitoramento dos limites críticos.

Em produtos minimamente processados, a maior preocupação deve estar relacionada com a segurança do produto, para evitar problemas ao consumidor. Um alimento seguro para o consumo é aquele que não apresenta contaminação por agentes químicos, físicos ou microbiológicos em concentrações prejudiciais à saúde. A qualidade microbiológica desses alimentos está relacionada com a presença de microrganismos deterioradores que irão contribuir com as alterações das características sensoriais do produto, tais como, cor, aroma, textura e aparência durante o período de vida útil (VANETTI, 2004). A qualidade higiênica de cada etapa do processamento e as condições microbiológicas da matéria-prima no momento do processo são determinadas pela incidência de microrganismos (MELLO et al., 2003).

No Brasil, ainda não existe uma legislação específica para produtos minimamente processados. No entanto, o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos (2001) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) estabelece que, para hortaliças, legumes e similares frescos, in natura, preparados (descascados, selecionados ou

fracionados), sanificados, refrigerados ou congelados, para consumo direto, devem ser realizadas as análises microbiológicas de Coliformes a 45 ºC (coliformes fecais) e *Salmonella* sp., com tolerância de 5×10^2 UFC g^{-1} e ausência em 25 g, respectivamente.

Para Brackett (1987), a microbiologia é um importante fator na qualidade para produtos minimamente processados. Microrganismos podem afetar adversamente a qualidade sensorial e a segurança desses produtos, cujo cuidado deve ser significativamente maior, pois, ao contrário de hortaliças enlatadas e congeladas, esse tipo de produto é consumido in natura, o que aumenta os riscos para o consumidor.

O aspecto conveniência, tão necessário a esses produtos, ou seja, descascamento e redução de tamanho realizado pelas etapas de corte e fatiamento, pode facilitar o crescimento microbiano por deixar de existir a proteção pela casca e parede celular, podendo o interior dos tecidos liberar exsudados celulares que servirão de meio nutriente para o desenvolvimento dos microrganismos (CANTWELL, 1992).

De acordo com Andrade et al. (2004), apesar de todo o crescimento verificado no setor de minimamente processados no Brasil nos últimos anos, é crescente o relato de doenças infecciosas associadas ao consumo desses produtos. Segundo esses autores, na maioria dos casos, a redução na qualidade final do produto bem como alterações em suas características microbiológicas são frutos da utilização de procedimentos ineficazes de higiene e sanitização na cadeia de produção das hortaliças minimamente processadas. A lavagem e sanitização realizadas durante o processamento serão efetivas para eliminação de microrganismos em apenas 1 a 2 ciclos logarítmicos (ZAGORY, 1999).

Entre os microrganismos patogênicos, a maior preocupação tem sido relatada com *L. monocytogenes*, e a estocagem do produto a frio detém o crescimento desse patógeno, mas não, a sua sobrevivência (LAMIKANRA, 2002). Vanetti (2004) também afirma que temperaturas de refrigeração, mesmo em valores abaixo de 4 ºC, não garantem a

inibição completa do crescimento de microrganismos patogênicos. Bactérias causadoras de infecção alimentar, como *L. monocytogenes* e *Yersinia enterocolitica*, são psicrotróficas e crescem, mesmo que lentamente, a temperaturas próximas a 0 ºC. O *Clostridium botulinum* pode se desenvolver em temperaturas inferiores a 6 °C (WILEY, 1994). Segundo Nguyen-The e Carlin (1994), a microbiota dos produtos minimamente processados é bastante variada com a presença de coliformes totais e fecais, leveduras, bolores, microbiotas mesofílicas, pectinolíticas e outras.

A condição de armazenamento desses produtos pode aumentar ou diminuir a população microbiana. Populações microbianas aumentam mais rapidamente com a elevação da temperatura de armazenamento (BAI et al., 2003). De acordo com Farber (1991), a concentração de oxigênio e dióxido de carbono também podem afetar o crescimento microbiano, em que o dióxido de carbono pode aumentar a fase lag da curva de crescimento dos microrganismos, causando danos severos a eles, e baixos níveis de oxigênio geralmente inibem o crescimento de microrganismos aeróbios. Segundo Silva et al. (2003), o crescimento microbiano em produtos minimamente processados é controlado, principalmente, pelo eficiente processo de sanitização e temperatura de armazenamento adequada.

A contaminação microbiana de raízes de mandioca minimamente processada também é preocupante. Lund et al. (2007) observaram altas contagens de bactérias mesófilas, psicrotróficas, láticas, coliformes fecais em contagens superiores a 10^2 UFC g^{-1} em três lotes de raízes de mandioca minimamente processadas de polpa branca, embalada a vácuo e mantidas em temperatura de 4 ºC a 7 ºC por quatro a oito dias, obtidas no comércio da cidade de Pelotas, RS. Os autores sugeriram que a alta contaminação pode ter ocorrido por causa das falhas higiênico-sanitárias na produção de raízes de mandioca minimamente processada.

Fatores que Interferem no Processamento Mínimo

Temperatura

O resfriamento é a barreira mais efetiva para estender a vida útil de produtos vegetais, por ter sido identificado que a temperatura é o fator externo mais importante que influencia na respiração de produtos. Reações biológicas geralmente aumentam duas a três vezes a cada aumento de 10 ºC na temperatura, dentro da faixa geralmente utilizada para o armazenamento, distribuição e comercialização. À temperatura muito alta (acima de 30 ºC) pode ocorrer desnaturação de enzimas e redução da taxa respiratória. Se a temperatura é baixa demais, podem ocorrer injúrias fisiológicas, aumentando a taxa respiratória (FONSECA et al., 2002).

Temperaturas de refrigeração contribuem para reduzir a atividade microbiana e as alterações químicas e enzimáticas do próprio vegetal. Isso resulta em uma vida útil mais longa e mais qualidade e segurança para o consumidor (VANETTI, 2004).

O conhecimento da influência da temperatura na taxa respiratória de cada produto é indispensável, pois a embalagem, que é designada para uma determinada temperatura de armazenamento, geralmente não é adequada para outras temperaturas devido aos diferentes efeitos da temperatura na permeabilidade e taxa respiratória (FONSECA et al., 2002; SARANTÓPOULOS et al., 2003).

A manutenção da temperatura, a um nível mínimo seguro, durante todo o manuseio, é imprescindível para produtos minimamente processados. Baixas temperaturas durante o transporte, armazenamento e exibição no varejo – ou seja, a manutenção da cadeia do frio – tornam mais lenta a senescência, e outros processos metabólicos reduzem a deterioração e podem diminuir os efeitos do etileno (BRECHT, 1995). O resfriamento rápido do produto após a colheita e as operações do processamento, que compreendem a imersão do produto processado em água fria, são benéficos à conservação reduzindo a taxa respiratória.

Para os produtos minimamente processados, a temperatura normalmente indicada ou utilizada para a manutenção da qualidade é de 2 °C a 5 °C, e abaixo de 0 ºC pode provocar a injúria por congelamento, ou seja, pela exposição do produto a temperaturas inferiores ao seu ponto de congelamento. Sigrist (2002) também afirma que, para produtos minimamente processados, as condições ideais de conservação são temperaturas muito próximas ou iguais a 0 ºC, porém, no Brasil, tem-se tornado frequente a utilização de temperaturas ao redor de 5 ºC e algumas vezes de 10 ºC a 12 ºC.

Segundo Brecht et al. (2003), após a colheita, os produtos vegetais são geralmente expostos a condições variadas de temperatura durante o manuseio, transporte, armazenamento e comercialização, e, nessa última etapa, os produtos são usualmente expostos a temperaturas bem superiores às aplicadas no armazenamento. De acordo com esses autores, essas mudanças criam um problema especial na determinação do filme para utilização da atmosfera modificada, em que a taxa respiratória do produto e a permeabilidade do filme são diretamente influenciadas pela temperatura, ou seja, quando a temperatura aumenta, a respiração tende a aumentar mais que a permeabilidade da embalagem, criando condições para a fermentação do produto. As embalagens são planejadas para serem mantidas a uma temperatura constante.

As oscilações de temperatura geralmente encontradas no armazenamento de produtos minimamente processados podem ter um efeito negativo na sua qualidade (NUNES et al., 2001). Dessa forma, o melhor caminho para manter a qualidade desses produtos é a manutenção da temperatura adequada durante toda a cadeia produtiva e comercialização (BRECHT et al., 2003).

A temperatura de armazenamento tem sido considerada o fator mais importante na conservação de produtos minimamente processados, sendo que a ideal para o armazenamento depende, principalmente, do produto, do tipo de processamento e da embalagem. A temperatura afeta a vida útil do produto por meio da redução e (ou) inibição

do desenvolvimento microbiano e alteração da taxa de respiração, resultando na alteração da composição da atmosfera e a taxa de envelhecimento. A respiração envolve muitas reações enzimáticas, e a velocidade da maioria dessas reações aumenta exponencialmente com a temperatura. Além disso, a temperatura afeta a influência da atmosfera modificada quanto ao seu efeito inibidor de crescimento microbiano. Outro fator importante é que deve ser mantida a cadeia do frio para esses produtos, evitando a proliferação de microrganismos (NGUYEN-THE; CARLIN, 1994). A temperatura ideal para o armazenamento da mandioca é a 3 ºC (CZYHRINCIW; JAFFE, 1951). No entanto, em literatura especializada sobre estudos em processamento mínimo de mandioca realizados no Brasil, foram encontrados trabalhos com variação de temperatura entre 4 ºC e 25 ºC (BEZERRA et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2003; SILVA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2005; ALVES et al., 2005; LUND et al., 2005; LUND et al., 2007).

O congelamento é citado como um método eficiente para armazenar raízes de mandioca por controlar a deterioração fisiológica e microbiana. No entanto, têm-se observado alterações de textura e qualidade das raízes com a utilização do congelamento, sendo a principal limitação desse método o seu alto custo (KATO; SOUZA, 1987). A tecnologia de congelamento, apesar de conservar as raízes por um período maior, danifica a sua estrutura após o descongelamento, deixando-as com aspecto esponjoso. Entretanto, depois de cozidas, as raízes retomam a textura natural e muitas vezes apresentam melhores características de cozimento que antes do congelamento (NACHILUK; ANTONIALI, 2008). Uma alternativa prática utilizada pelos produtores é a comercialização da mandioca descascada e cortada imersa em água, não sendo encontradas informações técnicas sobre esse produto na literatura especializada.

Acondicionamento em atmosfera modificada e (ou) controlada

A modificação da atmosfera pode retardar a perda de qualidade durante o armazenamento de vários produtos minimamente processados, aumentado a sua vida útil. Essa tecnologia apresenta como princípio

básico à redução da concentração de O_2, buscando-se a redução da atividade respiratória e do metabolismo vegetal. Permite ainda a limitação do escurecimento enzimático e da síntese e atividade do etileno e, em especial, o controle do crescimento microbiano (GORNY et al., 2002; HERTOG et al., 2003).

A atmosfera modificada pode ser criada de forma passiva ou ativa. No primeiro caso, a atmosfera é modificada pela própria respiração do vegetal. Ocorre aumento na concentração de CO_2 e redução na concentração de O_2, no interior da embalagem até que seja atingida a atmosfera de equilíbrio. Na atmosfera de equilíbrio, a quantidade de CO_2 produzida pelo vegetal no interior da embalagem é compensada pela sua permeação para o exterior e o consumo de O_2 é compensado pela permeação desse gás para o seu interior. No caso da atmosfera modificada ativa, injeta-se uma mistura gasosa, no interior da embalagem, com concentrações de O_2 e CO_2 pré-determinadas, de tal forma que a atmosfera de equilíbrio seja atingida rapidamente. Essa injeção da mistura gasosa é realizada no fechamento da embalagem utilizando-se seladoras especiais. A atmosfera modificada ativa, por proporcionar uma rápida estabilização da atmosfera, é recomendada para vegetais que apresentam baixas taxa respiratória e (ou) que se deterioram rapidamente, como os produtos minimamente processados. A atmosfera modificada apresenta efeitos diretos nos processos fisiológicos e bioquímicos do vegetal minimamente processado, bem como na redução da proliferação microbiana e desse modo aumenta a vida útil dos vegetais (IFPA, 1998; JACOMINO; ARRUDA, 2004).

A atmosfera controlada tem os mesmos princípios da atmosfera modificada, porém difere quanto ao grau de controle dos níveis de O_2 e CO_2 durante o armazenamento, os quais devem, por meio de monitoramento, ser mantidos constantes e toleráveis para determinado produto (KLUGE et al., 2002). A atmosfera controlada é realizada em câmaras frias especiais, onde o produto geralmente está a granel. É uma tecnologia que apresenta custo elevado para a implantação. No Brasil, essa tecnologia é adotada por poucos produtores para a conservação de maçã, uva, pêssego e outros.

A taxa respiratória e a troca gasosa por meio do material da embalagem são o processo que envolve a criação de uma atmosfera modificada no interior da embalagem que irá estender a vida útil de produtos minimamente processados (FONSECA et al., 2002). O controle da temperatura é considerado o método mais eficaz para prolongar a vida útil desses produtos, estando, em segundo lugar, o acondicionamento de produtos minimamente processados em atmosfera modificada.

Segundo Sarantópoulos et al. (2003), uma das dificuldades para utilização da atmosfera modificada é que a taxa de permeabilidade dos filmes disponíveis no mercado, normalmente não é suficientemente alta para a taxa respiratória de certos produtos.

A definição da embalagem adequada a um produto minimamente processado é dependente da temperatura em que ele será mantido. Devido à variação na taxa respiratória do produto e na permeabilidade da embalagem de acordo com a temperatura, um filme que permita a formação de uma atmosfera favorável a uma temperatura ótima de armazenamento pode causar excessivo acúmulo de CO_2 e redução de O_2 a temperatura mais alta, podendo ocorrer desordens metabólicas e fermentação (BRECHT et al., 2003).

A variação de temperatura em produtos acondicionados em atmosfera modificada pode provocar acúmulo excessivo de umidade no interior da embalagem, favorecendo a condensação. A presença de água no interior da embalagem pode facilitar a deterioração e o bloqueio da difusão no interior do tecido vegetal e através do filme, causando fermentação no produto. Outro problema que pode ocorrer se o O_2 e CO_2 estiverem em níveis inadequados é o não controle do crescimento e desenvolvimento de patógenos (HARDENBURG, 1971; BRACKETT, 1987; CAMERON et al., 1995; BRECHT et al., 2003).

O CO_2 apresenta propriedades antimicrobianas capazes de destruir ou inibir diferentes microrganismos, embora sua efetividade dependa de sua concentração, assim como da temperatura de exposição e do grau de maturidade do tecido vegetal. Esse composto gasoso, em

altas concentrações, tem efeito sobre a retenção da textura, inibe a atividade da enzima polifenoloxidase e reduz a multiplicação de alguns microrganismos (WILEY, 1994).

Apesar de não afetar diretamente a síntese de etileno, por ser um análogo estrutural, compete com ele em seu sítio de ligação, gerando, assim, uma ação inibitória à atividade do gás. Com relação ao O_2, concentrações inferiores a 8% limitam a síntese e reduzem a sensibilidade do produto hortícola ao gás, enquanto, em teor de 2,5% de O_2, a produção de etileno é reduzida à metade, e em concentração de 3% de O_2, a complexação do gás ao ar é limitada em 50%. A síntese e atividade do etileno são dependentes do O_2, já que, para que o gás exerça sua função hormonal, é necessário que ele se ligue ou reaja em local próximo, na mesma célula (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Zagory e Kader (1988) relataram que, no armazenamento refrigerado de produtos frescos a 2 °C e sob concentrações baixas de O_2 e altas de CO_2, a produção de etileno foi paralisada, visto que não foi possível mensurar a concentração desse gás em tais condições. Entretanto, a respiração procede-se de forma anaeróbica no caso do estabelecimento de uma atmosfera de acondicionamento modificada ou controlada cuja concentração de gases encontra-se fora do limite de tolerância do produto, havendo liberação de compostos tóxicos ao tecido vegetal, que produzem sabores e odores desagradáveis, assim como, escurecimento precoce do tecido. Esses autores afirmam, ainda, que o efeito resultante da redução da concentração de O_2 e do acréscimo da concentração de CO_2 sobre a taxa respiratória é cumulativo.

Em combinações requeridas de temperatura, concentrações de O_2 e CO_2 variam com o tipo de vegetal, a variedade, a origem e a estação (BALLANTYNE et al., 1988).

Pelo conhecimento das características respiratórias e condições gasosas ótimas do produto, pode-se selecionar um filme plástico com uma permeabilidade que permita entrada de O_2 na embalagem para compensar o consumo e também a saída de CO_2 para compensar a

produção pelo vegetal. Dessa forma, a atmosfera será estabelecida rapidamente e sem perigo da geração da anóxia ou injúria pelas concentrações altas de CO_2 (GARCÍA-GIMENO et al., 1995).

Na utilização da atmosfera modificada, a vantagem da modificação ativa permite que a atmosfera possa ser alterada imediatamente após o empacotamento (KADER et al., 1989), o que é desejável, podendo o produto perder atributos de qualidade antes do equilíbrio entre o O_2 e CO_2 ser atingido (BALLANTYNE et al., 1988).

Segundo Moretti (2004), no Brasil, a modificação ativa da atmosfera é usada mais como um modismo do que uma necessidade, sendo que, na maioria das vezes, as misturas utilizadas não têm o efeito desejado por terem sido desenvolvidas para cultivares americanas ou europeias, resultando em perdas de tempo e dinheiro. Dessa forma, é necessário estudo com misturas e sua associação com filmes plásticos desenvolvidos para cada produto com o objetivo de aumentar a vida útil, bem como, a qualidade.

Filmes plásticos têm sido desenvolvidos com o objetivo de estabelecer uma atmosfera modificada pela respiração do produto, ou seja, atmosfera modificada passiva. O equilíbrio na concentração gasosa, desenvolvido dentro da embalagem, pode estender sua vida útil (McDONALD et al., 1990; OMARY et al., 1993). O uso de filmes de baixa permeabilidade garante a manutenção de uma concentração de oxigênio entre 1% e 5% no interior da embalagem (FARBER et al., 2003).

Sarantópoulos et al. (2001) afirmam que, devido às diferentes taxas de respiração dos vegetais, é necessário adequar a embalagem ao produto acondicionado de acordo com a permeabilidade da embalagem, principalmente aos gases O_2, CO_2 e etileno. Os filmes atualmente indicados são: polietileno com diferentes densidades; copolímero de etileno e acetato de vinila (EVA); policloreto de vinila (PVC); poliestireno (PS); filmes poliolefínicos (PE/PP); polipropileno biorientado (BOPP); embalagens; filmes coextrusados a base de polietileno e poliamida; e filmes microperfurados (inclusive com laser).

Além da temperatura, novos métodos têm sido desenvolvidos, entre eles o uso de embalagens que permitem a permanência de atmosfera modificada (ativa ou passiva ou a vácuo). Os vegetais respiram e, quando embalados, modificam a atmosfera que os envolve. A extensão da modificação dessa atmosfera depende da taxa de respiração do produto, permeabilidade a gases do material da embalagem e temperatura de armazenamento, além da quantidade e espécie de microrganismos presentes no produto (MIRANDA, 2000). A embalagem de atmosfera modificada aumenta a vida útil de produtos perecíveis ao alterar a concentração de gases que os envolve. Essa alteração resulta na supressão do crescimento microbiano, redução da taxa de respiração, redução da degradação enzimática e redução da desidratação (AUSTIN et al., 1998). A escolha do tipo de embalagem a ser utilizada para o acondicionamento do produto é baseada na interação produto, embalagem e ambiente de armazenamento.

Para estudos realizados em tubérculos e raízes, Bezerra (2000), avaliando as alterações na composição química de mandioca, concluiu que raízes branqueadas e embaladas a vácuo, armazenadas a 8 ºC, apresentaram-se livres de deterioração fisiológica até os 18 dias de armazenamento. Porém, as raízes tornaram-se impróprias para o consumo, em relação à aparência e sabor, a partir de nove dias de armazenamento.

O tempo de armazenamento provocou diminuição nos teores de vitamina C total, ácido deidroascórbico e ácido ascórbico; e aumento no grau de deterioração fisiológica, atividade da peroxidase, teores de fenólicos totais e de suas frações diméricas, oligoméricas e poliméricas em raízes de mandioca da cultivar Baiana, acondicionada em embalagem de polietileno de 50 μm, 100 μm e 150 μm, mantidas sob condições ambientais. A espessura da embalagem de polietileno influi nas reações oxidativas, fato evidenciado pela redução da atividade da peroxidase, porcentagem de ácido deidroascórbico em relação à vitamina C total e o grau de deterioração fisiológica. Embalagens de polietileno mais espessas (100 μm e 150 μm) proporcionam menor grau de deterioração fisiológica com o tempo de armazenamento, exercendo,

desse modo, controle sobre essa deterioração. Esse controle pode ser atribuído a menor concentração de O_2 no interior das embalagens mais espessas, e, consequentemente, inibição ou eliminação das reações oxidativas, resultando em menor deterioração fisiológica (KATO et al., 1988).

Bezerra et al. (2002) acondicionaram mandioca minimamente processada da cultivar Baianinha em embalagens de polietileno com 100 μm de espessura e armazenamento a 8 ºC e 85% de umidade relativa. O produto apresentou vida útil de 15 dias quando submetido ao branqueamento por 30 minutos. Raízes de mandioca, de variedade não especificada, minimamente processadas, armazenadas a 5 ºC, apresentaram vida útil de 7 dias quando acondicionadas em bandeja de poliestireno expandido, envolta em filme de policloreto de vinila e, aproximadamente, 24 dias quando acondicionadas em embalagem multicamada com e sem vácuo (ALVES et al., 2005). Mandioca "cacau" minimamente processada acondicionada em filmes de poliolefina multicamada, com e sem vácuo, e armazenada a 10 ºC apresentou maior vida útil que a acondicionada em bandejas de polipropileno envolvidas em filme de policloreto de vinila mantidas na mesma temperatura (SILVA et al., 2003).

Características Sensoriais

A análise sensorial pode ser definida como uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações em alimentos que possam ser percebidas pelo sentido da visão, olfato, tato, sabor e audição, utilizando conhecimentos de Ciência de Alimentos, Fisiologia, Psicologia e Estatística (SIMPSON et al., 1998). Esse tipo de análise representa uma técnica tão importante para avaliar e conhecer a qualidade de um alimento, como podem ser outros tipos de análises, como as microbiológicas e as físico-químicas. Na indústria de alimentos, o uso de técnicas modernas de análise sensorial tem sido um meio seguro para caracterizar diferenças e similaridades em produtos que disputam um mesmo mercado consumidor; otimizar atributos de aparência, aroma, sabor e textura de alimentos em função

das expectativas do mercado consumidor; avaliar alterações sensoriais que ocorrem em função do tempo e de condições de armazenamento, do tipo de embalagem, de variações no processamento, variação na matéria-prima e outros (MINIM; DANTAS, 2004).

De acordo com as mesmas autoras, é considerada uma análise subjetiva, uma vez que depende do julgamento de humanos por meio dos órgãos do sentido, sendo influenciada pela experiência e capacidade do julgador, além de fatores externos, como local da análise, estado emocional e saúde do provador, condições e formas de apresentação da amostra-teste. Contudo, a utilização correta da tecnologia sensorial disponível leva à obtenção de resultados reprodutíveis, com precisão e exatidão comparáveis aos métodos denominados objetivos (CHAVES; SPROESSER, 1996). Além de instalações apropriadas, a avaliação sensorial necessita de ferramentas que são os métodos usados para a avaliação dos produtos. Existe um número grande de métodos já empregados atualmente e novos métodos continuam sendo desenvolvidos (MINIM; DANTAS, 2004).

Alves et al. (2005) observaram que raízes de mandioca minimamente processadas acondicionadas em bandejas envoltas com filme de policloreto de vinila e em embalagens multicamadas, ambas armazenadas em temperatura de 5 ºC, apresentaram alterações sensoriais a partir do 7º e 24º dias de armazenamento, respectivamente. Oliveira et al. (2003) analisaram subjetivamente a aparência visual de raízes de mandioca minimamente processada submetidas a diferentes tratamentos. Aos 28 dias de armazenamento, considerado como o final do experimento, apenas as raízes mandioca minimamente processadas submetidas ao tratamento testemunha apresentaram alterações indesejadas.

Considerações Finais

O processamento mínimo consiste em uma alternativa viável para a comercialização de produtos vegetais. No entanto, para se obter êxito na aplicação dessa tecnologia, devem-se considerar vários fatores,

tais como, qualidade da matéria-prima; operações adequadas para o processamento mínimo; alterações decorrentes do processamento mínimo; e os fatores que interferem no processamento mínimo.

A mandioca de mesa, bem como vários outros produtos vegetais, tem grande potencial para aumentar a sua participação no mercado, especialmente pela tradição de seu consumo. Uma das alternativas para aumentar esse mercado é por meio da utilização da tecnologia do processamento mínimo.

Referências

AGUIAR, J. L. P; BARRETO, B.; SOUSA, T. C.; FIALHO, J. F. Cadeia produtiva da mandioca no Distrito Federal: caracterização do consumidor final. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11., 2005, Campo Grande. **Ciência e tecnologia para a raiz do Brasil**: anais. Campo Grande: Governo do Estado; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 1 CD-ROM.

ALVES, A.; CANSIAN, R. L.; STUART, G.; VALDUGA, E. Alterações na qualidade de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) minimamente processadas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 330-337, 2005.

ANDRADE, N. J.; ANTUNES, M. A.; BASTOS, M. S. R. Higiene nas indústrias de alimentos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras**... Viçosa: UFV, 2004. p. 40-47.

AUSTIN, J. W.; DODDS, K. L.; BLANCHFIELD, B.; FARBER, J. M. Growth and toxin production by *Clostridium botulinum* on inocutated fresh-cut packaged vegetables. **Journal Food Protection**, v. 61, n. 3, p. 324-328, 1998.

BAI, J.; SAFTNER, R. A.; WATADA, A. E. Characteristics of fresh-cut honeydew (*Cucumis melo* L.) available to processors in winter and summer and its quality maintenance by modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 349-359, 2003.

BALAGOPALAN, C.; PADMAJA, G. Storage of tuber crops. **Indian Farming**, v. 33, n. 12, p. 51-53, 1984.

BALLANTYNE, A.; STARK, R.; SELMAN, J. D. Modified atmosphere packaging of shredded lettuce. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 23, p. 267-274, 1988.

BEZERRA, S. V.; PEREIRA, R. G. F. A.; CARVALHO, V. L. de.; VILELA, E. R. Raízes de mandioca minimamente processadas: efeito do branqueamento na qualidade e na conservação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 3, p. 564-575, 2002.

BEZERRA, V. S. Alterações na composição química e cocção de raízes de mandioca minimamente processadas: **manual técnico**. Lavras: UFLA, 2000. 92 p.

BRACKETT, R. E. Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 10, p. 195-206, 1987.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, p. 18-22, 1995.

BRECHT, J. K.; CHAU, K. V.; FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; SILVA, F. M.; NUNES, M. C. N.; BENDER, R. J. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, p. 87-101, 2003.

CAMERON, A. C.; TALASILA, P. C.; JOLES, D. W. Predicting film permeability needs for modified – atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, p. 25-34, 1995.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2. ed. Davis: Univ. California, Division of horticultural and natural resources, 1992. p. 277-281.

CANTWELL, M. The dynamic fresh-cut sector of the horticultural industry. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras**... Viçosa: UFV, 2000. p. 147-155.

CARVALHO, V. D. de; CHALFOUN, S. M.; CLEMENTE, E.; LEITE, I. P. Relação entre compostos fenólicos, atividades de peroxidase e polifenoloxidase e deterioração fisiológica em raízes de mandioca. **Revista Brasileira da Mandioca**, v. 4, n. 2, p. 89-96, 1985.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: UFV, 1996. 81 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CLEMENTE, E.; PASTORE, G. M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. **Boletim SBCTA**, v. 32, n. 2, p. 167-171, 1998.

COELHO, A. H. R. **Efeito da idade de colheita sobre o grau de deterioração fisiológica e composição química das raízes de três cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 1992. 107 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992.

CZYHRINCIW, N.; JAFFE, W. Modificaciones quimicas durante la conservacion de raices y tuberculos. **Archivos Venezuelanos de Nutricion**, v. 2, n. 1, p. 49-67, 1951.

FARBER, J. M. Microbiological aspects of modified atmosphere packaging technology: a review. **Journal of Food Protection**, v. 54, n. 1, p. 58-70, 1991.

FARBER, J. M.; HARRIS, L. J.; PARISH, M. E.; BEUCHAT, L. E.; SUSLOW,T. V.; GORNY, J. R.; GARRET,E. H.; BUSTA, F. F. Microbial safety of controled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Suppl. 2, p. 142-160, 2003.

FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; BRECHT, J. K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 52, p. 99-119, 2002.

FRIEDMAN, M. Food browning and its prevention: an overview. **Journal Agriculture Food Chemestry**, v. 44, n. 3, p. 631-653, 1996.

GARCÍA-GIMENO, R. M.; ZURERA-COSANO, G.; AMARO-LÓPEZ, M. Conservacion de los alimentos mediante atmosfera modificada: vegetables de IV gama. **Alimentaria**, n. 267, p. 89-104, 1995.

GIMENEZ, R. **Deterioração fisiológica e alguns componentes químicos em secções de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) cv. Guaxupé durante o armazenamento**. 1991. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; WANG, C. Y.; BUTA, J. G. Maintaining quality of fresh-cut mangoes using antibrowning agents and modified atmosphere packaging. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 4204-4208, 2000.

GORNY, J. R.; HESS-PIERCE, B.; CIFUENTES, R. A.; KADER, A. A. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, p. 271-278, 2002.

HARDENBURG, R. E. Effect of in package environment on keeping quality of fruits and vegetables. **HortScience**, v. 8, n. 3, p. 198-201, 1971.

HERTOG, M. L. A. T. M.; NICHOLSON, S. E.; WHITMORE, K. The effect of modified atmospheres on the rate of quality change in "Hass" avocado. **Postharvest Biology and Technology**, v. 29, p. 41-53, 2003.

HUEI-WANG, S.; CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. Armazenamento pós-colheita de mandioca. V.: influência da polifenoloxidase na deterioração fisiológica. **Revista Brasileira da Mandioca**, v. 2, n. 1, p. 17-20, 1983.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 01 jun. 2010.

IFPA. INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings**... Davis: University of California, 1998. Section 7g, p. 1-12.

IFPA. INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Offering global expertise in fresh-cut produce**. Disponível em: <http://www.fresh-cuts.org/about.php>. Acesso em: 11 out. 2004.

JACOMINO, A. P.; ARRUDA, M. A. C. de. Aplicações de atmosfera modificada em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Anais**... Recife: SBCTA, 2004. 1 CD-ROM.

KADER, A. A. Potential applications of ionizing radiation in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 6, p. 117-121, 1985.

KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E. L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 28, n. 1, p. 1-30, 1989.

KADER, A. A.; SALTVEIT, M. E.; Atmosphere modification. In: BARTZ, J. A.; BRECHT, J. K. (Ed.). **Postharvest physiology and pathology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 2003. p. 229-246.

KATO, M. do S. A. **Efeito da poda e da época de colheita na produtividade, conservação e qualidade de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 1987. 107 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1987.

KATO, M. do S. A.; CAMPOS, A. D.; CARVALHO, V. D. de. Influência da espessura de embalagem de polietileno na deterioração fisiológica em raízes de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 8, p. 803-809, 1988.

KATO, M. do S. A.; SOUZA, S. M. C. de. Conservação de raízes após colheita. **Informe Agropecuário**, v. 13, n. 145, p. 9-16, 1987.

KLUGE, A. R.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Editora Rural, 2002. 214 p.

LAMIKANRA, O. **Fresh-cut Fruits and vegetables**: science, technology and market. CRC Press, 2002.

LORENZI, J. O.; VALLE, T. L. **IAC 576:** a variedade de mandioca de mesa mais cultivada no Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2002. 4 p.

LORENZI, J. O. Variação na qualidade culinária das raízes de mandioca. **Bragantia**, v. 53, n. 2, p. 237-245, 1994.

LORENZI, J. O.; MIRANDA FILHO, H. da S.; MONTEIRO, D. A.; MALLOZZI, P. R.; PIZZINATTO, A.; CAIELLI, E. L. **Programa integrado de pesquisa: raízes e tubérculos**. São Paulo: Coordenadoria de Pesquisa Agropecuária, 1986. 47 p.

LUND, D. G.; ZAICOVSKI, C. B.; PRIETO, L. M.; CONCEIÇÃO, C. dos, S. da; ALEIXO, J. A. G.; ROMBALDI, C. V. Qualidade microbiana e aspecto visual de mandioca minimamente processada. **Acta Science Biology Science**, v. 29, n. 2, p. 213-216, 2007.

LUND, D. G.; PETRINI, L. A.; ALEIXO, J. A. G.; ROMBALDI, C. V. Uso de sanitizantes na redução da carga microbiana de mandioca minimamente processada. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1431-1435, 2005.

MAGUIRE, K. M.; BANKS, N. H.; OPARA, L. U. Factors affecting weight loss of apples. **Horticultural Reviews**, v. 25, p. 197-234, 2001.

McDONALD, R. E.; RISSE, L. A.; BARMORE, C. R. Bagging chopped lettuce in selected permeability films. **HortScience**, v. 25, n. 6, p. 671-673, 1990.

MELLO, J. C.; DIETRICH, R.; MEINERT, E. M.; TEIXEIRA, E.; AMANTE, E. R. Efeito do cultivo orgânico e convencional sobre a vida-de-prateleira de alface americana (Lactuca sativa L.) minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 418-426, 2003.

MINIM, V. P. R.; DANTAS, M. I. S. Avaliação sensorial de produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Anais**... Viçosa: UFV, 2004. 1 CD-ROM.

MIYA, E. E.; SILVA, S. D.; PEREIRA, A. S.; ANGELUCCI, E. Avaliação química-sensorial de novos cultivares de mandioca. **Coletânea Ital**, v. 6, p. 257-275, 1975.

MIRANDA, L. A. **Características tecnológicas, agronômicas e de qualidade de mandioca de mesa**. 2000. 93 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

MORETTI, C. L. Panorama do processamento mínimo de hortaliças. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras**... Viçosa: UFV, 2004. p. 01-08.

MORETTI, C. L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças: SEBRAE, 2007. 531 p.

NACHILUK, K.; ANTONIALI, S. **Principais perdas na cultura da mandioca**. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008 4/mandioca/index.htm>. Acesso em: 28 dez. 2008.

NASCIMENTO, E. F.; MORETTI, C. L.; ZUCHETO, M. C.; MATTOS, L. M. Avaliação da temperatura de comercialização de hortaliças minimamente processadas no mercado varejista do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43., 2003, Recife. **Anais**... Recife: SOB, 2003. 1 CD-ROM.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 34, n. 4, p. 371-401, 1994.

NORMANHA, E. S. O mau cozimento dos aipins: uma hipótese. **O Agronômico**, v. 40, n. 1, p. 13-14, 1988.

NUNES, M. C. N.; EMOND, J. P.; BRECHT, J. K. Temperature abuse during ground and in-flight handling operations affects quality of snap beans. **HortScience**, v. 36, p. 510, 2001.

OLIVEIRA, M. A. de; LEONEL, M.; CABELLO, C.; CEREDA, M. P.; JANES, D. A. Metodologia para avaliação do tempo de cozimento e características tecnológicas associadas em diferentes cultivares de mandioca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 126-133, 2005.

OLIVEIRA, M. A. de; PANTAROTO, S.; CEREDA, M. P. Efeito da sanitização e de agente antioxidante em raízes de mandioca minimamente processadas. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 339-344, 2003.

OMARY, M. B.; TESTIN, R. F.; BAREFOOT, S. F.; RUSHING, J. W. Packaging effects on growth of *Listeria innocua* in shredded cabbage. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 3, p. 623-626, 1993.

PORTO, M. C. M. Reflexos da política agrícola na cultura da mandioca no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 4.,1986, Camboriú. **Resumos**... Camboriú: SBM, 1986.

REYES, V. G. Improved preservation systems for minimally processed vegetables. **Food Australia**, v. 48, n. 2, p. 87-90, 1996.

RIBEIRO, D. R. M.; VIDAL JÚNIOR, P. A.; DANTAS, M. I. S.; DUTRA, L. S.; BARBOSA, R. B.; MINIM, V. P. R.; VANETTI, M. C. D. Efeito do tratamento com ácido cítrico e revestimentos comestíveis em mandioca minimamente processada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 9., 2004, Recife. **Anais**... Recife: SBCTA, 2004. 1 CD-ROM.

RINALDI, M. M. **Conservação de repolho minimamente processado em diferentes sistemas de embalagem**. 2005. 100 F. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

ROBBS, P. G. Importância da análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) no processamento mínimo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras**... Viçosa: UFV, 2000. p. 33-43.

ROJO, F.; SAABOR, A. Praticidade impulsiona a venda de pré-processados. **FrutiFatos**, v. 2, n. 2, p. 42-44, 2002.

SALTVEIT, M. E. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browing are alterad by heat shock. **Postharvest Biology and Technology**, v. 21, n. 1, p. 61-69, 2000.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 215 p.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; TELES, C. S.; COPPELMANS, S. A. Efeitos da embalagem e da temperatura de estocagem na qualidade de couve minimamente processada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 185-190, 2003.

SARMENTO, S. B. S.; REIS, M. M.; FERREIRA, M. M. C.; CEREDA, M. P.; PENTEADO, M. V. C.; ANJOS, C. B. dos. Análise quimiométrica de propriedades físicas, físico-químicas e funcionais de féculas de mandioca. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 2, n. 1,2, p. 131-137, 1999.

SCHMIDT, R. H. **Basic elements of equipment cleaning and sanitizing in food processing and handling operations**. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences Extension, 1998. (HACCP–Hazard Analysis Critical Control Point – Implementation, 1998).

SIGRIST, J. M. M.; BLEINROTH, E. W.; MORETTI, C. L. **Manuseio pós-colheita de frutas e hortaliças**. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. (Ed.). Resfriamento de frutas e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças: Embrapa Informação Tecnológica, 1998. p. 81-94.

SIGRIST, J. M. M. **Estudos fisiológicos e tecnológicos de couve-flor e rúcula minimamente processadas**. 112 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.

SILVA, V. V. da; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M. Efeito da embalagem e temperatura de estocagem na conservação de mandioca minimamente processada. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 197-202, 2003.

SIMPSON, S. J.; PIGGOTT, J. R.; WILLIAMS, S. A. R. Sensory analysis. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 3, n. 1, p. 7-18, 1998.

SOLOMOS, T.; KANELLIS, A. K. Hypoxia and fruit ripening. In: KANELLIS, A. K.; CHANG, C.; KLEE, H.; BLEECKER, A. B.; PECH, J. C.; GRIERSON, D. (Ed.). **Biology and biotechnology of the plant hormone ethylene**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1997. p. 239-252.

SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. **Sistema de produção de mandioca para a região do cerrado**. Cruz da Almas: CNPMF, 2003. 61 p.

SOUZA, L. S. da. FARIAS , A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. **Processamento e utilização da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005. 547 p.

WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, n. 2, p. 115-125, 1996.

WATADA, A. E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 201-205, 1999.

WELLER, A.; SIMS, C. A.; MATTHEWS, R. F.; BATES, R. P.; BRECHT, J. K. Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 2, p. 256-260, 1997.

WHEATLEY, C. C. Calidad de las raices de yuca y factors que intervienen em ella. In: HERSHEY, C. H. (Ed.). **Mejoramiento genético de la yuca em América Latina**. Cali: CIAT, 1991. p. 267-291.

WHEATLEY, C.; GOMÉZ, G. Evaluation of some quality characteristics in cassava storage roots. **Qualitas Plantarum Plant Foods Human Nutrition**, v. 35, p. 121-129, 1985.

WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. London: Chapman & Hall, 1994. 357 p.

VANETTI, M. C. D. Segurança microbiológica em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras**... Viçosa: UFV, 2004. p. 30-32.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F. de; SILVA, M. S. **Desempenho de variedades de mandioca de mesa no Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 16 p.

VILPOUX, O.; CEREDA, M. P. Processamento de raízes e tubérculos para uso culinário: minimamente processadas, vácuo, pré-cozidas congeladas e fritas (french-fries). In: CEREDA, M. P (Coord.). **Agricultura**: tuberosas amiláceas. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 81-109. (Série culturas de tuberosas amiláceas latino americanas, 2). p. 81-109.

YILDIZ, F. Initial preparation, manipulation and distribution of fruits and vegetables minimally processed and refrigerated. In: WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1996. p. 25-60.

ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, v. 42. p. 70-77, 1988.

ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 313-321, 1999.

Minimal Processing: an alternative to producer of sweet cassava

Abstract

Minimal processing of plant products consists of a technology that aims to provide the consumer a product should be maintaining the characteristics of the product composition in nature. This study presents a literature review on the minimum processing in general emphasized, while studies already conducted with roots of sweet cassava roots. This work describes the importance and objectives of minimal processing, raw material processing operations in minimum changes resulting from the minimal processing and induction of ethylene synthesis, respiration, weight loss, enzymatic browning and microbiological changes. Moreover, it also describes the factors that interfere with the minimum processing: temperature and modified atmosphere packaging and / or controlled. Aspects on the sensory characteristics of minimally processed products are also described.

Index terms: Minimally processed, Manihot esculenta Crantz, temperature, packaging, adding value.