**Artigo Científico**

**Conservação pós-colheita de raízes de mandioca minimamente processadas submetidas a diferentes sistemas de embalagens**

**Post-harvest conservation of minimally processed cassava roots submitted to different packaging systems**

**Resumo**

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das principais fontes mundiais de energia na alimentação humana, grandemente consumida e produzida no Brasil, entretanto não apresenta facilidade no preparo e tem um alto grau de deterioração após a colheita. Como alternativa, o processo de embalagem a vácuo para o acondicionamento de raízes de mandioca minimamente processadas tem sido utilizado consideravelmente pelos produtores e agroindústrias. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a conservação pós-colheita de raízes de mandioca de mesa minimamente processada acondicionada em embalagens PEBD 130µm, 200µm e 300µm com e sem vácuo armazenado na temperatura de 3 ºC e 90% de umidade relativa. As amostras foram avaliadas a cada sete dias por um período de 28 dias quanto ao pH, acidez titulável, sólidos solúveis, Ratio, textura, perda de massa fresca, umidade, matéria seca, tempo de cocção, cor (L\*, a\*, b\*, incremento no escurecimento, croma e ângulo hue) e microbiologia para a contagem de aeróbios mesófilos, aeróbios psicrotróficos, bolores e leveduras, coliformes totais e termotolerantes. Raízes de mandioca minimamente processadas acondicionadas nas embalagens de PEBD com maior espessura (200µm e 300µm) apresentam maior estabilidade nos componentes físicos-químicos e microbiológicos. Na embalagem PEBD 200µm com vácuo e PEBD 300µm nas duas condições de atmosfera e armazenamento na temperatura de 3 ºC e 90% de umidade relativa, a vida útil das raízes de mandioca minimamente processada foi de 14 dias. Nos demais tratamentos o período de armazenamento recomendado foi de sete dias.

**Palavras-chave adicionais:** *Manihot esculenta* Crantz, Processamento mínimo, Armazenamento, Conservação, Acondicionamento a vácuo.

**Abstract**

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is one of the world's major sources of energy in human nutrition, widely consumed and produced in Brazil. However, its post-harvest processing is complicated, with a high degree of deterioration. As an alternative, vacuum packaging for the preparation of minimally processed cassava roots has been used extensively by producers and agroindustries. The objective of this work was to evaluate the post-harvest conservation of minimally processed table manioc roots packed in 130μm, 200μm and 300μm LDPE packages with and without vacuum stored at 3 °C and 90% relative humidity. Samples were evaluated every seven days for a period of 28 days for pH, titratable acidity, soluble solids, Ratio, texture, fresh weight loss, moisture, dry matter, cooking time, color (L\*, a\* b\*, increase in darkening, chroma and hue angle) and microbiological quality (mesophilic aerobes, psychrotrophic aerobes, molds and yeasts, total coliforms and thermotolerant bacteria). Minimally processed cassava roots packed in LDPE packages with higher thickness (200μm and 300μm) presented greater stability for the physical-chemical and microbiological components. In both, the 200μm LDPE package with vacuum and the 300μm LDPE, tested in the two atmospheric conditions, and stored under 3ºC and 90% relative humidity, the shelf-lifee of the minimally processed cassava roots was 14 days. For the other treatments, the recommended storage period was seven days.

**Additional keywords:** *Manihot esculenta* Crantz, Minimally Processed, Storage, Conservation, Vacuum Packaging.

**Introdução**

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de mandioca depois da Nigéria, Tailândia e Indonésia, tendo as condições climáticas como principais fatores na regulação de sua produção (Moreto et al., 2018). A cultura apresenta importância preponderante no cenário socioeconômico brasileiro com cultivo tanto em pequenas como em grandes propriedades. Além disso, a mandioca apresenta versatilidade devido ao seu potencial para ser plantada em todas as regiões do Brasil (Santiago et al., 2018).

Nos cinturões verdes das grandes e médias cidades brasileiras, o plantio de mandioca visando o consumo culinário (cozida, frita, chips, mandioca palito, pré-cozida, entre outras) de suas raízes de reserva é um dos principais cultivos (Vieira et al., 2108) sendo um dos preferidos por parte dos produtores em razão de sua elevada lucratividade e adaptação à rotação e/ou sucessão de cultivo com outras hortaliças.

Atualmente, uma das grandes dificuldades do mercado de mandioca de mesa está relacionada ao processo de deterioração fisiológica das raízes que se iniciam nas primeiras 48 horas após a colheita, o que limita o seu armazenamento, dificultando a comercialização das mesmas (Ramos et al., 2013).

A mandioca minimamente processada é uma alternativa para agregar valor à matéria prima e atender as necessidades do consumidor que procura produtos de fácil preparo (Vieites et al., 2012). A mandioca na forma processada vem sendo cada vez mais utilizada por produtores rurais, atacadistas e supermercados, uma vez que o consumidor atualmente leva mais em conta a praticidade dos minimamente processados comparativamente com o preço desses (Andrade et al., 2016).

Dentre as diferentes técnicas e métodos de conservação de alimentos, o estudo de embalagens tem se destacado em função da necessidade da preservação das características físico-químicas e também sensoriais. Além da definição da embalagem, o emprego do vácuo pode resultar em um tempo de vida mais longo ao alimento devido à redução de desenvolvimento de microorganismos, oxidação e descoloração (Ricciardi, 2008). De acordo com Cenci (2011) o emprego de vácuo em embalagens promove a supressão do oxigênio, o que tende a aumentar a vida útil dos alimentos, uma vez que retarda a respiração, o amadurecimento, o envelhecimento, a perda da umidade, a modificação da textura, o escurecimento enzimático e o desenvolvimento de microrganismos. A utilização de embalagem a vácuo se mostra eficiente na conservação de carnes, massas, ovos e grãos ([Lima et al., 2014](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232017000100438&lng=pt&nrm=iso#B024)). Vieites et al. (2012) ao avaliar a qualidade de mandioca minimamente processada submetida a radiação gama, acondicionaram raízes de mandioca (IAC–576-70) minimamente processadas em embalagens de poliestireno expandido revestidas por filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD) submetidas a diferentes doses de irradiação, e raízes minimamente processadas apenas acondicionadas em embalagem de nylon+polietileno com aplicação de vácuo armazenados sob refrigeração a 5 ºC por 12 dias. Os autores concluíram que o tratamento a vácuo associado à refrigeração permitiu uma leve superioridade em relação aos demais tratamentos.

Apesar de bastante utilizada pelos produtores e agroindústrias, não existem informações científicas suficientes quanto às características físico-químicas e microbiológicas de raízes de mandioca de mesa minimamente processadas acondicionada e comercializada em embalagens a vácuo em diferentes espessuras, bem como, a vida útil deste produto. Assim, objetivou-se avaliar a conservação pós-colheita de raízes de mandioca de mesa minimamente processada acondicionada em embalagens PEBD 130µm, 200µm e 300µm com e sem vácuo armazenado na temperatura de 3 ºC e 90% de umidade relativa.

**Material e métodos**

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Cerrados localizado em Planaltina - DF. No experimento utilizaram-se raízes de mandioca da cultivar de mesa com coloração da polpa das raízes creme IAC 576-70, conhecida popularmente na região do Cerrado como Japonesinha.

Aos doze meses após o plantio foi efetuada a colheita das raízes**,** transporte para o laboratório, lavagem em água corrente e resfriamento em câmara fria (10 ± 1 ºC e 90% de umidade relativa) por 12 horas. O processamento mínimo consistiu no descasque manual das raízes e descarte das pontas; lavagem em água corrente; corte da parte mediana das raízes em cilindros (10 cm de comprimento). Imersão (10 minutos) em solução sanitizante de hipoclorito de sódio com 150 mg .L-1 de cloro ativo. Enxague (5 minutos) em solução de 5 mg .L-1 do mesmo sanitizante e drenagem das raízes por cinco minutos em escorredor de aço inoxidável semelhante aos utilizados em restaurantes semi-industriais. A temperatura da água de lavagem, sanitização e enxágue foi mantida a 5 ± 2 °C. A área de processamento foi previamente higienizada, bem como todos os utensílios mantidos em seu interior. A temperatura do ambiente foi mantida a 15 ± 3 ºC e utilizaram-se equipamentos de proteção individual (EPIs).

As raízes de mandioca minimamente processadas foram acondicionadas em embalagens plásticas de PEBD com 130µm, 200µm e 300µm. Em todas as embalagens estudadas as mesmas foram fechadas sem e com o processo de vácuo consistindo nos seguintes tratamentos: PEBD 130µm sem vácuo, PEBD 130µm com vácuo, PEBD 200µm sem vácuo, PEBD 200µm com vácuo, PEBD 300µm sem vácuo, PEBD 300µm com vácuo. Todas as embalagens contendo raízes de mandioca minimamente processadas foram armazenadas em câmara fria na temperatura de 3ºC e 90% de umidade relativa.

Logo após o processamento mínimo e aos 7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento o produto foi submetido à análise de pH, acidez titulável, sólidos solúveis, Ratio, umidade e matéria seca, de acordo com Carvalho et al. (1990). Análise de textura baseada no teste de resistência a perfuração (teste Normal) utilizando-se o texturômetro Brookfield texture Analyzer, modelo CT3 4500, sendo utilizado trigger (força): 10 g, deformation (deformação): 10 mm e speed (velocidade): 10 mm/s com utilização de ponteiras TA 17 cone 30 mm D, 40° e TA 15/1000 cone 30 mm D, 45°. Os resultados foram expressos em Newton. Perda de massa fresca durante o armazenamento determinada pela diferença de peso entre a massa inicial e a massa no momento da avaliação. Tempo de cocção de acordo com Butarelo et al. (2004). Cor (L⃰, a⃰, b⃰) determinada em espectrofotômetro MiniScan® EZ marca HunterLab. O valor de L⃰ define a luminosidade (L⃰ = 0 preto e L⃰ = 100 branco) e a⃰ e b⃰ são responsáveis pela cromaticidade (+a⃰ vermelho e - a⃰ verde), b⃰ (+b⃰ amarelo e -b⃰ azul). Por meio do módulo L⃰, a⃰ e b\* foi possível calcular o chroma (saturação ou intensidade da cor; 0 - cor impura e 60 – cor pura) e o ângulo hue (ângulo da cor; 0º vermelho; 90º amarelo; 180º verde; 270º azul e 360º negro) por meio das fórmulas: chroma [(a2 + b2)1/2] e ângulo hue [arco tangente (b/a)], conforme recomendado por Hunterlab (2008). Análise microbiológica para a contagem de aeróbios mesófilos, aeróbios psicrotróficos, bolores e leveduras, coliformes totais e termotolerantes de acordo com Silva et al. (2010).

**Delineamento experimental e análise estatística**

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com três repetições para cada análise, sendo que cada repetição consistiu em aproximadamente 500g de raízes de mandioca minimamente processada. Para as análises de cor e textura foram realizadas três leituras em cada cilindro de 10 cm de comprimento de raiz de mandioca minimamente processada. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade, utilizando-se o Software Assistat (Silva, 2015).

**Resultados e discussão**

**pH, acidez titulável e sólidos solúveis**

Não ocorreu variação significativa nos valores de pH durante o armazenamento com valores entre 5,96 e 6,32. Valor inicial de 6,04 (Tabela 1). A baixa oscilação nos valores de pH durante o armazenamento pode estar relacionada à associação entre temperatura de armazenamento e embalagem adequada, resultando em eficiente controle da respiração (Freire et al., 2014).

**Tabela 01 -** Valores médios de pH, acidez titulável e sólidos solúveis em raízes de mandioca minimamente processadas submetidas a diferentes tratamentos.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| pH | | | | | |
| Dias de armazenamento | | | | | |
| Embalagens | 0 | 07 | 14 | 21 | 28 |
| PEBD 130µm sem vácuo | 6,04 aA | 6,16 aA | 6,20 aA | 6,21 aA | 6,18 aA |
| PEBD 130µm com vácuo | 6,04 aA | 6,11 aA | 6,16 aA | 6,16 aA | 6,03 aA |
| PEBD 200µm sem vácuo | 6,04 aA | 6,16 aA | 5,96 aA | 6,31 aA | 6,08 aA |
| PEBD 200µm com vácuo | 6,04 aA | 6,18 aA | 6,24 aA | 6,31 aA | 6,30 aA |
| PEBD 300µm sem vácuo | 6,04 aA | 6,12 aA | 6,00 aA | 6,20 aA | 6,11 aA |
| PEBD 300µm com vácuo | 6,04 aA | 6,16 aA | 6,14 aA | 6,32 aA | 6,27 aA |
| Acidez titulável (g de ácido cítrico anidro/100 g) | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | 0,11 aB | 0,06 cC | 0,11 aB | 0,13 aA | 0,04 cD |
| PEBD 130µm com vácuo | 0,11 aA | 0,07 bcB | 0,08 bB | 0,12 aA | 0,11 aA |
| PEBD 200µm sem vácuo | 0,11 aA | 0,08 bcB | 0,09 abA | 0,09 bA | 0,11 aA |
| PEBD 200µm com vácuo | 0,11 aA | 0,10 aA | 0,08 bB | 0,12 aA | 0,09 bB |
| PEBD 300µm sem vácuo | 0,11 aA | 0,08 bcB | 0,09 abB | 0,11 abA | 0,11 aA |
| PEBD 300µm com vácuo | 0,11 aA | 0,07 bcC | 0,09 abB | 0,11 abA | 0,09 bB |
| Sólidos solúveis (ºBrix) | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | 7,00aA | 7,87 aA | 8,10 aA | 7,40 aA | 7,27 aA |
| PEBD 130µm com vácuo | 7,00 aA | 7,60 aA | 7,13 aA | 8,50 aA | 9,57 aA |
| PEBD 200µm sem vácuo | 7,00 aA | 7,63 aA | 7,20 aA | 7,03 aA | 7,83 aA |
| PEBD 200µm com vácuo | 7,00 aA | 7,47 aA | 7,77 aA | 7,07 aA | 7,07 aA |
| PEBD 300µm sem vácuo | 7,00 aA | 8,63 aA | 7,97 aA | 7,93 aA | 8,63 aA |
| PEBD 300µm com vácuo | 7,00 aA | 7,17 aA | 7,83 aA | 7,33 aA | 6,87 aA |

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Há uma relação entre o aumento do pH e a redução da acidez titulável de produtos armazenados devido ao consumo dos ácidos orgânicos como substratos no processo respiratório (Chitarra & Chitarra, 2005). Rinaldi et al. (2015a) observaram aumento significativo nos valores de pH de raízes de mandioca minimamente processadas acondicionadas com e sem vácuo e armazenadas sob refrigeração e congelamento (sem vácuo) das cultivares IAC 576-70, BRS 400 e BRS 399 diferindo do observado neste trabalho. O valor do pH determina a atividade enzimática, o grau de deterioração do alimento, a variação de textura, o grau de maturação de frutas e hortaliças, e a escolha pelo meio de embalagem e armazenamento mais adequado (Chitarra & Chitarra, 2005). Alimentos com baixa acidez (pH > 4,5) são mais suscetíveis ao desenvolvimento microbiano, patogênico ou deteriorante (Franco & Landgraf, 2005). Neste contexto, o pH observado em todos os tratamentos é favorável ao desenvolvimento desses microrganismos, o que pode causar diminuição no tempo de armazenamento das raízes (Teixeira et al., 2017). Assim, a forma de acondicionamento e temperatura de armazenamento das raízes de mandioca minimamente processadas devem ser bem definidas para a manutenção da qualidade pós-colheita do produto.

De maneira geral os valores de acidez titulável apresentaram variação significativa durante todo o armazenamento ocorrendo oscilação nos valores em praticamente todos os tratamentos. O valor inicial foi de 0,11 g de ácido cítrico anidro/100 g atingindo o menor valor (0,04) aos 28 dias de armazenamento nas raízes acondicionadas nas embalagens PEBD 130µm sem vácuo (Tabela 1). Com exceção da embalagem PEBD 200µm com vácuo, todos os tratamentos apresentaram redução significativa nos valores de acidez titulável nos primeiros sete dias de armazenamento, o que indica que nesta fase ocorreram as principais modificações metabólicas nas raízes submetidas a estes tratamentos. Os valores de acidez titulável tendem a diminuir durante o armazenamento de produtos refrigerados devido à utilização dos ácidos no processo respiratório (Rinaldi et al., 2015b). As mandiocas minimamente processadas apenas embaladas a vácuo apresentaram maiores valores de acidez titulável quando comparado aos demais tratamentos submetidos a diferentes doses de irradiação (Vieites et al., 2012) o que não ocorreu no presente trabalho onde, de maneira geral, os valores de acidez titulável apresentaram oscilação e redução durante o armazenamento.

Os valores de sólidos solúveis não apresentaram variação significativa durante o armazenamento provavelmente devido ao baixo metabolismo das raízes e às embalagens utilizadas e principalmente a baixa temperatura de armazenamento (3ºC) (Tabela 1). Apesar de não ser estatisticamente significativo, o maior valor de sólidos solúveis foi obtido nas raízes de mandioca minimamente processadas mantidas na embalagem PEBD 130µm com vácuo aos 28 dias de armazenamento. Já o menor também foi obtido aos 28 dias nas raízes acondicionadas na embalagem PEBD 300µm com vácuo.

Durante todo o armazenamento os valores de sólidos solúveis oscilaram entre 6,87 ºBrix e 9,57 ºBrix com valor inicial de 7,00 ºBrix (Tabela 1). A variação nos teores de sólidos solúveis durante a armazenagem é influenciada por características intrínsecas da amostra ou ainda por reações metabólicas que podem ocorrer durante o período de armazenamento, utilizando o açúcar como substrato, e também à atividade microbiana no produto mantido sob refrigeração (Rinaldi et al., 2015a). Dessa forma, é possível afirmar que as condições de processo, acondicionamento e armazenagem do produto foram adequadas para a manutenção desta variável.Sólidos solúveis representam uma importante variável na avaliação pós-colheita, uma vez que permitem inferir sobre o sabor do vegetal (Castricini et al., 2014). Esta característica pode influenciar a qualidade final de produtos à base de mandioca, como bolos, sorvetes, biscoitos, purês e outros. Além disso, os maiores teores de sólidos solúveis tendem a fornecer mais doçura e melhor sabor, atendendo a preferência dos consumidores (Teixeira et al., 2017).

**Ratio, textura e perda de massa fresca**

Os valores de Ratio correspondem à relação entre sólidos solúveis e a acidez titulável, definindo basicamente o sabor e o estado de maturação das raízes. De maneira geral com exceção do produto acondicionado na embalagem PEBD 130µm sem vácuo e PEBD 200µm com vácuo, em todos os demais tratamentos os maiores valores de Ratio ocorreram aos sete dias de armazenamento (Tabela 2). Quanto às embalagens também ocorreu variação significativa para esta variável dos sete aos 28 dias de armazenamento. Os valores de Ratio variaram entre 58,39 (PEBD 200µm com vácuo aos 21 dias de armazenamento) e 162,94 (PEBD 130µm sem vácuo aos 28 dias). Os valores de Ratio tendem a aumentar durante a maturação do vegetal, devido ao acréscimo nos teores de açúcares e a diminuição dos ácidos (Cavalini et al., 2006). No presente trabalho ocorreu oscilação nos valores desta variável correspondendo ao ocorrido nos valores de sólidos solúveis e acidez titulável (Tabela 1). A relação sólidos solúveis/acidez titulável geralmente é um bom indicativo de sabor sendo uma boa ideia quanto ao equilíbrio entre esses dois componentes (Fernandes et al., 2010).

A textura não apresentou diferença significativa entre as embalagens e entre os períodos de armazenamento, sendo que, como esperado, apresenta apenas uma diminuição gradativa, porém não expressiva. Apesar de não haver diferença significativa nos dados de textura no decorrer do armazenamento observa-se redução mais acentuada em todos os tratamentos nos primeiros sete dias de armazenamento (Tabela 2). Rinaldi et al. (2017b) também não observaram diferença significativa na textura de raízes de mandioca da mesma cultivar acondicionada imersa em água com diferentes concentrações de ácido cítrico após o processamento mínimo com valores de textura variando entre 39,66 N e 16,71 N. O armazenamento foi a 3 0C por 35 dias. Teixeira et al. (2017) obtiveram valor médio de textura de 22,66 N após a colheita de raízes de mandioca da variedade IAC 576-70 sendo um valor inferior ao obtido para a mesma variedade no presente estudo. As propriedades texturais dos produtos minimamente processados indicam a sua qualidade, sendo a embalagem fundamental para manter a conservação destes alimentos (Fernandes et al., 2016). No presente trabalho não foi observado efeito significativo da embalagem na textura do produto.

**Tabela 2 -** Valores médios de Ratio, textura e perda de massa fresca em raízes de mandioca minimamente processadas submetidas a diferentes tratamentos.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ratio | | | | | |
| Dias de armazenamento | | | | | |
| Embalagens | 0 | 07 | 14 | 21 | 28 |
| PEBD 130µm sem vácuo | 64,12 aD | 133,50 aB | 76,18 cC | 58,73 cD | 162,94 aA |
| PEBD 130µm com vácuo | 64,12 aC | 111,70 bA | 92,78 aB | 65,26 bC | 94,31 bB |
| PEBD 200µm sem vácuo | 64,12 aD | 102,16 cA | 80,87 bcB | 78,01 aB | 71,52 dC |
| PEBD 200µm com vácuo | 64,12 aC | 79,85 dB | 92,61 abA | 58,39 cC | 82,22 cB |
| PEBD 300µm sem vácuo | 64,12 aD | 113,59 bA | 87,80 bB | 72,30 abC | 76,33 dC |
| PEBD 300µm com vácuo | 64,12 aC | 99,83 cA | 85,52 bB | 68,45 bC | 82,02 cB |
| Textura (N) | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | 30,0 aA | 24,23 aA | 24,67 aA | 22,03 aA | 21,96 aA |
| PEBD 130µm com vácuo | 30,0 aA | 25,80 aA | 24,97 aA | 22,73 aA | 20,20 aA |
| PEBD 200µm sem vácuo | 30,0 aA | 21,80 aA | 24,50 aA | 26,10 aA | 23,27 aA |
| PEBD 200µm com vácuo | 30,0 aA | 23,03 aA | 25,57 aA | 23,77 aA | 23,53 aA |
| PEBD 300µm sem vácuo | 30,0 aA | 22,73 aA | 24,77 aA | 24,50 aA | 20,20 aA |
| PEBD 300µm com vácuo | 30,0 aA | 22,07 aA | 24,23 aA | 25,03 aA | 24,93 aA |
| Perda de massa fresca (%) | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,02 aA | 0,02 aA | 0,07 aA |
| PEBD 130µm com vácuo | 0,00 aA | 0,03 aA | 0,09 aA | 0,11 aA | 0,12 aA |
| PEBD 200µm sem vácuo | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,01 aA | 0,07 aA | 0,08 aA |
| PEBD 200µm com vácuo | 0,00 aA | 0,01 aA | 0,01 aA | 0,02 aA | 0,09 aA |
| PEBD 300µm sem vácuo | 0,00 aA | 0,00 aA | 0,01 aA | 0,03 aA | 0,06 aA |
| PEBD 300µm com vácuo | 0,00 aB | 0,03 aAB | 0,01 aAB | 0,01 aAB | 0,10 aA |

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Não ocorreu aumento significativo na perda de massa fresca em todos os tratamentos durante o armazenamento, com perda de 0% a 0,12% não influenciando na depreciação da qualidade do produto (Tabela 2). Freire et al. (2014) também não observaram aumento significativo de perda de massa fresca em raízes de mandioca de mesa minimamente processadas armazenadas a 5 ± 2 0C por 11 dias. De acordo com os mesmos autores a baixa perda de massa fresca em raízes de mandioca minimamente processadas pode ser devido à lignificação que pode agir como barreira natural a perda de água, resultando em menor suscetibilidade à desidratação. A perda de peso ocorre principalmente devido à perda de umidade por transpiração (Freitas et al., 2017).

**Cor**

A Tabela 3 apresenta os valores de cor, expressados em L\*, a\*, b\*. Amostras acondicionadas nas embalagens PEBD 200µm com vácuo e PEBD 300µm sem vácuo apresentaram maior estabilidade nos valores de L\* não ocorrendo variação significativa durante os 28 dias de armazenamento. Quanto menor os valores de L\* mais escuras estão às amostras. O maior valor (89,06) foi obtido no início do armazenamento e o menor valor de L\* (66,48) ocorreu nas amostras de raízes minimamente processadas acondicionadas na embalagem PEBD 200µm sem vácuo aos 28 dias de armazenamento.

**Tabela 03 -** Valores médios de L\*, a\* e b\* em raízes de mandioca minimamente processadas submetidas a diferentes tratamentos.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L\* | | | | | |
| Dias de armazenamento | | | | | |
| Embalagens | 0 | 07 | 14 | 21 | 28 |
| PEBD 130µm sem vácuo | 89,06 aA | 86,28 aA | 75,86 bB | 85,02 aA | 76,96 bB |
| PEBD 130µm com vácuo | 89,06 aA | 86,66 aAB | 80,91 abB | 87,76 aA | 88,29 aA |
| PEBD 200µm sem vácuo | 89,06 aA | 85,33 aAB | 80,52 abB | 85,84 aAB | 66,48 cC |
| PEBD 200µm com vácuo | 89,06 aA | 86,14 aA | 85,32 aA | 87,04 aA | 84,53 aA |
| PEBD 300µm sem vácuo | 89,06 aA | 86,37 aA | 85,21 aA | 87,42 aA | 86,87 aA |
| PEBD 300µm com vácuo | 89,06 aA | 86,21 aAB | 84,98 aAB | 82,23 aB | 86,53 aAB |
| a\* | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | 4,77 aA | 3,32 aB | 2,60 abBC | 2,90 aB | 2,05 bC |
| PEBD 130µm com vácuo | 4,77 aA | 3,26 aB | 2,06 bC | 3,04 aB | 3,01 aB |
| PEBD 200µm sem vácuo | 4,77 aA | 2,80 abB | 2,98 aB | 3,08 aB | 2,73 abB |
| PEBD 200µm com vácuo | 4,77 aA | 3,09 abB | 2,86 aB | 2,70 aB | 3,45 aB |
| PEBD 300µm sem vácuo | 4,77 aA | 2,31 bC | 2,60 abBC | 3,22 aB | 3,30 aB |
| PEBD 300µm com vácuo | 4,77 aA | 3,11 aBC | 2,88 aBC | 2,75 aC | 3,53 aB |
| b\* | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | 24,97 aA | 21,43 aB | 21,36 aB | 22,49 aAB | 21,23 aB |
| PEBD 130µm com vácuo | 24,97 aA | 21,93 aB | 17,56 bC | 21,51 aB | 22,26 aAB |
| PEBD 200µm sem vácuo | 24,97 aA | 21,35 aB | 21,51 aB | 21,26 aB | 21,11 aB |
| PEBD 200µm com vácuo | 24,97 aA | 22,01 aB | 21,22 aB | 21,91 aB | 23,12 aAB |
| PEBD 300µm sem vácuo | 24,97 aA | 21,15 aB | 21,03 aB | 22,74 aAB | 23,39 aAB |
| PEBD 300µm com vácuo | 24,97 aA | 21,46 aB | 23,48 aAB | 20,23 aC | 22,02 aABC |

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores de a\* apresentaram redução significativa em todos os tratamentos do início até os sete dias de armazenamento. Nas diferentes embalagens as raízes apresentaram variação significativa nos valores de a\* na embalagem PEBD 300µm sem vácuo aos sete dias de armazenamento. Aos 14 dias apenas a embalagem PEBD 130µm com vácuo e aos 28 na mesma embalagem sem vácuo. A partir de sete dias somente o produto submetido aos tratamentos na embalagem PEBD 200µm com e sem vácuo não apresentou variação significativa nos valores de a\* até o final do armazenamento. Os valores de a\* são responsáveis por definir a degradação da clorofila sendo que quando a\* é positivo, o produto apresenta cor mais avermelhada, e quando a\* estiver no seu ponto negativo, o produto apresentará cor verde (Rinaldi et al., 2017b).

Os valores de b\* semelhantemente apresentaram variação significativa durante o armazenamento com exceção do produto na embalagem PEBD 200µm sem vácuo a partir de sete dias de armazenamento. Porém quanto às embalagens, somente o produto acondicionado na PEBD 130µm com vácuo apresentaram redução significativa nos valores desta variável aos 14 dias de armazenamento. Os valores de b\* representam o amarelecimento do vegetal; quando b\* for positivo, indica que o produto é de cor amarela, e quando b\* for negativo, indica que o produto é de cor azul. Os valores de b\* foram positivos para todos os dias de análise correspondendo à cor característica da variedade estudada. Além disso, é possível afirmar que não ocorreu variação significativa na cor das raízes de mandioca minimamente processadas submetida aos diferentes tratamentos durante todo o experimento.

**Incremento de escurecimento, croma e ângulo hue**

O incremento de escurecimento determina o escurecimento apresentado pelas raízes ao longo do período de armazenamento (Tabela 4). O maior valor (23,50) ocorreu nas raízes acondicionadas na embalagem PEBD 200µm sem vácuo no vigésimo oitavo dia de armazenamento correspondendo ao menor valor (66,48) de L\* obtido em todo o experimento (Tabela 3). Quando o produto foi acondicionado nesta mesma embalagem e submetido ao processo de vácuo apresentou baixos valores de incremento no escurecimento durante todo o armazenamento. O produto acondicionado na embalagem PEBD 300µm com e sem vácuo também apresentou baixos valores de incremento no escurecimento durante os 28 dias de armazenamento comprovando que esta embalagem é adequada para a manutenção de baixos níveis de escurecimento em raízes de mandioca minimamente processada armazenada sob refrigeração a 3 0C.

A medida do incremento no escurecimento tem o objetivo de verificar o escurecimento do produto durante o armazenamento. De maneira geral, para produtos vegetais, considera-se que, quando os valores de incremento no escurecimento são maiores que 10, o grau de escurecimento é elevado (Rinaldi et al., 2017c). Os valores de incremento no escurecimento variaram entre zero e 23,50 sendo que o produto acondicionado nas embalagens PEBD 200µm com vácuo e PEBD 300µm com e sem vácuo apresentaram valores abaixo do limite máximo durante os 28 dias de armazenamento, comprovando que estes tratamentos são efetivos no controle do escurecimento das raízes de mandioca minimamente processadas. Quanto à variabilidade obtida para esta variável durante o experimento um fator que pode interferir na análise por meio de calorimetria para mandioca, é o fato das amostras serem destrutivas, ou seja, para cada tempo de avaliação uma nova amostra é utilizada, pois os toletes de mandioca devem ser retirados das embalagens para leitura e não é recomendável embalar novamente devido à alteração da atmosfera ao redor do produto (Henrique et al., 2015).

**Tabela 4 -** Valores médios de incremento de escurecimento, croma e ângulo hue em raízes de mandioca minimamente processadas submetidas a diferentes tratamentos.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Incremento de escurecimento | | | | | | | | | |
| Dias de armazenamento | | | | | | | | | |
| Embalagens | 0 | | 07 | | 14 | | 21 | | 28 |
| PEBD 130µm sem vácuo | 0,00 aC | 5,90 aB | | 14,70 aA | | 6,95 aB | | 13,40 bA | |
| PEBD 130µm com vácuo | 0,00 aC | 5,64 aB | | 13,88 aA | | 6,08 aB | | 5,17 cB | |
| PEBD 200µm sem vácuo | 0,00 aC | 7,84 aB | | 10,87 abB | | 7,25 aB | | 23,50 aA | |
| PEBD 200µm com vácuo | 0,00 aB | 5,81 aA | | 6,30 bA | | 5,30 aA | | 7,42 cA | |
| PEBD 300µm sem vácuo | 0,00 aB | 6,80 aA | | 7,32 bA | | 6,21 aA | | 6,76 cA | |
| PEBD 300µm com vácuo | 0,00 aB | 6,17 aA | | 7,16 bA | | 8,69 aA | | 6,27 cA | |
| Croma | | | | | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | 25,44 aA | 21,71 aB | | 21,53 aB | | 22,69 aAB | | 21,47 aB | |
| PEBD 130µm com vácuo | 25,44 aA | 22,19 aB | | 17,70 bC | | 21,74 aB | | 22,88 aAB | |
| PEBD 200µm sem vácuo | 25,44 aA | 21,54 aB | | 22,20 aB | | 21,50 aB | | 21,36 aB | |
| PEBD 200µm com vácuo | 25,44 aA | 22,24 aB | | 21,43 aB | | 22,08 aB | | 23,63 aAB | |
| PEBD 300µm sem vácuo | 25,44 aA | 21,30 aB | | 21,21 aB | | 22,99 aAB | | 23,98 aAB | |
| PEBD 300µm com vácuo | 25,44 aA | 21,70 aBC | | 23,67 aAB | | 19,86 aC | | 22,73 aABC | |
| Ângulo hue | | | | | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | 79,24 aA | 81,39 aA | | 83,16 aA | | 82,58 aA | | 84,17 aA | |
| PEBD 130µm com vácuo | 79,24 aA | 81,60 aA | | 83,41 aA | | 82,12 aA | | 82,93 aA | |
| PEBD 200µm sem vácuo | 79,24 aA | 82,64 aA | | 82,24 aA | | 81,80 aA | | 82,77 aA | |
| PEBD 200µm com vácuo | 79,24 aA | 81,89 aA | | 82,45 aA | | 83,14 aA | | 81,63 aA | |
| PEBD 300µm sem vácuo | 79,24 aA | 83,79 aA | | 83,08 aA | | 82,09 aA | | 82,21 aA | |
| PEBD 300µm com vácuo | 79,24 aA | 81,93 aA | | 82,63 aA | | 78,07 aA | | 81,38 aA | |

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores de croma variaram de 17,70 a 25,44 correspondendo a cores fracas, de baixa intensidade tendendo ao branco (Tabela 4). Os valores de croma definem a intensidade da cor, assumindo valores próximos à zero para cores neutras, e valor próximo de sessenta significa que é uma cor mais forte (Tunick, 2000). O croma é uma variável relacionada ao grau de pureza da cor, que delimita a intensidade de saturação pela escala de branco ou preto que a contém (Reis et al., 2017).

Os valores de croma obtidos durante o período de armazenamento, não apresentaram diferenças significativas entre as embalagens com exceção do produto acondicionado na PEBD 130µm aos 14 dias de armazenamento com o menor valor de croma (17,70) de todo o experimento (Tabela 4). No decorrer dos 28 dias de armazenamento não é possível afirmar que as embalagens tenham apresentado qualquer efeito sobre os valores de croma das raízes de mandioca minimamente processadas.

Não ocorreu variação significativa nos valores de ângulo hue durante os 28 dias de armazenamento das raízes de mandioca minimamente processadas acondicionadas nos diferentes sistemas de embalagem. Os valores de ângulo hue (h) das raízes nos diferentes tratamentos variaram entre 78,07 e 84,17 durante todo o armazenamento correspondendo à cor amarela (Tabela 4) uma vez que o ângulo hue caracteriza diferentes tonalidades de cor a cada 90°, sendo de 0° para o vermelho, 90° para o amarelo, 180° para o verde e 270° para o azul (Silva et al., 2015).

**Umidade, matéria seca e tempo de cocção**

Os valores de umidade variaram entre 56,97% e 63,06% com média geral de 60,94% durante os 28 dias de armazenamento. Durante o armazenamento não ocorreu variação significativa nos valores de umidade das raízes submetidas aos tratamentos PEBD 130µm sem vácuo, PEBD 300µm nas duas condições de atmosfera. Os demais tratamentos apresentaram oscilação nos valores de umidade durante o armazenamento (Tabela 5). De maneira geral os valores de umidade em raízes de mandioca minimamente processadas estão de acordo com os dados obtidos por Rinaldi et al. (2015a,b) e Rinaldi et al. (2017a).

Os resultados obtidos para umidade neste trabalho também estão de acordo com os apresentados pela TACO (UNICAMP, 2011) em raízes de mandioca crua que foi de 61,80%. É importante a manutenção da umidade das raízes de mandioca durante o armazenamento sendo que a diminuição implica no favorecimento das reações enzimáticas que culminam com a descoloração vascular (Bezerra et al., 2002). Ainda de acordo com os mesmos autores, o aumento nos valores de umidade devido às características da embalagem utilizada, centrifugação inadequada e outros problemas no armazenamento podem facilitar a multiplicação dos microrganismos presentes no produto, levando à redução da sua vida útil.

Os valores de matéria seca variaram entre 36,95 e 43,04 com média geral de 39,06 com maior valor no tratamento submetido à embalagem PEBD 200µm sem vácuo e o menor no produto na mesma embalagem 200µm com vácuo (Tabela 5). As raízes acondicionadas nas embalagens PEBD 130µm sem vácuo e PEBD 300µm sem e com vácuo não apresentaram variação significativa na porcentagem de matéria seca durante os 28 dias de armazenamento comprovando que estas embalagens foram mais estáveis na manutenção da matéria seca de raízes de mandioca minimamente processadas. Os valores de matéria seca nas raízes são altamente relacionados com teores de amido ou fécula, dependendo da variedade, local de cultivo, idade e época de colheita (Fukuda et al., 2006).

**Tabela 5 -** Valores médios de umidade, matéria seca e tempo de cocção em raízes de mandioca minimamente processadas submetidas a diferentes tratamentos.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Umidade (%) | | | | | | | | | | | | |
| Dias de armazenamento | | | | | | | | | | | | |
| Embalagens | 0 | | | 07 | | | 14 | | 21 | | 28 | |
| PEBD 130µm sem vácuo | 61,61 aA | | | 62,08 aA | | | 60,64 aA | | 61,43 abA | | 60,14 aA | |
| PEBD 130µm com vácuo | 61,61 aAB | | | 62,90 aA | | | 60,76 aAB | | 59,87 bcB | | 60,67 aAB | |
| PEBD 200µm sem vácuo | 61,61 aA | | | 60,96 abAB | | | 58,65 aBC | | 56,97 cC | | 60,94 aAB | |
| PEBD 200µm com vácuo | 61,61 aAB | | | 59,08 bB | | | 60,68 aAB | | 63,06 aA | | 60,48 aAB | |
| PEBD 300µm sem vácuo | 61,61 aA | | | 60,14 abA | | | 61,19 aA | | 61,04 abA | | 62,38 aA | |
| PEBD 300µm com vácuo | 61,61 aA | | | 61,49 abA | | | 61,53 aA | | 61,95 abA | | 59,45 aA | |
| Matéria seca (%) | | | | | | | | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | | 38,39 aA | | | 37,92 abA | 39,36 aA | | | | 38,57 bcA | | 39,85 aA |
| PEBD 130µm com vácuo | | 38,39 aAB | | | 37,10 bB | 39,24 aAB | | | | 40,13 abA | | 39,33 aAB |
| PEBD 200µm sem vácuo | | 38,39 aC | | | 39,04 abBC | 41,35 aAB | | | | 43,04 aA | | 39,06 aBC |
| PEBD 200µm com vácuo | | 38,39 aAB | | | 40,92 aA | 39,32 aAB | | | | 36,95 cB | | 39,51 aAB |
| PEBD 300µm sem vácuo | | 38,39 aA | | | 39,86 abA | 38,81 aA | | | | 38,96 bcA | | 37,62 aA |
| PEBD 300µm com vácuo | | 38,39 aA | | | 38,51 abA | 38,47 aA | | | | 38,05 bcA | | 40,55 aA |
| Tempo de cocção (minutos) | | | | | | | | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | 24 aB | | 25 aB | | | | | 24 bB | | 30 aA | | 30 aA |
| PEBD 130µm com vácuo | 24 aB | | 25 aB | | | | | 30 aA | | 30 aA | | 30 aA |
| PEBD 200µm sem vácuo | 24 aB | | 23 abB | | | | | 24 bB | | 29 aA | | 28 aA |
| PEBD 200µm com vácuo | 24 aB | | 22 bB | | | | | 30 aA | | 30 aA | | 30 aA |
| PEBD 300µm sem vácuo | 24 aB | | 25 aB | | | | | 24 bB | | 29 aA | | 30 aA |
| PEBD 300µm com vácuo | 24 aB | | 22 bB | | | | | 24 bB | | 24 bB | | 29 aA |

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As raízes de mandioca apresentaram tempo de cocção entre 22 e 30 minutos, sendo 30 minutos o tempo máximo aceitável para a comercialização de raízes de mandioca para uso culinário (Fukuda et al., 2002; Vieira et al., 2018) (Tabela 5). Quanto menor for o tempo de cocção, melhor será a qualidade da massa gerada (Talma et al., 2013). Além disso, o baixo tempo de cozimento gera economia de energia e de ocupação, sendo uma característica desejada pelo consumidor final (Moreto & Neubert, 2014). O cozimento rápido das raízes de mandioca de mesa também está associado à textura macia e à crocância da mandioca frita (Schallenberger et al., 2016).

As raízes submetidas aos tratamentos PEBD 130µm e 200µm com vácuo apresentaram aumento significativo no tempo de cocção a partir de 14 dias de armazenamento permanecendo com estes valores até o final do experimento. Os demais tratamentos com exceção do PEBD 300µm com vácuo apresentaram aumento significativo no tempo de cocção a partir de 21 dias de armazenamento. Aos 28 dias raízes no tratamento PEBD 300µm com vácuo também apresentaram aumento para esta variável atingindo 29 minutos de tempo de cocção. Bezerra et al. (2002) também observaram diferenças significativas do tempo de cocção das raízes em função dos períodos de armazenamento, mesmo com reduzida amplitude de valores, variando de 24,85 a 27,70 minutos com aumento durante o armazenamento. Freire et al. (2014) também observaram aumento do tempo de cozimento de raízes de mandioca de mesa cultivar Mossoró minimamente processada em diferentes formatos (“minitolete” e “rubiene”).

O aumento no tempo de cocção das raízes nos períodos descritos provavelmente deve-se às características da matéria-prima não sendo possível afirmar que a espessura da embalagem e o processo de vácuo tenham influenciado significativamente nesta variável. Em raízes de mandioca de mesa, é possível, em uma mesma raiz ou cultivar, ocorrer o cozimento adequado em uma amostra e não cozimento de outra amostra com as mesmas características de cultivo, colheita e outros fatores, como clima, solo, manuseio pós-colheita e formas de armazenamento.

O tempo considerado adequado para a cocção de raízes de mandioca de mesa é de 11 a 20 minutos (Pereira et al., 1985). Cereda et al. (1990) relataram 13,5 minutos como tempo de cozimento para a cultivar 279. Variações no tempo de cozimento e parâmetros culinários de raízes de mandioca podem ocorrer entre raízes da mesma planta, entre plantas da mesma variedade, entre diferentes espécies genéticas materiais e dependendo do estado fisiológico das plantas, bem como sobre as condições do solo e do clima (Fialho et al., 2009) e épocas de colheita, com as plantas colhidas mais cedo apresentando o menor tempo de cocção (Oliveira & Moraes, 2009). O tempo de cozimento é a principal característica relacionada à qualidade culinária. Os consumidores de mandioca são exigentes quanto ao tempo de cocção de raízes, que deve ser o mais curto possível para ser considerado de boa qualidade (Teixeira et al., 2017). Os mesmos autores obtiveram tempo de cocção de 14 minutos para esta mesma variedade.

Entretanto, como em todos os tratamentos, os tempos de cocção foram inferiores há 30 minutos, é possível afirmar que todos foram eficientes na manutenção das qualidades culinárias das raízes de mandioca.

Não foi detectado a presença de aeróbios mesófilos, aeróbios psicrotróficos, bolores e leveduras, coliformes totais e termotolerantes após o processamento mínimo das raízes (dia zero) comprovando que a matéria-prima estava em boas condições microbiológicas e que o processamento mínimo foi realizado adequadamente (Tabela 6).

**Tabela 6 -** Valores médios de contagem total de aeróbios mesófilos, aeróbios psicrotróficos, bolores e leveduras, coliformes totais e termotolerantes em raízes de mandioca minimamente processadas submetidas a diferentes tratamentos.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Contagem total de aeróbios mesófilos (\*UFC.g-1) | | | | | | | | | | |
| Dias de armazenamento | | | | | | | | | | |
| Embalagens | 0 | | 07 | | 14 | | 21 | | 28 | |
| PEBD 130µm sem vácuo | < 10 est\* | | 3,3 x 102 | | 1,5 x 104 | | 8,0 x 104 | | 2,2 x 105 | |
| PEBD 130µm com vácuo | < 10 est | | 1,5 x 102 est | | 5,9 x 103 | | 6,6 x 104 | | 1,7 x 105 | |
| PEBD 200µm sem vácuo | < 10 est | | 3,0 x 102 | | 1,7 x 103 | | 5,7 x 104 | | 3,1 x 105 | |
| PEBD 200µm com vácuo | < 10 est | | 1,2 x 102 est | | 2,9 x 102 | | 4,6 x 103 | | 1,7 x 103 | |
| PEBD 300µm sem vácuo | < 10 est | | 3,3 x 102 | | 7,6 x 104 | | 7,3 x 103 | | 1,0 x 104 | |
| PEBD 300µm com vácuo | < 10 est | | 2,6 x 102 | | 1,6 x 102 est | | 1,3 x 103 | | 3,2 x 103 | |
| Contagem total de aeróbios psicrotróficos (UFC.g-1) | | | | | | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | < 10 est | | 4,8 x 103 | | 4,9 x 104 | | 1,5 x 105 | | 6,9 x 105 | |
| PEBD 130µm com vácuo | < 10 est | | 8,6 x 102 | | 8,5 x 103 | | 1,3 x 105 | | 6,8 x 105 | |
| PEBD 200µm sem vácuo | < 10 est | | 3,3 x 102 | | 5,9 x 103 | | 8,1 x 104 | | 5,5 x 103 | |
| PEBD 200µm com vácuo | < 10 est | | < 10 est | | 1,4 x 102 est | | 4,5 x 103 | | 4,3 x 103 | |
| PEBD 300µm sem vácuo | < 10 est | | 4,5 x 102 | | 3,4 x 102 | | 1,1 x 104 | | 3,1 x 104 | |
| PEBD 300µm com vácuo | < 10 est | | < 10 est | | 1,3 x 102 est | | 3,6 x 102 | | 2,8 x 103 | |
| Contagem total de bolores e leveduras (UFC.g-1) | | | | | | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | | < 10 est | | < 10 est | | 8,6 x 103 | | 9,7 x 102 | | 8,5 x 104 |
| PEBD 130µm com vácuo | | < 10 est | | < 10 est | | 1,4 x 103 | | 4,0 x 102 | | 7,6 x 104 |
| PEBD 200µm sem vácuo | | < 10 est | | < 10 est | | 1,8 x 103 | | 3,8 x 102 | | 8,5 x 102 |
| PEBD 200µm com vácuo | | < 10 est | | < 10 est | | < 10 est | | 2,6 x 102 | | 5,0 x 102 |
| PEBD 300µm sem vácuo | | < 10 est | | < 10 est | | 7,2 x 102 | | 2,2 x 102 | | 1,3 x 103 |
| PEBD 300µm com vácuo | | < 10 est | | < 10 est | | < 10 est | | 1,9 x 102 | | 4,6 x 102 |
| Coliformes totais (\*NMP.g-1) | | | | | | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | | < 3 | | 1,1 x 102 | | 1,1 x 102 | | 6,4 x 104 | | 1,1 x 105 |
| PEBD 130µm com vácuo | | < 3 | | 1,1 x 102 | | 1,1 x 102 | | 3,6 x 101 | | 1,1 x 105 |
| PEBD 200µm sem vácuo | | < 3 | | < 3 | | 1,1 x 102 | | 2,1 x 103 | | 2,4 x 104 |
| PEBD 200µm com vácuo | | < 3 | | < 3 | | 1,1 x 102 | | 1,1 x 105 | | 1,1 x 105 |
| PEBD 300µm sem vácuo | | < 3 | | 2,3 x 103 | | 3,0 x 101 | | 4,3 x 103 | | 1,1 x 105 |
| PEBD 300µm com vácuo | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | 1,1 x 105 |
| Coliformes termotolerantes (NMP.g-1) | | | | | | | | | | |
| PEBD 130µm sem vácuo | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | < 3 |
| PEBD 130µm com vácuo | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | < 3 |
| PEBD 200µm sem vácuo | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | < 3 |
| PEBD 200µm com vácuo | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | < 3 |
| PEBD 300µm sem vácuo | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | < 3 |
| PEBD 300µm com vácuo | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | < 3 | | < 3 |

\*UFC: Unidades Formadoras de Colônias; \*est: estimado; \*NMP: Número Mais Provável.

A contagem total de aeróbios mesófilos variou de < 10 est na matéria-prima a 2,2 x 105 UFC.g-1, no tratamento PEBD 130µm sem vácuo aos 28 dias de armazenamento. As menores contagens de aeróbios mesófilos durante o armazenamento foram obtidas nos tratamentos PEBD 200µm e 300µm com vácuo comprovando que estas embalagens quando aliadas ao processo de vácuo são efetivas na redução de aeróbios mesófilos em raízes de mandioca minimamente processada. Nestes tratamentos a contagem atingiu o máximo de 103 até os 28 dias de armazenamento. A contagem de presença de microrganismos mesófilos em grande número em alimentos pode ser indicativa de manutenção do produto em condições impróprias (Franco & Landgraf, 2005). Nesse experimento as embalagens com maior espessura quando aliadas ao processo de vácuo apresentaram menor contagem destes microrganismos. Entretanto, aeróbios mesófilos não possuem tolerância máxima estabelecida no Brasil, mas APHA (American Public Health Association) estabelece o limite de 1,4x103 UFC.g-1 (Doores et al., 2013), para a segurança na comercialização e consumo do produto.

A contagem total de psicrotróficos variou de < 10 est nas raízes logo após o processamento a 1,5 x 105 UFC.g-1, no tratamento PEBD 130µm sem vácuo aos 21 dias de armazenamento (Tabela 6). Na legislação brasileira não há padrão para estes microrganismos em alimentos, porém quantidades elevadas (>105 UFC.g-1) são completamente indesejáveis, considerando que o alimento pode estar inadequado para o consumo, com perda real ou potencial das qualidades sensoriais, comprometimento da aparência do alimento e presença de microrganismos patogênicos e/ou deterioradores (Caruso & Camargo, 1984). No presente trabalho, apenas as raízes submetidas aos tratamentos PEBD 130µm com e sem vácuo a partir de 21 dias de armazenamento apresentaram contagens atingindo 105. As raízes submetidas aos demais tratamentos não atingiram o limite para a comercialização de produtos estando em condições aceitáveis quanto a estes microrganismos até o final do armazenamento. Positivamente, os menores valores de aeróbios psicrotróficos foram observados nos tratamentos PEBD 200µm e 300µm com vácuo, novamente comprovando a eficiência destes tratamentos no controle microbiano de raízes de mandioca minimamente processadas.

Para bolores e leveduras, os tratamentos apresentaram contagem entre <10 est. a 8,5 × 104 UFC.g-1 durante o armazenamento com maiores valores nos tratamentos PEBD 130µm com e sem vácuo. Mais uma vez o produto submetido às embalagens PEBD 200µm e 300µm com vácuo apresentaram menor contaminação microbiana. Na Resolução RDC nº12 de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), o limite para vegetais refrigerados e congelados só existe para Salmonella e coliformes termotolerantes. Entretanto, de maneira geral, quanto menor a quantidade de bolores e leveduras existentes em um alimento maior será a sua vida útil e segurança para o consumidor.

A presença de coliformes totais foi baixa em todos os tratamentos até os 14 dias de armazenamento, variando entre <3 e 2,3 × 103 NMP.g-1, demonstrando que as raízes estavam em boas condições higiênicas. Aos 21 dias de armazenamento os tratamentos PEBD 130µm sem vácuo e PEBD 200µm com vácuo apresentaram contagens mais elevadas atingindo 105. Aos 28 dias todos os tratamentos apresentaram níveis inaceitáveis para comercialização devido à alta contaminação de coliformes totais apresentadas (Tabela 6). De acordo com Smaniotto et al. (2009) contagem elevada de coliformes totais em produtos vegetais minimamente processados recomenda-se a não comercialização apesar de não haver limite na legislação para estes microrganismos.

A contagem de coliformes termotolerantes também foi baixa com valor máximo de < 3 NMP.g-1, atendendo às exigências da legislação (BRASIL, 2001) sendo que para hortaliças in natura e preparadas, a resolução RDC n°12, de 02 de janeiro de 2001 regulamenta sobre padrões microbiológicos e define como limite de coliformes a 45 °C um teor de 10² NMP/g (Passos et al., 2017). Assim as raízes de mandioca minimamente processadas em todos os tratamentos encontraram-se adequadas quanto a coliformes termotolerantes.

Alves et al. (2005) citam que raízes de mandioca minimamente processadas armazenadas em bandeja de isopor envolta em filme de policloreto de vinila (espessura não informada) apresentaram deteriorações fisiológicas, microbiológicas e sensoriais a partir do 7º dia de armazenamento, e as acondicionadas em embalagem multicamada seladas a vácuo apresentaram as mesmas deteriorações somente no 24º dia de armazenamento. A proliferação de microrganismos durante a armazenagem é evidente em alimentos com pHs superiores a 4,5 (Nutrição e Saúde, 2018). O pH das raízes de mandioca é superior a este valor, justificando os resultados obtidos na contagem dos microrganismos avaliados no experimento.

**Conclusões**

Raízes de mandioca minimamente processadas acondicionadas nas embalagens de PEBD com maior espessura (200µm e 300µm) apresentam maior estabilidade nos componentes físicos-químicos e microbiológicos.

Na embalagem PEBD 200µm com vácuo e PEBD 300µm nas duas condições de atmosfera e armazenamento na temperatura de 3 ºC e 90% de umidade relativa a vida útil das raízes de mandioca minimamente processada é de 14 dias. Nos demais tratamentos o período recomendado para o armazenamento é de sete dias.

**Agradecimentos**

Os autores agradecem à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e à Fundação Banco do Brasil (FBB) pelo apoio financeiro.

**Referências**

Alves A, Cansian, RL, Stuart, G, Valduga, E (2005) Alterações na qualidade de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) minimamente processada. Ciência e Agrotecnologia 29(2):330-337.

Andrade AU, Sanches AG, Piacentini LC, Cordeiro CAM (2016) Tratamento pós-colheita na extensão da vida útil de mandioca de mesa polpa branca e amarela minimamente processada e frigoconservada. Acta Iguazu 5(4):1-14.

Bezerra VL, Pereira RGFA, Carvalho VD, Vilela ER (2002) Raízes de mandioca minimamente processadas: efeito do branqueamento na qualidade e na conservação.Ciência e Agrotecnologia 26(3):564-575.

BRASIL (2001) RDC no 12, de 02 de janeiro de 2001. Dispõe Sobre o Regulamento Técnico Sobre os Padrões Microbiológicos Para Alimentos. Brasília.

Butarelo SS, Beleia A, Fonseca ICB, Ito KC (2004) Hidratação de tecidos de raízes de mandioca (Manihot esculenta Crantz.) e gelatinização do amido durante a cocção. Ciência e Tecnologia de Alimentos 24(3):311-315.

Caruso JGB, Camargo R (1984) Microbiologia de alimentos. In: Camargo R (ed) Tecnologia dos produtos agropecuários-alimentos, Nobel. p.35-49.

Carvalho CRL, Mantovani DMB, Carvalho PRN, Moraes RMM (1990) Análises químicas de alimentos. ITAL. p.121.

Castricini A, Rodrigues MGV, Jesus AM, Serpa MFP (2014) Caracterização de raízes de genótipos de mandioca produzidos no Semiárido de Minas Gerais. Revista Raízes e Amidos Tropicais 10(1):23-37. doi: 10.17766/1808-981X.

Cavalini FC, Jacomino AP, Lochoski M A, Kluge RA, Ortega EMM (2006) Maturity indexes for “kumagai” and “paluma” guavas. Revista Brasileira de Fruticultura 28(2):176-179.

Cereda MP, Sarmento SBS, Wosiacki G, Abbud NS (1990) A mandioca (*Manihot esculenta*, C.) cultivar IAPAR-19 Pioneira 3- Características culinárias. Arquivos de Biologia e Tecnologia 33(3):511-525.

Cenci AS (2011) Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem. Embrapa Agroindústria de Alimentos. 144p.

Chitarra, M. I. F.; Chitarra, A. B (2005) Pós colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. UFLA. 785p.

Doores S, Slafinger Y, Tortorello, M (2013) Compendium of methods for the microbiological examination of foods. DC: American Public Health Association. 185p.

Fernandes AM, Soratto RP, Evangelista RM, Nardin I (2010) Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. Horticultura Brasileira 28(3):299-304.

Fernandes LS, Corrêa PC, Junqueira MS, Finger FL, Cecon PR (2016)Influence of the type of packaging on textural properties of minimally processed yellow Peruvian roots.Revista Ceres 63(3):291-296.

Fialho JF, Vieira EA, Silva MS, Paula-Moraes SV, Fukuda WMG, Santos Filho MOS, SILVA KN (2009) Desempenho de variedades de mandioca de mesa no Distrito Federal. Revista Brasileira de Agrociência 15(1-4):31-35.

Franco BDGM, Landgraf M (2005) Microbiologia de Alimentos. Atheneu. 182p.

Freire CS, Simões NA, Vieira MRS, Júnior APB, Costa FB (2014) Qualidade de raízes de mandioca de mesa minimamente processada nos formatos minitolete e rubiene. Revista Caatinga 27(4):95-102.

Freitas RVS, Souza PA, Coelho EL, Souza FX, Beserra HNBR (2017) Storage of mombin fruits coated with cassava starch and pvc film. Revista Caatinga 30(1):244–249. doi.org/10.1590/1983-21252017v30n127rc

Fukuda WMG, Silva SO, Iglesias C (2002) Cassava breeding. Crop Breeding and Applied Biotechnology 2(4): 617-638.

Fukuda WMG, Fukuda C, Vasconcelos O, Folgaça JL, Neves HP, Carneiro GT (2006) Variedades de mandioca recomendadas para o Estado da Bahia. Bahia Agrícola 7(3):27-30.

Henrique CM, Prati P, Sarmento SBS (2015) Alterações de cor em raízes de mandioca minimamente processadas e embaladas a vácuo. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 16(1):129-135.

Hunterlab (2008) Insight on color: CIE L\* a\* b\* color scale. Reston, VA, USA.

Lima RAZ, Tomé LM, Abreu CMP (2014) Embalagem a vácuo: efeito no escurecimento e endurecimento do feijão durante o armazenamento. Ciência Rural 44(9):1664-1670. [doi: 10.1590/0103-8478cr20120832](http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20120832)

Moreto AL, Neubert EO (2014) Avaliação de produtividade e cozimento de cultivares de mandioca de mesa (aipim) em diferentes épocas de colheita. Revista Agropecuária Catarinense 27(1):59-65.

#### Moreto VB, Aparecido LEO, Rolim GS, Moraes JRSC (2018) Agrometeorological models for estimating sweet cassava yield. Pesquisa Agropecuária Tropical 48(1):43-51. doi.org/10.1590/1983-40632018v4850451.

NUTRIÇÃO E SAÚDE. Apostila de tecnologia de alimentos princípios. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/tecnologia-dos-alimentos-pdf-a46754.html> (Acesso em 23 de nov de 2018).

Oliveira MA, Moraes PSB (2009) Características físico-químicas, cozimento e produtividade de mandioca cultivar IAC576-70 em diferentes épocas de colheita. Ciência e Agrotecnologia 33(3):837-843. doi: 10.1590/S1413-70542009000300024.

Passos LP, Miranda ALS, Marques DRP, Oliveira IRN (2017) Aspectos microbiológicos de cenouras minimamente processadas e armazenadas em diferentes embalagens sob-refrigeração. The Journal of Engineering and Exact Sciences 03(6):0829-0834. doi: 10.18540/jcecvl3iss6pp0829-0834.

Pereira AS, Lorenzi JO, Valle TL (1985) Avaliação do tempo de cozimento e padrão de massa cozida em mandioca de mesa. Revista Brasileira de Mandioca 4(1):27-32.

Ramos PAS, Sediyama T, Viana AES, Pereira DM, Finger FL (2013) Efeito de inibidores da peroxidase sobre a conservação de raízes de mandioca in natura. Brazilian Journal of Food Technology 6(2):116-124. doi.org/10.1590/S1981-67232013005000018.

Reis DS, Figueiredo Neto A, Ferraz AV, Freitas ST (2017) Produção e estabilidade de conservação de farinha de acerola desidratada em diferentes temperaturas. Brazilian Journal Food Technology 20( e2015083). doi.org/10.1590/1981-6723.8315.

Ricciardi A (2008) Embalagens de cárneos. Revista Nacional da Carne 376:39-40.

Rinaldi MM, Vieira EA, Fialho JF (2015a) Conservação pós-colheita de diferentes cultivares de mandioca submetidas ao processamento mínimo e congelamento. Científica 43(4):287–301. doi.org/10.15361/1984-5529.2015v43n4p287-301.

Rinaldi MM, Vieira EA, Fialho JF, Malaquias JV (2015b) Efeito de diferentes formas de congelamento sobre raízes de mandioca de mesa. Brazilian Journal of Food Technology 18(2):93-101. doi.org/10.1590/1981-6723.3414.  
Rinaldi MM, Vieira EA, Fialho JF, Malaquias JV (2017a) Shelf life of minimally processed cassava roots submitted to different conservation methods. Científica 45(1):9-17. doi.org/10.15361/1984-5529.2017v45n1p9-17.

Rinaldi MM, Fialho JF, Vieira EA, Oliveira TAR, Assis SFO (2017b) Utilização de ácido cítrico para a conservação pós-colheita de raízes de mandioca. Brazilian Journal Food Technology 20(e2017072). doi.org/10.1590/1981-6723.07217.

Rinaldi MM, Costa AM, Faleiro FG, Junqueira NTV (2017c) Conservação pós-colheita de frutos de *Passiflora setacea* DC. submetidos a diferentes sanitizantes e temperaturas de armazenamento. Brazilian Journal Food Technology 20(e2016046). doi.org/10.1590/1981-6723.4616.

Santiago AD, Cavalcante MHB, Braz GBP, Procópio SO (2018) Efficacy and selectivity of herbicides applied in cassava pre-emergence.Revista Caatinga 31(3):640–650. doi.org/10.1590/1983-21252018v31n312rc.

Schallenberger E, Rebelo JA, Cantú RR, Morales RGF, Neubert EO, Moreto AL (2016) Novas cultivares de aipim: SCS256 Seleto, SCS257 Estação EEI, SCS 258 Peticinho e SCS259 Diamante. Agropecuária Catarinense 29(1):58-62.

Silva DFP, Siqueira DL, Pereira CS, Salomão LCC, Struiving TB (2015) Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata mineira. Ceres 56(6):783-789.

Silva FAZ (2015) ASSISTAT, Universidade Federal de Campina Grande. INPI 0004051-2. Versão 7.7 Beta (pt), Campina Grande – PB – Brasil, Disponível em: <<http://www.assistat.com>>. Acesso out., 2017.

Silva N, Junqueira VCA, Silveira NFA, Taniwaki MH, Santos RFS, Gomes RAR (2010) Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. Livraria Varela. 624p.

Smanioto TF, Pirolo NJ, Simionato EMRS, Arruda MD (2009) Qualidade microbiológica de frutas e hortaliças minimamente processadas. Revista Instituto Adolfo Lutz68(1):150-154.

Talma SV, Almeida SB, Lima RMP, Vieira HD, Bebert PA (2013) Tempo de cozimento e textura de raízes de mandioca. Brazilian Journal of Food Technology 16(2):133-138. [doi](http://dx.doi): 10.1590/S1981-67232013005000016.

Teixeira PRG, Viana AES, Cardoso AD, Moreira GLP, Matsumoto SN, Ramos PAC (2017)Physical-chemical characteristics of sweet cassava varieties.Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias 12(2):158-165. doi:10.5039/agraria.v12i2a5433.

Tunick MH (2000) Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. Journal Dairy Science, Champaign, 83(8):1892-1989. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75062-4.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO. versão 2. UNICAMP; NEPA, 2011. 113 p. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco\_versao2.pdf>. Acesso em: 20 de nov. 2018.

Vieira EA, Fialho JF, Julio l, Carvalho LJCB, Corte JLD, Rinaldi MM, Oliveira CM, Fernandes FD, Anjos JRN (2018) Sweet cassava cultivars with yellow or cream root pulp developed by participatory breeding. Crop Breeding and Applied Biotechnology 18:450-454. doi.org/10.1590/1984- 70332018v18n4c67.

Vieites RL, Daiuto ER, Carvalho LR, Garcia MR, Lozano MG, Watanabe LM (2012) Mandioca minimamente processada submetida à radiação gama.Semina: Ciências Agrárias 33(1):271-282. doi: 10.5433/1679-0359.2012v33n1p271.