

ESTABILIDADE MICROBIOLÓGICA, FÍSICO-QUÍMICA E DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM RADICCHIO MINIMAMENTE PROCESSADO

F. M. OLIVEIRA¹, L. S. SILVA², A. P. C. MADEIRA³, C. N. KOBORI⁴, L. A. CARLOS⁵, A. M. SILVA⁶

Universidade Federal de São João del Rei, *Campus Sete Lagoas*^{1,2,3,4,5,6}

amsilva@ufsj.edu.br⁶

Submetido 22/06/2020 - Aceito 22/12/2020

DOI: 10.15628/holos.2020.10550

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do processamento mínimo de folhas de raddichio de maneira que as tornassem mais seguras ao consumo, caracterizando seus aspectos microbiológicos, físico-químicos e o teor de compostos bioativos. O experimento foi realizado em cinco repetições. O radicchio foi minimamente processado, tendo suas folhas selecionadas, lavadas, sanitizadas, centrifugadas, embaladas e armazenadas sob refrigeração (7 °C ± 2). As análises foram realizadas nos tempos 0, 3, 6 e 9 dias de estocagem. Seguindo as metodologias oficiais, as amostras foram avaliadas quanto aos micro-organismos indesejáveis: Coliformes a 45°C e *Salmonella* sp. Quanto às análises físico-químicas, foram realizadas as determinações de pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável, umidade e cor instrumental. Os compostos bioativos avaliados foram compostos fenólicos totais, flavonoides totais, antocianinas totais e carotenoides

totais. A hortaliça mostrou-se apta ao consumo, uma vez que apresentou ausência de *Salmonella* sp. E contagem de Coliformes Termotolerantes abaixo do permitido pela legislação vigente. As características físico-químicas mantiveram-se estáveis, sem diferenças significativas ao longo do armazenamento, com exceção dos parâmetros L e b*. Quanto aos compostos bioativos, não se observou diferenças significativas (p > 0,05) durante a estocagem. Todavia, ao avaliar as folhas, percebeu-se que estas encontravam-se escuras e com odor desagradável no nono dia de armazenamento. O raddichio minimamente processado apresentou-se inócuo/seguro para o consumo e com potencial funcional até 6 dias sob refrigeração, o que poderia ser uma boa opção para consumidores (alimentação mais saudável) e produtores (maior valor agregado do radicchio).

PALAVRAS-CHAVE: *Cichorium intybus*, Alimento funcional, Controle de qualidade, Hortaliça não convencional, Fitoquímicos.

MICROBIOLOGICAL AND BIOACTIVE COMPOUNDS STABILITY IN RADICCHIO MINIMALLY PROCESSED.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the efficiency of the minimal processing of radicchio leaves to turn them safer for consuming, characterizing the microbiological, physico-chemical aspects and the content of bioactive compounds. The experiment was performed in five repetitions. The radicchio was minimally processed, its leaves were selected, washed, sanitized, centrifuged, packed and stored under refrigeration (7 °C ± 2). The analyses were performed at 0, 3, 6 and 9 days from storage. Following official methodologies, the samples were evaluated for the undesirable microorganisms: Coliforms at 45 °C and *Salmonella* sp. The physical-chemical analysis, pH level, total soluble solids, titratable acidity, humidity and instrumental color determination were evaluated. The bioactive compounds evaluated were total phenolic compounds, total flavonoids, total

anthocyanins and total carotenoids. The vegetable showed safe for consumption, since it showed the absence of *Salmonella* sp. and count of Thermotolerant Coliforms were below that allowed by the current legislation. The physical-chemical characteristics remained stable, with no significant difference along the storage, except for parameters L and b*. There was no significant difference during storage (p > 0,05) for the bioactive compounds. However, it was noticed that the leaves were dark and smelly on the 9th day of storage. Therefore, the minimally processed radicchio appeared safe/innocuous for consumption and with functional potential for up to 6 days under refrigeration, which could be a good option for consumers (healthy food) and producers (higher added value for radicchio).

KEYWORDS: *Cichorium intybus*, Functional food, Quality control, Non-conventional food plants, Phytochemicals.

1 INTRODUÇÃO

As hortaliças são de extrema importância em uma alimentação saudável, pois fornecem a maior parte dos micronutrientes, fibras e componentes funcionais essenciais. Seu consumo é prioridade nas políticas nutricionais, alimentares e agrícolas da Organização Mundial de Saúde, pelo potencial em diminuir o risco de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT), como doenças cardiovasculares, respiratórias crônicas e diabetes mellitus (Figueira, Lopes & Modena, 2016).

Dentre as hortaliças, tem-se um grupo conhecido como hortaliças não convencionais que estão incluídas dentro das chamadas plantas alimentícias não convencionais (PANC), sendo consideradas uma alternativa fácil de consumir uma maior variedade de vegetais. Pouco se sabe sobre os valores nutricionais destas hortaliças negligenciadas, sendo desconhecidas por grande parte da população que as deixaram em desuso, apesar de muito consumidas anteriormente (Kinupp & Lorenzi, 2014; Martinevski, Oliveira, Rios, Flores & Venzke, 2013).

O radicchio (*Chicorium intybus*) é uma hortaliça não convencional exótica, originária da Ásia, Europa, Egito, América do Norte e Itália. É uma planta herbácea, de ciclo de vida perene, membro da família *Asteraceae*, do gênero *Chicorium* (Pushparaj, Low, Manikandan, Tan & Tan, 2007). Possui folhas de colorações diferentes, de acordo com a variedade, podendo apresentar coloração verde e avermelhado. A borda das folhas pode ser inteira ou dentada. É uma hortaliça crocante e de gosto amargo característico (Machado, 2012).

A *C. intybus* possui grande importância econômica, com boa aceitação no mercado, muito consumida por pessoas pertencentes às classes com maior poder aquisitivo. Existem vários tipos disponíveis, sendo o cultivar Folha Larga o de maior destaque dentre os cultivados em solo brasileiro. Pode também ser denominado como almeirão, almeirão-verdadeiro, chicória amarga e radiche. Suas folhas podem ser usadas de diversas maneiras na cozinha, como em saladas ou refogadas (Pereira, 2010). O radicchio tem sido pesquisado devido ao seu alto teor de fitoquímicos (como carotenoides, compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas) que exercem propriedades antioxidantes, desempenhando papel crucial ao retardar o início da maioria das doenças degenerativas e de alguns tipos de câncer, sendo potencialmente benéfico à saúde (Nicoletto & Pimpini, 2009; Pereira, 2010).

O conceito de alimentos funcionais foi proposto inicialmente no Japão, em meados da década de 1980, referindo-se a alimentos usados em uma dieta normal que possuem benefícios fisiológicos e/ou reduzem o risco de doenças crônicas, além de suas funções nutricionais básicas (Costa & Rosa, 2010). Estudos relatam que uma dieta rica em alimentos com propriedades funcionais reduz os riscos de doenças como as cardiovasculares, câncer, obesidade e diabetes tipo 2, devido ao alto teor de compostos bioativos - também chamados de fitoquímicos, dentre os quais tem-se o ácido ascórbico, os carotenoides, os compostos fenólicos, os flavonoides e as antocianinas, encontrados em frutas e hortaliças (Colpo, Fuke & Zimimmermann, 2016; Hinneburg, Damien & Raimo, 2006).

As mudanças no estilo de vida fizeram com que as pessoas buscassem cada vez mais por alimentos prontos para o consumo, pelo fato de eliminar o tempo gasto para o preparo. Assim, os alimentos minimamente processados vêm ganhando espaço, devido à praticidade para o consumo, além da qualidade higiênicossanitária (Pereira, 2010). A diminuição da qualidade e vida útil desses se deve a injúrias nos tecidos, que aceleram a senescência, o que provoca mudanças na coloração e odor desagradável. Para a conservação do frescor e da qualidade desses produtos é importante que se tenha cuidados em todas as etapas do processamento (Gioppo, Mroginski, Gonçalves & Ayub, 2012).

Segundo Badaró, Pereira e Morais (2011) juntamente com o setor de minimamente processados, cresceu também o número de ocorrências de doenças associadas a condições higiênicossanitárias inadequadas. Levando em consideração o elevado número de pessoas que utilizam esse tipo de serviço, é indispensável a avaliação das condições de processamento, com intuito de diminuir os riscos e conseqüentemente os casos de infecção, toxinfecção e intoxicação alimentar. Sendo assim, para que um alimento seja liberado ao consumo, além das avaliações físico-químicas, o controle microbiológico e a sanitização correta dos alimentos são de grande importância para a saúde do consumidor (Ferreira, Gregório, Costa, Paula, Araujo, Neta & Fontes, 2016).

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do processamento mínimo de folhas de raddichio de maneira que as tornassem mais seguras ao consumo, e caracterizar seus aspectos microbiológicos, físico-químicos e teor de compostos bioativos.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizadas folhas de radicchio (*C. intybus*) orgânico. A hortaliça foi obtida de uma horta certificada de produtos orgânicos, a base de adubos naturais, água potável e sem agrotóxicos, localizada em Capim Branco, MG (19°33'05.0"S 44°08'21.5"W). Para melhor conservação das hortaliças, a coleta foi realizada no início da manhã (período mais fresco) e as amostras foram transportadas sob refrigeração (caixa isotérmica contendo gelo reciclável).

2.1 Processamento Mínimo

O processamento mínimo do radicchio foi realizado no Laboratório de Conservação de Alimentos, da Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus Sete Lagoas*, no máximo uma hora após a coleta. Os equipamentos e bancadas utilizados no processamento foram previamente higienizados com álcool 70 % e a manipulação da hortaliça foi realizada utilizando-se luvas descartáveis.

Primeiramente, realizou-se a seleção das folhas, retirando as que estavam injuriadas ou com alguma alteração de cor. Em seguida, as folhas foram lavadas de maneira individual em água corrente, com o objetivo de eliminar as sujidades mais grosseiras e, posteriormente, imersas em solução de hipoclorito de sódio (YPÊ/FIGUEIRA AMPARO-SÃO PAULO) a 200 ppm de cloro ativo, por 15 minutos. Para retirar o excesso de solução sanitizante, utilizou-se uma centrífuga manual (PLASUTIL). As amostras (folhas individuais, com aproximadamente 150 gramas no total) foram

então acondicionadas em embalagens plásticas rígidas (PET- Polietileno tereftalato, SANPACK) previamente sanitizadas, identificadas e armazenadas em BOD (INDREL SCIENTIFIC) a $7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$, por nove dias.

O experimento foi realizado em cinco repetições. Logo após o processamento mínimo (dia 0) e também aos 3, 6 e 9 dias de armazenamento sob refrigeração ($7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$) foram retiradas amostras para as análises microbiológicas, físico-químicas e de quantificação dos compostos bioativos.

2.2 Análises Microbiológicas

Amostras das hortaliças minimamente processadas foram avaliadas quanto aos micro-organismos indesejáveis: Coliformes a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ e *Salmonella* sp. Embora a RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (Brasil, 2001), que estabelece o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos não caracterize padrões para produtos como hortaliças minimamente processadas, foi feita uma analogia com o seguinte grupo caracterizado nessa resolução: grupo 2, letra “b”, “hortaliças... frescas, *in natura*, preparadas (descascadas, selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto”.

Foram retirados 25 g de cada uma das amostras e adicionados 225 mL de água peptonada 0,1%. Após a homogeneização, foram realizadas diluições decimais seriadas e os plaqueamentos de acordo com as metodologias oficiais (Silva, Junqueira & Silveira, 2010).

A análise de Coliformes a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi realizada utilizando-se a Técnica do Número Mais Provável (NMP). Para a pesquisa de *Salmonella* sp., foram obedecidas 4 etapas principais: pré-enriquecimento em caldo nutritivo não seletivo (Caldo Lactosado); enriquecimento seletivo em dois caldos nutritivos e seletivos (Caldo Tetrato e Caldo Rappaport-Vassiliards); plaqueamento em três meios de cultura seletivos e diferenciais (ágar Xilose Lisina Desoxicolato/XLD, ágar Hecktoen/HE e ágar *Salmonella-Shigella/SS*); e identificação bioquímica feita em três meios de cultura (*Triplíce Sugar Iron/TSI*; *Lisina Iron Ágar/LIA* e Rugai modificado). A análise deste micro-organismo é qualitativa.

2.3 Análises físico-químicas

As determinações de pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável e umidade foram realizadas segundo a metodologia proposta pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2012).

Os parâmetros colorimétricos foram avaliados com o auxílio de um colorímetro Konica Minolta, CR10. As avaliações foram realizadas em três folhas diferentes, uma vez que a hortaliça apresenta as cores verdes, roxas e intermediárias, sendo realizada a leitura em 3 pontos distintos em cada folha. Para o resultado final, fez-se a média das leituras das três folhas, com três pontos cada, perfazendo um total de nove pontos.

2.4 Análises de compostos bioativos

O conteúdo de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu (Singleton, Orthofer & Lamuela-Raventós, 1999), utilizando uma curva padrão de ácido gálico como referência. As absorvâncias foram determinadas em espectrofotômetro Femto S a 740 nm e os resultados expressos em mg equivalente em ácido gálico (EAG)/100g de amostra fresca (Minussi, Rossi, Bologna, Cordi, Rotilio, Pastore & Durán, 2003).

Os flavonoides e as antocianinas foram determinados através do método espectrofotométrico proposto por Francis (1982). Os teores de antocianinas totais e flavonoides totais foram determinados por espectrofotometria (espectrofotômetro Femto 700 S) utilizando os comprimentos de onda de 371 nm e 535 nm, respectivamente. Os resultados foram expressos em mg de cianidina-3-glicosídeo/100 g de amostra fresca e mg de flavonoides totais/100g de amostra fresca.

Para a extração de carotenoides totais seguiu-se a metodologia proposta por Rodriguez-Amaya (2001). A absorvância foi medida em um espectrofotômetro Femto 700 S em 450 nm e o teor de carotenoides totais foi expresso em $\mu\text{g/g}$ de amostra fresca.

2.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância de acordo com o modelo inteiramente casualizado com 5 repetições. As pressuposições de normalidade e/ou homogeneidade das variâncias foram analisadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. As variáveis que não atenderam às pressuposições foram avaliadas pelo teste de Kruskal Wallis, equivalente não paramétrico da ANOVA. Verificado o efeito significativo do fator tempo, este foi avaliado mediante a análise de regressão. Para todos os testes foi considerado um nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas no *software R* (2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos e funcionais atenderam às pressuposições de normalidade e homogeneidade, pelos testes de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente, a um nível de significância de 5%. Os parâmetros microbiológicos apresentaram desvios de normalidade sendo, desta forma, analisados via teste de Kruskal-Wallis.

3.1 Análises microbiológicas

Os resultados das avaliações microbiológicas do radicchio minimamente processado podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Medianas dos resultados das Análises Microbiológicas de radicchio minimamente processado, armazenado sob refrigeração ($7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$) durante o período de estocagem (0, 3, 6 e 9 dias).

Tempo (Dias)	Coliformes Totais (NMP/g)	Coliformes Termotolerantes (NMP/g)	<i>Salmonella</i> sp.
0	23	<3	Aus.
3	15	<3	Aus.
6	23	<3	Aus.
9	15	<3	Aus.
p-valor	0,4318	0,8964	

Legenda: NMP = Número Mais Provável. Aus.= Ausência

A hortaliça minimamente processada apresentou baixa contaminação por Coliformes Totais (Coliformes a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante os nove dias de armazenamento. Ao avaliar a presença de Coliformes Termotolerantes (Coliformes a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$), verificou-se que todas as amostras apresentaram contagem abaixo do padrão recomendado pela legislação vigente (máximo 10^2 UFC/g) (Brasil, 2001) durante todo o período de armazenamento.

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na comparação do Número Mais Provável de Coliformes Totais e de Coliformes Termotolerantes ao longo dos 9 dias, mostrando dessa forma que o processamento mínimo manteve a carga microbiana, não havendo recontaminações ao longo da estocagem. Em todas as amostras analisadas, não foi detectada a presença de *Salmonella* sp., o que está de acordo com a legislação do país (Brasil, 2001).

As alterações microbiológicas de hortaliças variam de acordo com a microbiota de cada espécie, além de fatores como o ambiente, a manipulação, a água disponível, a umidade, a temperatura, a atmosfera e a acidez. Em geral, tais alterações são causadas por mesófilos, bactérias ácido lácticas, coliformes totais e fecais, leveduras e fungos. A qualidade microbiológica de alimentos minimamente processados está ligada à presença de micro-organismos deteriorantes que irão alterar os alimentos sensorialmente (cor, textura, odor e outros) durante seu armazenamento, além de possíveis patógenos (Nascimento, Augusta, Rocha Rodrigues, Pires, Batista, Júnior & Barbosa, 2014).

O radicchio minimamente processado apresentou uma contaminação por Coliformes Totais considerada baixa, em conformidade com relação aos Coliformes Termotolerantes e quanto a ausência de *Salmonella* sp. (Tabela 1). Segundo Verzeletti, Sandri e Fontana (2010), a avaliação de coliformes totais e termotolerantes são de extrema importância uma vez que podem indicar se as etapas do processamento foram realizadas em condições adequadas.

No trabalho de Barbosa (2014), foi avaliada a qualidade microbiológica de couves minimamente processadas comercializadas em supermercados de Brasília. Analisou-se 6 diferentes marcas, sendo que 5 amostras apresentaram elevada enumeração de Coliformes

Totais com resultados superiores a $1,0 \times 10^3$ NMP/g, indicando condições higiênicas impróprias e/ou processamento deficiente. Quanto aos Coliformes Termotolerantes, 3 amostras apresentaram contagem acima de $1,0 \times 10^2$ NMP/g, indicando contaminação fecal, tornando-as impróprias para o consumo. Não houve detecção *Salmonella* sp. nas amostras analisadas.

Segundo as informações sobre surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos/DTA no Brasil, conforme dados atualizados da Vigilância Epidemiológica, até junho de 2018, 81,4 % dos casos foram causados por *E. coli*, *Salmonella* sp. e *S. aureus* (Lanza, 2018).

Ferreira, Gregório, Costa, Paula, Araujo e Fontes (2016) avaliaram a qualidade microbiológica de 12 tipos de hortaliças minimamente processadas, comercializadas em 5 redes de supermercados do estado de Minas Gerais na cidade de Belo Horizonte e observaram a presença de *Salmonella* sp. em 50% das amostras, tornando-as impróprias para o consumo humano, de acordo com a RDC N° 12 (Brasil, 2001). Segundo Oliveira (2008), a presença de *Salmonella* sp. em hortaliças minimamente processadas apresenta um potencial risco a saúde do consumidor, mesmo que em baixas populações.

Santos, Silva, Junqueira e Pereira (2010) avaliaram micro-organismos indicadores em 180 amostras de frutas e hortaliças minimamente processadas e não foi detectada a presença de *Salmonella* sp. Todavia, 37,2 % dessas amostras não estavam de acordo com os limites para Coliformes Termotolerantes (45°C), de acordo com a legislação vigente.

Assim, os dados microbiológicos apresentados no presente estudo indicam que o processamento mínimo do radicchio foi realizado em condições higiênicossanitárias satisfatórias, podendo ser recomendado para linhas de processamento mínimo envolvendo essa hortaliça.

3.2 Análises físico-químicas

Na Tabela 2, são apresentados os valores médios dos resultados das análises físico-químicas de folhas de radicchio minimamente processado, com seus respectivos valores de probabilidade de significância (p-valor).

Tabela 2: Médias dos resultados das análises físico-químicas de radicchio minimamente processado, armazenado sob refrigeração ($7 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$) durante o período de estocagem (0, 3, 6 e 9 dias) e seus respectivos p-valores.

Tempo (Dias)	SST (°Brix)	pH	ATT (g ácido cítrico/100g amostra fresca)	Umidade (%)
0	2,88	6,33	0,12	91,75
3	2,80	6,32	0,11	92,59
6	2,52	6,19	0,12	92,54
9	3,06	6,51	0,09	92,90
p-valor	0,4608	0,0886	0,0675	0,5051

Para as características físico-químicas analisadas, observa-se pequenas variações durante o armazenamento, as quais não foram significativas ao nível de 5 % de significância.

O sabor dos vegetais frescos é uma combinação de compostos voláteis com açúcar e ácidos. Avaliar o teor de sólidos solúveis totais (SST) é importante uma vez que os carboidratos,

que conferem sabor adocicado a hortaliça, são fonte de energia para o crescimento de micro-organismos (Sanches, Silva, Moreira, Costa, Cosme & Cordeiro, 2017). Alterações não significativas nesse parâmetro durante o armazenamento mostraram que o processo aplicado para evitar o crescimento de micro-organismos foi eficaz (Menezes, Fernandes & Sabaa-Srur, 2005) e que manteve a qualidade físico-química até o nono dia.

No presente trabalho, o teor de sólidos solúveis (Tabela 2) foi semelhante aos resultados de Menezes et al. (2005), que também não detectaram variações significativas da concentração dos sólidos solúveis em folhas de alface minimamente processadas e ao trabalho de Rinaldi, Benedetti, Sarantópoulos e Moretti (2009) que avaliaram a estabilidade de repolho minimamente processado em diferentes sistemas de embalagem e relataram valores de sólidos solúveis variando de 3,25 a 4,25 °Brix durante 16 dias de armazenamento.

Frutas e hortaliças minimamente processadas com $\text{pH} > 4,5$ (classificadas como alimento pouco ácido ou de baixa acidez) são altamente perecíveis quando não passam por processos adequados de conservação, o que leva a alterações indesejáveis. Para minimizar tais alterações, empregam-se baixas temperaturas para preservar a qualidade desses produtos, retardando alguns processos bioquímicos e inibindo o crescimento de vários micro-organismos (Bastos, 2006). Dessa forma, a temperatura empregada ($7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$) no presente estudo foi adequada para conservação deste produto ao longo do período de armazenamento avaliado.

Os resultados encontrados para pH foram próximos aos valores reportados por Pereira, Kothe, Machado, Lopes, Flôres e Rios (2014), que também avaliaram a qualidade físico-química de radicchio minimamente processado, porém sob atmosfera modificada, relatando valores que variaram de 6,17 a 6,25, concluindo-se que o armazenamento não promoveu alterações significativas sobre este parâmetro.

Não houve diferença significativa da acidez titulável ao longo da estocagem, entretanto Roura, Davidovich e Del Valle (2000) avaliaram a acidez titulável de acelgas e perceberam grandes decréscimos durante os três primeiros dias de armazenamento a 4°C . Segundo estes autores, esse fato pode estar relacionado ao aumento da respiração do tecido vegetal após o processamento, podendo haver decréscimos na acidez devido ao consumo dos ácidos orgânicos no processo respiratório.

O teor de umidade do radicchio manteve-se entre 91,75 - 92,90 % (Tabela 2), confirmando o fato de que a água é o componente em maior quantidade em frutas e hortaliças, com uma composição que varia de 80 a 95 %. Seu conteúdo é responsável pela boa aparência dos tecidos, logo, a perda de massa fresca está diretamente relacionada com a qualidade das frutas e hortaliças (Chitarra & Chitarra, 2005). Na Figura 1, são apresentadas as curvas de regressão para as variáveis L e b^* em função dos tempos de armazenamento.

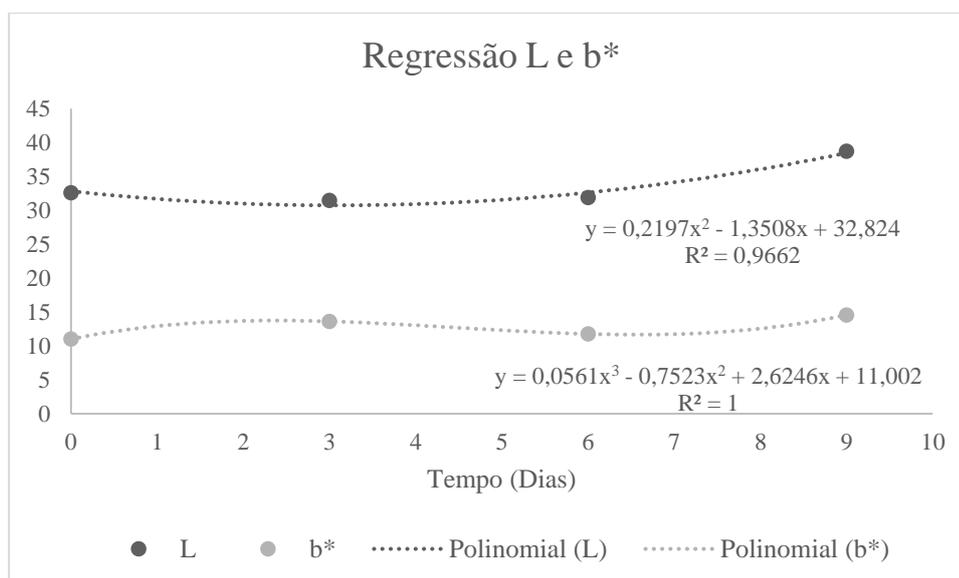


Figura 1: Regressão dos parâmetros L e b* de radicchio minimamente processado, armazenado sob refrigeração (7 °C ± 2) durante o período de estocagem (9 dias).

A mudança de cor que se observa durante o armazenamento de hortaliças é uma transformação comum e muito utilizada como critério de qualidade pelo consumidor. O parâmetro a^* , que está relacionado à variação da cor no eixo verde ao vermelho, não apresentou diferença significativa ($p = 0,6297$) ao longo do armazenamento, com valores de 1,3707 (tempo 0), 0,1373 (3 dias), 1,9707 (6 dias) e 0,3377 (9 dias). Para os demais parâmetros, observou-se diferenças significativas.

O parâmetro L^* representa a luminosidade, que varia do 0 (preto) ao 100 (branco). Mattos, Moretti, Chitarra e Prado (2007) avaliaram o parâmetro L de folhas inteiras de alfaces cv. Verônica minimamente processadas armazenadas em embalagem de polipropileno e encontraram valores em torno de 40, próximos aos valores encontrados para o radicchio do presente estudo. O parâmetro b^* varia do azul ao amarelo, sendo os valores apresentados pelo radicchio mais voltados para o amarelo (11,00 a 14,562). O aumento desse parâmetro sugere a degradação da clorofila e aparecimento dos carotenoides (Silva, 2012), além da heterogeneidade das cores das folhas. Por fim, o parâmetro a^* representa a variação de cor do verde ao vermelho, valores de $a^* < 0$ indicam maior participação da cor verde e $a^* > 0$ mais voltado para o vermelho. Alterações nesse parâmetro podem estar relacionadas com a biossíntese de antocianinas como uma resposta de defesa aos danos causados pelo processamento mínimo (Silva, 2012).

No presente estudo, o radicchio minimamente processado apresentou valores mais próximos da coloração verde, porém com tonalidades voltadas para o vermelho, uma vez que a hortaliça apresenta folhas com coloração arroxeada, características típicas dos produtos encontrados no mercado. Entretanto, ao avaliar visualmente no nono dia de armazenamento, percebeu-se que as folhas se encontravam com alguns pontos escuros, com odor desagradável e perda da textura original, característico de hortaliças armazenadas por tempo excessivo. Logo, indica-se que o consumo da hortaliça seja feito até o sexto dia de armazenamento, para a preservação das características sensoriais.

3.3 Análises de compostos bioativos

Na Tabela 3, são apresentados os valores médios dos conteúdos de compostos bioativos de radicchio, com seus respectivos p-valores.

Tabela 3. Médias dos teores de compostos fenólicos totais, flavonoides totais, antocianinas totais e carotenoides totais de radicchio minimamente processado, armazenado sob refrigeração (7 °C ± 2) durante o período de estocagem (0, 3, 6 e 9 dias) e seus respectivos p-valores.

Tempo (Dias)	FT	FLT	AT	CT
0	0,3004	0,0991	0,0121	278,41
3	0,3932	0,1353	0,0130	274,63
6	0,3720	0,1390	0,0118	266,29
9	0,2731	0,1136	0,0130	317,21
p-valor	0,7075	0,6965	0,9785	0,4126

Legenda: FT= Fenólicos Totais (mg EAG/100g de amostra fresca), FLT=Flavonoides Totais (mg/100g de amostra fresca), AT= Antocianinas Totais (mg/100g de amostra fresca) e CT= Carotenoides Totais (µg/g de amostra fresca).

Ao longo do período de armazenamento, as folhas de radicchio minimamente processadas não apresentaram diferença significativa ao nível de 5 % de significância em relação aos teores de compostos bioativos, sendo suas pequenas oscilações não relacionadas com o fator tempo.

A concentração de fenólicos está correlacionada com a capacidade antioxidante e pode ser utilizada como um parâmetro para avaliar a vida de prateleira e acompanhamento da qualidade pós-colheita (Muniz, 2007). Tal como no presente estudo, Viana, Carlos, Silva, Pereira, Oliveira e Assis (2015) que avaliaram o teor de fenóis totais de hortaliças não convencionais, dentre elas bertalha e beldroega, encontraram teores iguais a 0,25 e 0,40 mg EAG/g de amostra em base seca, respectivamente.

O teor de flavonoides totais não diferenciou estatisticamente ao longo do armazenamento. Oscilações não significativas ($p > 0,05$) nesse parâmetro se devem provavelmente ao fato de que a hortaliça continua respirando ao longo do período de estocagem e metabolizando os fitoquímicos (Chitarra & Chitarra, 2005).

Gioppo et al. (2012) avaliaram o processamento mínimo de repolho roxo e encontraram comportamento semelhante ao presente trabalho, em que o teor de antocianinas não sofreu influência significativa relacionada aos tipos de embalagem e nem ao tempo de armazenamento, sendo em média 0,12 mg/100g.

Assim como os demais compostos bioativos presentes no radicchio, pequenas oscilações não significativas no teor de carotenoides são provavelmente devido à respiração da hortaliça, que continua seu metabolismo após o processamento e durante a estocagem (Chitarra & Chitarra, 2005), ou mesmo por pequenas variações que podem ocorrer entre diferentes folhas de um mesmo vegetal.

Viana et al. (2015) ao estudarem a composição fitoquímica de hortaliças não convencionais também relataram a presença de carotenoides totais, com valores iguais a 192,77 µg/g de folhas de caruru e 103,24 µg/g de folhas de peixinho, em base fresca.

É importante destacar que este é um estudo pioneiro para radicchio orgânico, assim, informações geradas por estudos envolvendo embalagens com atmosfera modificada, e o isolamento e identificação dos compostos bioativos presentes na hortaliça seriam bem vindas.

4 CONCLUSÃO

A qualidade microbiológica e físico-química e o conteúdo de compostos bioativos de radicchio minimamente processado indicaram que o produto se mantém apto para consumo até o sexto dia de armazenamento refrigerado. O protocolo para a produção do radicchio minimamente processado demonstrou ser efetivo para os parâmetros avaliados. Sendo assim, este produto apresentou-se inócuo e seguro para o consumo e com potencial funcional, uma vez que os teores de compostos bioativos se mantiveram inalterados ao longo do armazenamento, o que poderia ser uma boa opção para consumidores que visam uma alimentação mais saudável e para os produtores, que podem agregar maior valor ao radicchio.

5 AGRADECIMENTOS

Ao produtor Marcos Lívio Daher Campos, pelo fornecimento das hortaliças e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais/FAPEMIG-UFSJ, pela bolsa concedida.

6 REFERÊNCIAS

- Association of Official Analytical Chemistry. (2012). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry*. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemistry.
- Badaró, A. C. L., Pereira K. A., & Morais, M. M. C. (2011). Análise microbiológica de alimentos fornecidos em restaurantes de Ipatinga, Minas Gerais. *Higiene Alimentar*, 25, 754-756.
- Barbosa, T. A. (2014). *Avaliação da qualidade microbiológica de couves minimamente processada comercializada nos supermercados de Brasília*. Monografia, Universidade de Brasília. Ceilândia. Brasil.
- Bastos, M. S. R. (2006). *Frutas minimamente processadas: aspectos de qualidade e segurança*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. Recuperado de: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/frutasminimamenteprocessadas_000fd ejd97n02wx5eo0a2ndxyb8wg7w1.pdf.
- Brasil. (2001). Resolução n.º 12, de 2 de janeiro de 2001. Brasília: *Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária*. Recuperado de: http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html.
- Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. B. (2005). *Pós-Colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio* (2nd). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

- Colpo, E., Fuke, G., & Zimmermann, M. M. (2004). Consumo de alimentos funcionais em unidades de alimentação e nutrição de Santa Maria/RS. *Disciplinarum Scientia | Saúde*, 5(1), 69-83.
- Costa, N. M. B., & Rosa, C. D. O. B. (2016). *Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos* (2 edição). Rio de Janeiro: Rubio.
- Ferreira, C. C., Gregório, E. L., Costa, J. D., de Paula, R. B. O., de Araujo Neta, H. A. G., & Fontes, M. D. (2016). Análise de coliformes termotolerantes e *Salmonella* sp. em hortaliças minimamente processadas comercializadas em Belo Horizonte-MG. *HU Revista*, 42(4), 307-313.
- Figueira, T. R., Lopes, A. C. S., & Modena, C. M. (2016). Barreiras e fatores promotores do consumo de frutas e hortaliças entre usuários do Programa Academia da Saúde. *Revista de Nutrição*, 29(1), 85-95.
- Francis, F. J. (1982). *Analysis of anthocyanins. In: Anthocyanins as food colors*. MARKAKIS New York: Academic Press.
- Gioppo, M., Souza, A. M. D., Gonçalves, J., & Ayub, R. A. (2012). Vida útil pós-colheita do repolho roxo minimamente processado, armazenado em diferentes embalagens. *Revista Ceres*, 59(4), 560-564.
- Hinneburg, I., Dorman, HD, & Hiltunen, R. (2006). Atividades antioxidantes de extratos de ervas e especiarias culinárias selecionadas. *Química de alimentos*, 97 (1), 122-129.
- Kinupp, V. F., & Lorenzi, H. J. (2014). *Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas*.
- Pushparaj, P. N., Low, H. K., Manikandan, J., Tan, B. K. H., & Tan, C. H. (2007). Anti-diabetic effects of *Cichorium intybus* in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of ethnopharmacology*, 111(2), 430-434.
- Lanza, J. (2018). *Surtos Alimentares no Brasil – Dados atualizados em junho de 2018* [Internet]; Recuperado de: <https://foodsafetybrazil.org/surtos-alimentares-no-brasil-dados-atualizados-junho-de-2018-2/>.
- Machado, T. M. (2012). *Antioxidante em pós-colheita de Brassica aleracea var. Italica cultivada em sistema orgânico e convencional submetidos a tratamentos de sanitização e enzimas oxidativas em diferentes variedades de Chicorium intybus L*. Tese. Instituto de Biociências, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho, Botucatu. Brasil.
- Martinevski, C. S., de Oliveira, V. R., Rios, A. D. O., Flores, S. H., & Venzke, J. G. (2013). Utilização de bertalha (*Anredera Cordifolia* (ten.) Steenis) e ora-pro-nobis (*pereskia aculeata mill.*) na elaboração de pães. *Brazilian Journal of Food & Nutrition/Alimentos e Nutrição*, 24(3).
- Mattos, L. M., Moretti, C. L., Chitarra, A. B., & Prado, M. E. (2007). Qualidade de alface crespa minimamente processada armazenada sob refrigeração em dois sistemas de embalagem. *Horticultura Brasileira*, 25(4), 504-508.

- Menezes, S. E. M, Fernandes E. C., & Sabaa-Srur, A. U. O. (2005). Folhas de alface lisa (*Lactuca sativa*) minimamente processadas armazenadas em atmosfera modificada: análises físicas, químicas e físico-químicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(1): 60-62.
- Minussi, R. C., Rossi, M., Bologna, L., Cordi, L., Rotilio, D., Pastore, G. M., & Durán, N. (2003). Phenolic compounds and total antioxidant potential of commercial wines. *Food Chemistry*, 82(3): 409-416.
- Muniz, L. B. (2007). *Caracterização química, física e de compostos funcionais em cebolas frescas e minimamente processadas*. Dissertação. Instituto, Universidade de Brasília. Brasília. Brasil.
- Nascimento, K. D. O., Augusta, I. M., da Rocha Rodrigues, N., Pires, T., Batista, E., Júnior, J. L. B., & Barbosa, M. I. M. J. (2014). Alimentos minimamente processados: uma tendência de mercado. *Acta Tecnológica*, 9(1), 48-61.
- Nicoletto, C., & Pimpini, F. (2010). Influence of the forcing process on some qualitative aspects in radicchio "Rosso di Treviso Tardivo" (*Cichorium intybus* L., group *rubifolium*). 2. Antioxidant capacity, phenols and ascorbic acid. *Italian Journal of Agronomy*, 43-52.
- Oliveira, M. A. D. (2008). *Avaliação da segurança microbiológica de hortaliças minimamente processadas, pela enumeração de microrganismos indicadores, Salmonella sp. e Listeria monocytogenes por métodos convencionais e aplicação da PCR em tempo real na quantificação de Listeria monocytogenes*. Dissertação de Doutorado. Ribeirão Preto: Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo.
- Pereira, G. D. M. (2010). *Qualidade de radiche (Cichorium intybus L.) embalado e armazenado sob atmosfera modificada*. Trabalho de Conclusão de curso, Porto Alegre: Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil.
- Pereira, G. D. M., Kothe, C. I., Machado, C. C., Lopes, S. M., Flôres, S. H., & Rios, A. D. O. (2014). Effect of modified atmosphere applied to minimally processed radicchio (*Cichorium intybus* L.) submitted to different sanitizing treatments. *Food Science and Technology*, 34(3), 513-521.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (2001). *Um guia para análise de carotenóides em alimentos* (pp. 5-10). Washington: Imprensa ILSI.
- R Core Team (2016). R: A language na environment for statistical computing. R Foudation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Rinaldi, M. M., Benedetti, B. C., Sarantópoulos, C. I. G. L., & Moretti, C. L. (2009). Estabilidade de repolho minimamente processado sob diferentes sistemas de embalagem. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(2): 310-315.
- Roura, S. I., Davidovich, L. A., & Del Valle, C. E. (2000). Quality loss in minimally processed Swiss chard related to amount of damaged area. *LWT-Food Science and Technology*, 33(1), 53-59.

- Sanches, A. G., da Silva, M. B., Moreira, E. G. S., Costa, J. M., Cosme, S. S., & Cordeiro, C. A. M. (2017). Avaliação da qualidade pós-colheita de alfaces minimamente processadas cultivadas em sistema hidropônico. *Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas*, 9(01).
- Santos, T. B. A., Silva, N. D., Junqueira, V. C. A., & Pereira, J. L. (2010). Microrganismos indicadores em frutas e hortaliças minimamente processadas. *Brazilian Journal of Food Technology*, 13(2), 141-146.
- Silva, D. A. (2012). *Respostas fisiológicas de salada mista minimamente processada constituída por alface roxa (Lactuca sativa L. var. pira roxa), acelga (Beta vulgaris L.) e alface americana (L. sativa L. var. "Tainá")*. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
- Silva, N., Junqueira, V. C. A., de Arruda Silveira, N. F (2010). *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água*. Editora São Paulo: Varela.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in enzymology* (Vol. 299, pp. 152-178). Academic press.
- Verzeletti, A., Sandri, I. G., & Fontana, R. C. (2010). Avaliação da vida de prateleira de cenouras minimamente processadas Shelf life evaluation of minimally processed carrot. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 21(1), 87-92.
- Viana, M., Carlos, L. A., Silva, E. C., Pereira, S. M., Oliveira, D. B., & Assis, M. L. (2015). Composição fitoquímica e potencial antioxidante de hortaliças não convencionais. *Horticultura Brasileira*, 33(4), 504-509.