

## Utilização da técnica de descascamento químico para mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* B.) e avaliação da eficiência

Use of the chemical peeling technique for cassava-parsley (*Arracacia xanthorrhiza* B.) and evaluation of efficiency

Utilización de la técnica de peeling químico en la mandioquinha-perejil (*Arracacia xanthorrhiza* B.) y evaluación de la eficacia

Recebido: 04/05/2021 | Revisado: 09/05/2021 | Aceito: 11/05/2021 | Publicado: 29/05/2021

**Paula Luisa Teixeira Batista**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7575-1579>  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
E-mail: paulalute@hotmail.com

**Marcelo Zuchi Sanches**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0884-8201>  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
E-mail: marcelozsanches@hotmail.com

**Lyssa Setsuko Sakanaka**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3480-6593>  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
E-mail: lyssa@utfpr.edu.br

**Joel Fernando Nicoleti**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3681-7253>  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
E-mail: nicoleti@utfpr.edu.br

### Resumo

A mandioquinha-salsa possui um alto valor nutritivo, é de fácil digestão, sendo assim, muito indicada para crianças, idosos, gestantes e pessoas que necessitam de dietas específicas. As raízes não são uniformes, há diferenças no tamanho, forma e peso, e devido a estas características, os equipamentos industriais normalmente utilizados nas operações de descascamento de vegetais, como o processo por abrasão, são inviáveis para esse tubérculo. Desta forma, a aplicação do processo de descascamento químico com solução de hidróxido de sódio é o mais indicado. A presente proposta buscou otimizar o processo de descascamento químico de mandioquinha-salsa, considerando as variáveis de processo – temperatura e concentração de NaOH e do tempo de contato. Os resultados foram avaliados por metodologia de superfície de resposta, por meio de um delineamento experimental do tipo central composto rotacional. Os resultados foram expressos considerando a perda da polpa e o rendimento do descascamento. Para as duas avaliações, a análise de variância mostrou que somente o efeito linear do tempo teve grau de significância ( $p < 0,05$ ). Apesar dos coeficientes de determinação das equações que representaram as superfícies de resposta, tanto para a perda de massa quanto para o rendimento do descascamento, terem sido insatisfatórios, os valores do ERM (Erro Relativo Médio) e do *Root Mean Square* (MRS) foram apropriados, trazendo desta forma uma certa confiabilidade aos modelos obtidos.

**Palavras-chave:** Mandioquinha-salsa; Descascamento químico; Delineamento experimental.

### Abstract

The cassava-parsley has a high nutritional value, it is easy to digest, therefore, very assigned to children, the elderly, pregnant women and people with special diets. The roots are not uniform, there are differences in size, shape and weight, and due to these characteristics, industrial equipment normally used in vegetable peeling operations, such as the abrasion process, are not viable for this tuber. Thus, an application of the chemical peeling process with sodium hydroxide solution is the most suitable. The present proposal sought to optimize the chemical peeling process of parsnip, considering the process variables - temperature and NaOH concentration and contact time. The results obtained by response surface methodology, through a central rotational composite experimental design. The results were expressed considering the pulp loss and the peeling performance. For both evaluations, an analysis of variance revealed that only the linear effect of time had a degree of significance ( $p < 0.05$ ). Despite the coefficients of determination of the equations that represent the response surfaces, both for mass loss and for peeling performance, were unsatisfactory, the values of ERM (Mean Relative Error) and Mean Root Square (MRS), thus bringing a certain confidence to the models obtained.

**Keywords:** Cassava-parsley; Chemical peeling; Experimental design.

## Resumen

La mandioquinha-perejil tiene un alto valor nutricional, es de fácil digestión, por tanto, muy indicada para niños, ancianos, embarazadas y personas que necesiten dietas específicas. Las raíces no son uniformes, existen diferencias de tamaño, forma y peso, y por estas características, los equipos industriales normalmente utilizados en las operaciones de pelado de hortalizas, como el proceso de abrasión, no son viables para este tubérculo. Así, la aplicación del proceso de peeling químico con solución de hidróxido de sodio es la más adecuada. La presente propuesta buscó optimizar el proceso de pelado químico de la chirivía, considerando las variables del proceso: temperatura y concentración de NaOH y tiempo de contacto. Los resultados se evaluaron mediante la metodología de superficie de respuesta, utilizando un diseño compuesto rotacional central. Los resultados se expresaron considerando la pérdida de pulpa y el rendimiento de pelado. Para ambas evaluaciones, el análisis de varianza mostró que solo el efecto lineal del tiempo tuvo un grado de significancia ( $p < 0.05$ ). A pesar de que los coeficientes de determinación de las ecuaciones que representaron las superficies de respuesta, tanto para la pérdida de masa como para el desempeño del pelado, fueron insatisfactorios, los valores de ERM (Error relativo medio) y *Root Mean Square* (MRS) fueron adecuados, aportando así una cierta fiabilidad a los modelos obtenidos.

**Palabras clave:** Mandioquinha- perejil; Peladura química; Diseño experimental.

## 1. Introdução

A busca por alimentos saudáveis e de preparo rápido tem crescido nos últimos anos devido ao curto tempo que as famílias modernas têm para os intervalos diários para as refeições principais. Em supermercados, quitandas e sacolões é cada vez mais comum encontrar frutas e hortaliças já lavadas, higienizadas, fatiadas e embaladas, conservadas em seu estado fresco e metabolicamente ativas, prontas para o consumo. São produtos minimamente processados, que aliam conveniência e praticidade, diversificando os alimentos já disponíveis com uma nova apresentação, conquistando a preferência do consumidor (Melo et al., 2014; Yousuf et al., 2018; Botondi et al., 2021, Guimarães et al., 2020).

O consumo de frutas e hortaliças são fundamentais na dieta alimentar por serem fontes indispensáveis de nutrientes essenciais à manutenção diária do organismo como vitaminas, fibras e minerais, além de outros compostos bioativos antioxidantes, como flavonoides e carotenoides, substâncias estas capazes de prevenir diversas doenças que acomete o ser humano em idade mais avançada, caracterizando estes alimentos como funcionais (Oliveira et al., 2009; Al-juhaimi et al., 2018; Donno e Torrini, 2020).

Os métodos de descascamento de frutas e hortaliças frequentemente usados podem ser classificados em quatro tipos gerais: manual, mecânico, químico e físico (Koff, 2008). Para a indústria, o descascamento manual é dispendioso e oneroso por requerer mão-de-obra extra, além de muitas vezes não ser eficiente por falta de padronização no descascamento, aumentando também o risco de contaminação dos alimentos pelos manipuladores. Raízes, tubérculos e bulbos como batata, cebola e cenoura são usualmente descascados por processo mecânico através de abrasão (Pinto, 2007). Pode também ser realizado por descascamento químico ou lixívia com o uso de soluções alcalinas de NaOH (hidróxido de sódio) ou KOH (hidróxido de potássio). O processo físico utiliza vapor sob alta pressão ou água em ebulição. Na operação de descascamento, fatores como o grau de maturação, injúrias e manchas na casca e a forma de manuseio e armazenamento são variáveis que possuem influência direta na operação, devendo ser bem controladas (Santos, 2007).

A mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) é uma hortaliça introduzida no Brasil por volta de 1900, originária dos Andes Colombianos, tem sido cultivada principalmente na região sudeste brasileira, onde se adaptou às condições climáticas de solo, semelhantes aquelas da região de origem. É comumente conhecida por mandioquinha, batata-baroa, batata-salsa e mandioca-salsa, entre outras. Sua adaptação às condições brasileiras deve-se, em grande parte, às características como a baixa exigência nutricional e reduzida ocorrência de pragas e de doenças (Bueno & Carvalho, 1999; Madeira, 2008; Câmara e Santos, 2002; Filgueira, 2007).

*Arracacia xanthorrhiza* B. apresenta vários problemas pós-colheita, principalmente seu caráter perecível e rápida degradação. As raízes quando mantidas sem refrigeração e sem embalagem apropriada, de modo geral, tem uma vida de prateleira de apenas 2-3 dias (Souza et al., 2003). Possui ainda uma variação no tamanho, formato e peso.

A falta de uniformidade das raízes mostra que os equipamentos industriais normalmente utilizados no processamento de vegetais, como os processos por abrasão, muito utilizado para batatas, são inviáveis para esse tubérculo. Neste caso, a aplicação do processo de descascamento químico com solução de hidróxido de sódio pode ser uma alternativa, porém, ao final desse processo há possibilidade de a casca não ser totalmente removida, gerando uma necessidade de retrabalho para a remoção manual da casca remanescente (Garrote et al., 1993). Por outro lado, condições drásticas de processamento podem ocorrer perda substancial da polpa do produto, conduzindo a elevadas perdas da matéria alimentícia em escala industrial.

Na culinária doméstica e mesmo nas unidades de alimentação e nutrição, o descascamento manual da mandiocinha-salsa aplica-se sem maiores comprometimentos devido ao volume da matéria-prima ser pouco, entretanto, industrialmente, esta técnica torna-se onerosa por necessitar de mão-de-obra e tempo dispendioso, uma vez que a indústria processa toneladas do produto. Neste sentido, a presente proposta justifica-se em otimizar o processo de descascamento químico da mandiocinha-salsa em condições adequadas de concentração, temperatura e tempo de exposição do produto com a solução de hidróxido de sódio, buscando maior eficiência do processo considerando os rendimentos da perda de massa e da casca removida.

O método químico ou lixívia utiliza solução de hidróxido de sódio, onde o fruto entra em contato com a solução química aquecida por um tempo pré-determinado. A concentração da solução, temperatura e tempo de contato depende da rigidez dos tecidos do vegetal e do grau de maturação do mesmo (Koff, 2008).

Após a imersão dos frutos na solução cáustica, procede-se imediatamente a lavagem dos frutos com jatos de água para eliminar o restante da pele ainda não desprendida. Em alimentos que apresentam a casca mais espessa e fortemente aderida à polpa, como no caso de tubérculos em geral, o descascamento não ocorre adequadamente em situações em que as condições da lixívia são brandas. Por outro lado, alimentos de casca mais fina como tomates e frutas muito maduras, grande quantidade da polpa é perdida pelo ataque excessivo da soda, diminuindo o rendimento e a qualidade do produto final. Por exemplo, no caso da goiaba, usa-se uma solução de 1% de NaOH em ebulição por um tempo médio de 1 minuto (Soler et al., 1995).

Em alguns casos, dependendo da fruta ou tubérculo utilizado, o descascamento químico pode causar escurecimento superficial da polpa, e se esse for o caso, o alimento deve passar pelo processo de branqueamento logo após o descascamento (Soler et al., 1995).

O tratamento com soda varia segundo o produto a descascar, pois os parâmetros devem ser combinados adequadamente, para que seja obtido um bom descascamento. Tenta-se diminuir o tempo, aumentando a temperatura e concentração ao máximo possível. A temperatura está limitada mais pela qualidade do produto do que por problemas tecnológicos. A concentração máxima de soda é geralmente de 20%. Em alguns produtos não se pode usar uma concentração alta, pois qualquer descuido no tempo ou na temperatura resulta em descascamento excessivo (Soler et al., 1991).

Para produtos com pele cerosa, de difícil penetração da solução de NaOH, convém usar agentes tensoativos, que são substâncias como os detergentes. Essas substâncias por si só não promovem o descascamento, mas complementam o processo, já que favorecem a penetração de NaOH. Assim, reduz-se a utilização de NaOH e diminui-se a temperatura e o tempo de tratamento (Soler et al., 1991).

No tratamento com soda, seja ele combinado com vapor ou não, o alimento deve ser muito bem lavado com jatos de água, eliminando os restos de soda contidos no alimento, onde o pH alto pode criar problemas do ponto de vista microbiológico, além de alterar a cor e o sabor. A eliminação do NaOH é favorecida agregando-se ácido cítrico a água de lavagem (Soler et al., 1991).

No descascamento químico de raízes do Yacon (*Polymnia sanchifolia Poepp.*), Silva et al. (2010) submergiram a raiz em solução de hidróxido de sódio com concentrações de 6, 10 e 14%, as temperaturas selecionadas foram de 70, 80 e 90°C e tempo de contato de 2, 4 e 6 minutos. Por metodologia de superfície de resposta, avaliaram o percentual de perda da polpa e de

casca removida. Como resultados encontraram que a variável que mais afetou o descascamento das raízes de Yacon foi o tempo de permanência na solução de hidróxido de sódio. A combinação das variáveis independentes correspondentes ao ponto central apresentou rendimento satisfatório de 84 a 87% e elevado percentual de casca removida que ficou entre 96 a 98%.

Garrote et al. (1993) realizaram o estudo de descascamento químico de batatas empregando metodologia de superfície de respostas. As batatas foram imersas no banho de NaOH com injeção de ar comprimido em condições de concentração que variaram entre 4 e 20%, temperaturas entre 55 e 95°C e o tempo de contato de 1 a 7 minutos. Além de analisar o rendimento, qualidade do descascamento e área de casca remanescente, também determinaram a penetração de hidróxido de sódio. Eles seguiram uma prática comum na indústria empregando alta temperatura, alta concentração e tempo curto para evitar excessiva penetração de calor. Como resultados encontraram que o tempo mínimo para se alcançar um descascamento de batata de maior qualidade, com um percentual de rendimento da polpa em 79,58%, foi de 2 a 3 minutos, em uma concentração fixada em 20% e temperatura de 95°C.

O descascamento químico e termofísico de aspargos foram avaliados por Garrote et al. (1998) por metodologia de superfície de resposta. As variáveis fixadas foram a concentração do banho (20, 40 e 60 g/kg), temperatura de banho (55, 70 e 85°C) e o tempo de permanência do produto na solução cáustica (10, 20 e 30 segundos). As análises foram rendimento, qualidade do descascamento e área de casca remanescente. A partir dos resultados encontrados pelos modelos matemáticos, o melhor rendimento da massa alcançada foi de 87%. Esse rendimento se dava em condições de baixa concentração de NaOH (20,56 à 21,6 g/kg), curto tempo (34,5 a 39 segundos) e alta temperatura (83,91 a 84,75°C).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o descascamento químico da mandioquinha-salsa através da lixiviação com hidróxido de sódio, buscando condições adequadas para a otimização do processamento, considerando as variáveis de processo – temperatura e concentração de NaOH e do tempo de contato do alimento com a solução – avaliada por metodologia de superfície de resposta.

## 2. Material e métodos

### Preparação das amostras

As mandioquinhas-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* B.), da variedade Amarela-comum, foram adquiridas no mercado local da cidade de Apucarana-PR, poucas horas antes do processamento. A seleção do tubérculo foi realizada pelo aspecto visual de acordo com o tamanho e coloração, dando preferência às raízes de tamanho menores, livres de injúrias ou defeitos em sua superfície. As amostras foram lavadas em água corrente clorada, em seguida, enxugadas em papel absorvente e a massa registrada, para prosseguir ao descascamento químico.

### Planejamento experimental e avaliação estatística

O delineamento experimental seguiu a metodologia de superfície de resposta, do tipo central composto rotacional, com três pontos centrais, totalizando 17 condições experimentais, conforme Tabela 1, para os valores codificados (Box e Hunter, 1978). Os fatores independentes foram a temperatura (Ts), concentração (Cs) da solução de NaOH e o tempo (tc) de contato com a mesma. Os resultados foram avaliados pelo software Statística 7.0, considerando como variáveis dependentes as porcentagens da perda de massa (rendimento) e da casca removida durante o processo de descascamento químico.

**Tabela 1:** Níveis codificados das variáveis para os ensaios.

Ensaio	Ts	Cs	tc
1	0	0	0
2	+1,68	0	0
3	+1	-1	+1
4	-1	+1	+1
5	0	-1,68	0
6	+1	+1	+1
7	-1	-1	-1
8	+1	+1	-1
9	0	0	+1,68
10	0	+1,68	0
11	-1	-1	+1
12	-1,68	0	0
13	+1	-1	-1
14	0	0	0
15	-1	+1	-1
16	0	0	-1,68
17	0	0	0

Fonte: Autores.

De acordo com o planejamento experimental anterior, a Tabela 2 ilustra os respectivos valores reais das combinações representadas pelas codificações +1,68, +1, 0, -1, -1,68.

**Tabela 2:** Valores representados por meio das variáveis codificadas.

Níveis decodificados			
Níveis codificados	Ts (°C)	Cs (%)	tc (min)
-1,68	60,0	4,0	2,0
-1	66,1	5,6	2,8
0	75,0	8,0	4,0
+1	83,9	10,4	5,2
+1,68	90,0	12,0	6,0

Fonte: Autores.

A qualidade estatística foi também avaliada pelo Erro Médio Relativo (ERM) e o *Root Mean Square* (MRS) usando as equações 1 e 2 abaixo, respectivamente.

$$ERM = \frac{100}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{|X_e - X_t|}{X_e} \quad (1)$$

$$MRS = 100 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [(X_e - X_t)^2]}{N}} \quad (2)$$

### Descascamento químico

Soluções de hidróxido de sódio nas concentrações entre 4% e 12% (m/m) foram preparadas com água destilada, de acordo com o delineamento experimental das variáveis codificadas (Tabela 2) e reais (Tabela 3). A proporção de amostra/solução foi fixada em 45/100 (m/m). Fez-se a opção de inserir 3 amostras no recipiente (béquer) durante o descascamento químico, sendo os resultados avaliados individualmente em cada unidade para posterior cálculo da média. De acordo com a massa das mandioquinhas em cada béquer previamente registrada, transferiu-se a solução para o béquer de 1000 ml, considerando a proporção sólido/solução. Antes de mergulhar as amostras na solução de NaOH, esta foi posta no interior de um banho com recirculação ultratermostatizado (Marca Marconi, modelo MA-184) nas temperaturas pré-estabelecidas pelo planejamento experimental (Tabelas 2 e 3) e os recipientes cobertos com filme plástico para evitar a condensação dos vapores do banho no interior da solução, evitando desta forma a diluição da mesma, prevenindo também a perda de água da solução cáustica.

Vale ressaltar que, para que as temperaturas da solução permanecessem nas temperaturas pré-fixadas pela Tabela 3 após a imersão das amostras, que se encontravam em temperatura ambiente (em média 25 °C), ensaios prévios indicaram que a temperatura do banho deveria ficar em torno de 10 °C acima da temperatura fixada conforme planejamento experimental. Após a temperatura da solução entrar em equilíbrio térmico, as amostras de mandioquinha, previamente pesadas, foram mergulhadas nos béqueres, e o tempo de imersão controlado também de acordo com as combinações das Tabelas 1 e 2.

Após a permanência da amostra na solução, as mandioquinhas foram removidas de seu interior, enxaguadas em água corrente clorada e enxaguadas em papel absorvente, para em seguida registrar a massa final, após descascamento químico.

### Rendimento do processo e eficiência do descascamento

O rendimento do processo foi baseado na porcentagem da polpa de massa não perdida para a solução durante o descascamento químico de acordo com a Eq. (3).

$$\text{Rendimento de massa} = 1 - \frac{P1 - P2}{P1} \quad (3)$$

Onde: P1 = peso inicial das mandioquinhas

P2 = peso após descascamento

Em relação à eficiência do descascamento, adotou-se uma medida indireta da área de casca remanescente por uma relação de massa. Após a pesagem dos frutos ao final do descascamento químico, observou-se as cascas ainda aderidas a polpa e as eliminaram com um leve atrito manual ou uma raspagem cuidadosa com auxílio de uma lâmina de corte, para posteriormente fazer a nova pesagem. Este registro foi considerado como o peso após acabamento (P3) e o cálculo seguiu conforme a Equação 4 (Nogueira et al., 1988):

$$\text{Descascamento} = \frac{P1 - P2}{P1 - P3} \quad (4)$$

Onde: P1 = peso inicial das mandioquinhas

P2 = peso após descascamento

P3 = peso após acabamento

### 3. Resultados e Discussão

#### Rendimento da massa

A Tabela 3 traz os valores rendimento da massa do descascamento da mandiocinha-salsa em função das variáveis independentes: temperatura e concentração da solução e do tempo de contato.

**Tabela 3** – Rendimento da massa de mandiocinha-salsa.

Ts (°C)	Cs (%)	tc (min)	Rend. Massa
84	10,4	2,8	0,797
66	10,4	5,2	0,801
66	5,60	5,2	0,672
66	5,60	2,8	0,880
90	8,00	4,0	0,678
75	8,00	6,0	0,714
75	8,00	4,0	0,801
84	10,4	5,2	0,571
75	8,00	2,0	0,915
75	8,00	4,0	0,754
75	12,0	4,0	0,691
66	10,4	2,8	0,758
75	4,00	4,0	0,880
75	8,00	4,0	0,769
84	5,60	5,2	0,603
60	8,00	4,0	0,744
84	5,60	2,8	0,812

Fonte: Autores.

Pelo resultado de análise de variância (ANOVA), fornecido pelo software Statistica 7.0 para o rendimento da massa, de acordo com a Tabela 4, somente o efeito linear do tempo apresentou grau de significância ( $p < 0,05$ ). Com a eliminação dos fatores não significativos, uma nova avaliação ANOVA foi obtida e os valores são ilustrados pela Tabela 5. Apesar de observar um aumento no valor de significância após a eliminação daqueles efeitos, este não foi tão expressivo.

Resultado semelhante foi encontrado por Silva et al. (2012) no descascamento químico de Yacon que empregaram concentrações de hidróxido de sódio de 6, 10 e 14%, temperatura da solução de 70, 80 e 90 °C e tempo de contato de 2, 4 e 6 min. Apesar dos autores encontrarem que as três variáveis estudadas (T, C e t) foram significativas, os mesmos afirmam que o tempo de contato foi o fator que mais influenciou o rendimento da massa.

**Tabela 4** – Resultado ANOVA para o rendimento da massa considerando todos os efeitos.

Efeitos	Soma dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado médio	Valor F	Valor p
T(L)	0,014279	1	0,014279	4,05741	0,083832
T(Q)	0,010260	1	0,010260	2,91544	0,131493
C(L)	0,009293	1	0,009293	2,64067	0,148187
C(Q)	0,000151	1	0,000151	0,04291	0,841795
t(L)	0,064515	1	0,064515	18,33176	0,003648
t(Q)	0,000487	1	0,000487	0,13833	0,720946
TxC	0,000375	1	0,000375	0,10661	0,753583
Txt	0,009067	1	0,009067	2,57637	0,152505
Cxt	0,006914	1	0,006914	1,96449	0,203781
Erro	0,024635	7	0,003519	-	-
Total SS	0,142212	16	-	-	-

Fonte: Autores.

**Tabela 5** – Resultado ANOVA para o rendimento da massa após eliminação dos efeitos não significativos ( $p < 0,05$ ).

Efeitos	Soma dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Valor F	Valor p
t (L)	0,064515	1	0,064515	12,45527	0,003036
Erro	0,077697	15	0,005180	-	-
Total SS	0,142212	16	-	-	-

Fonte: Autores.

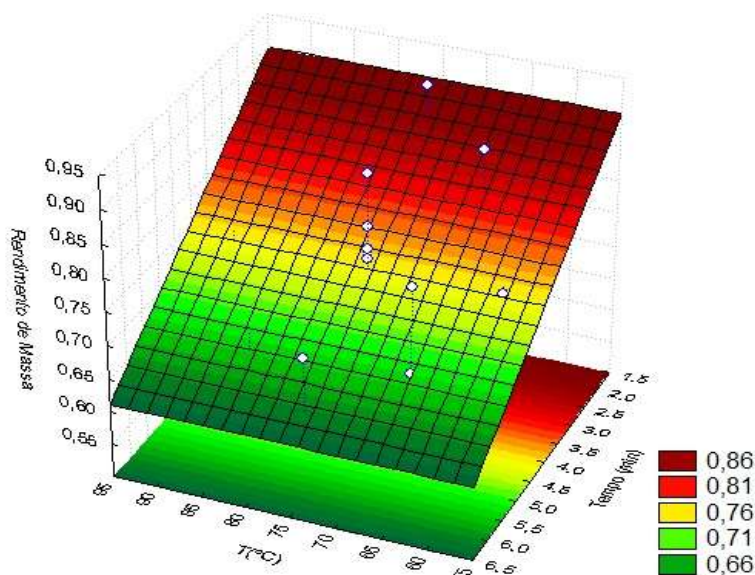
Na Figura 1 está à representação espacial do rendimento da massa de mandioca-salsa no descascamento químico em função da temperatura da solução e do tempo de contato do produto, representativo da análise de variância da Tabela 5. Conforme esperado devido ao resultado ANOVA, observa-se um aumento linear no rendimento da massa conforme o tempo de contato é reduzido, não havendo nenhuma influência da temperatura.

Vale ressaltar que a combinação tridimensional do rendimento da massa considerando a concentração e o tempo torna-se desnecessário. Uma vez que o primeiro fator não tem influência significativa, o gráfico assumiria uma sobreposição ao encontrado pela Figura 1, duplicando resultados desnecessários.



**Figura 1** – Superfície de resposta de rendimento de massa.

Fitted Surface; Variable: Rendimento de massa  
 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Residual=,0051798  
 $R^2=0,45366$   
 $z=0,98573717002533-0,057489950513686*y$  [y=t]



Fonte: Autores.

A equação fornecida pelo mesmo software (Statistica) e que descreve a superfície obtida para o rendimento da massa de mandiquinha (Fig. 1) é dada pela Equação 5.

$$Z = 0,98574 - 0,05749 \cdot y \quad (5)$$

Onde:

Z = rendimento da massa

y = tempo em minutos.

A partir da Equação 5 foi possível calcular o Erro Médio Relativo (ERM) e o *Root Mean Square* (RMS) para o rendimento da massa, de acordo com as equações (1) e (2), respectivamente, e seus valores obtidos são apresentados na Tabela (6).

**Tabela 6** – Resultados ERM e MRS.

Equação (5)	ERM	MRS
	7,65%	6,75%

Fonte: Autores.

Apesar do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) ter sido baixo (0,454), os valores de MRE e MRS foram bastante razoáveis, assegurando desta forma a representatividade da Equação (5) aos pontos experimentais. Uma avaliação mais detalhada pode ser observada pela Tabela (7) que expressa os valores experimentais e teóricos (Eq. 5) para o rendimento da massa de mandiquinha-salsa de acordo com as variáveis fixadas.

**Tabela 7** – Valores experimentais e teóricos (Eq. 5) para o rendimento da massa.

Ts (°C)	Cs (%)	tc (min)	Rend. Massa	Rend. Massa	(ERM)
			Experimental	Teórico	
84	10,4	2,8	0,797	0,824	0,034837276
66	10,4	5,2	0,801	0,686	0,142584985
66	5,60	5,2	0,672	0,686	0,022008076
66	5,60	2,8	0,880	0,824	0,062766695
90	8,00	4,0	0,678	0,755	0,114715882
75	8,00	6,0	0,714	0,640	0,102524556
75	8,00	4,0	0,801	0,755	0,056457718
84	10,4	5,2	0,571	0,686	0,202783586
75	8,00	2,0	0,915	0,870	0,048352711
75	8,00	4,0	0,754	0,755	0,002357252
75	12,0	4,0	0,691	0,755	0,093744382
66	10,4	2,8	0,758	0,824	0,088080882
75	4,00	4,0	0,880	0,755	0,141162082
75	8,00	4,0	0,769	0,755	0,01719458
84	5,60	5,2	0,603	0,686	0,138954274
60	8,00	4,0	0,744	0,755	0,015829796
84	5,60	2,8	0,812	0,824	0,015720823

Fonte: Autores.

Com exceção das condições dos pontos centrais (Ts= 75 °C, Cs= 8% e tc= 4 min), há uma tendência de um maior desvio entre os resultados experimentais e teóricos em tempos de contato igual ou superior ao valor do ponto central (4 minutos). Observa-se que em um tempo alto (5,2 min), o desvio razoável se deu em condições de temperatura e concentrações mais brandas (66 °C e 5,6%, respectivamente). Neste sentido, parece que em condições mais extremas do descascamento químico, em especial em tempos mais longos, há um maior erro entre os valores experimentais e teóricos, podendo ser justificado pela dificuldade em controlar fatores externos como a perda de massa durante o enxague da mandioca após o descascamento, que devido a fragilidade da polpa, acaba perdendo mais massa com o choque da corrente de água.

### **Eficiência do descascamento**

Os resultados da eficiência do descascamento são apresentados na Tabela 8 de acordo com as combinações de temperatura, concentração e tempo de contato.

**Tabela 8** – Eficiência do descascamento de mandiquinha-salsa.

Ts (°C)	Cs (%)	tc (min)	Desc.
84	10,4	2,8	0,948
66	10,4	5,2	0,981
66	5,60	5,2	0,976
66	5,60	2,8	0,929
90	8,00	4,0	0,984
75	8,00	6,0	0,998
75	8,00	4,0	0,946
84	10,4	5,2	1,00
75	8,00	2,0	0,831
75	8,00	4,0	0,996
75	12,0	4,0	0,998
66	10,4	2,8	0,979
75	4,00	4,0	0,878
75	8,00	4,0	0,993
84	5,60	5,2	0,994
60	8,00	4,0	0,982
84	5,60	2,8	0,959

Fonte: Autores.

Para a eficiência do descascamento, resultados ANOVA indicam que somente a variável tempo contato e seu efeito linear foi significativa ( $p < 0,05$ ), de acordo com a Tabela 9, considerando todos os efeitos.

Para a eficiência do descascamento de raízes de Yacon, Silva et al. (2012) também encontraram que somente o tempo de contato do alimento com a solução cáustica apresentou grau de significância ( $p < 0,05$ ), porém a concentração e a temperatura da solução apresentaram valores abaixo de  $p < 0,10$ .

**Tabela 9** – Resultados considerando as 3 variáveis independentes com todos os efeitos.

Efeitos	Soma dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado médio	Valor F	Valor p
T(L)	0,000105	1	0,000105	0,066233	0,804304
T(Q)	0,000749	1	0,000749	0,474323	0,513177
C(L)	0,004581	1	0,004581	2,899967	0,132364
C(Q)	0,000712	1	0,000712	0,450434	0,523650
t(L)	0,012662	1	0,012662	8,014652	0,025369
t(Q)	0,003027	1	0,003027	1,916262	0,208791
TxC	0,000447	1	0,000447	0,283085	0,611148
Txt	0,000177	1	0,000177	0,111968	0,747717
Cxt	0,000107	1	0,000107	0,067982	0,801801
Erro	0,011059	7	0,001580	-	-
Total SS	0,034673	16	-	-	-

Fonte: Autores.

Com a eliminação dos fatores não significativos, uma nova avaliação de análise de variância (ANOVA) foi obtida e os valores são ilustrados pela Tabela 10.

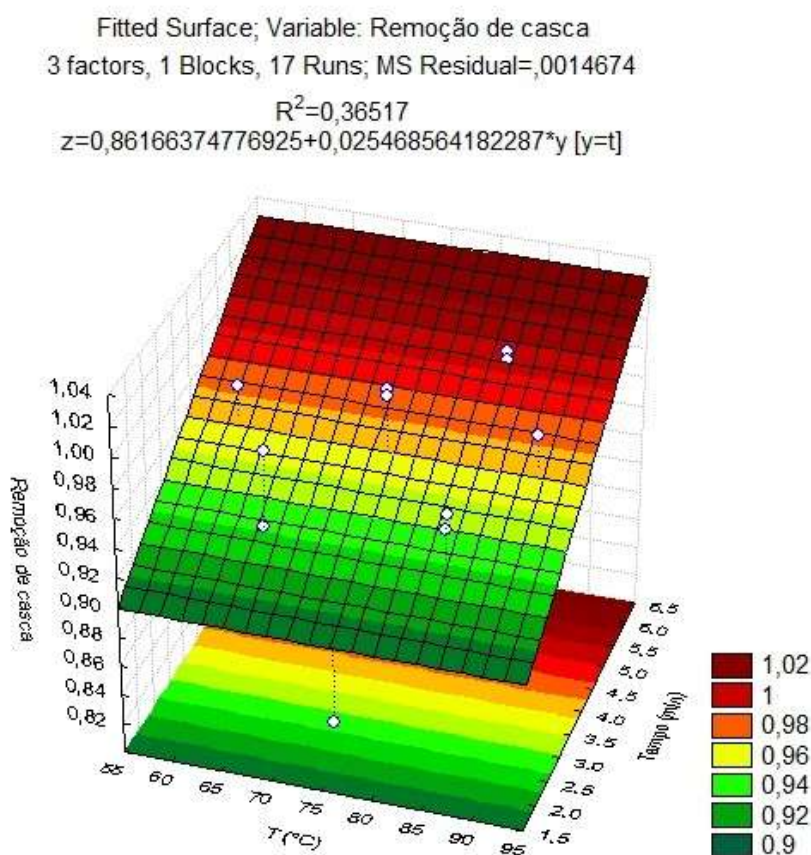
**Tabela 10** – Resultados considerando as 3 variáveis independentes eliminando os efeitos longe de  $p < 0,05$ .

Efeitos	Soma dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado médio	Valor F	Valor p
t (L)	0,012662	1	0,012662	8,6283333	0,010191
Erro	0,022012	15	0,001467	-	-
Total SS	0,034673	16	-	-	-

Fonte: Autores.

A superfície de resposta representativa considerando o resultado encontrado pela Tabela 10 está ilustrada pela Figura 2. Pela característica linear da figura, conforme esperado devido ao resultado ANOVA, notasse-se que o grau de remoção da casca da mandioquinha-salsa foi aumentado com o aumento do tempo de contato com a solução, demonstrando que não houve nenhuma influência da temperatura.

**Figura 2** – Superfície de resposta de remoção de casca.



Fonte: Autores.

A equação (6), fornecida pelo software Statistica 7.0, descreve a superfície obtida para remoção de casca da mandioquinha-salsa (Fig. 8).

$$Z=0,86166+0,02547.y \quad (6)$$

Onde:

Z = remoção de casca

Y = tempo em minutos, com  $R^2=0,365$ .

A partir da Equação 6 foi possível calcular o Erro Relativo Médio (ERM) e o *Root Mean Square* (RMS) para a remoção de casca, de acordo com as equações (1) e (2), respectivamente, e seus valores obtidos são apresentados na Tabela (11).

**Tabela 11** – Resultados ERM e MRS.

Equação (6)	ERM	MRS
	2,94%	3,60%

Fonte: Autores.

**Tabela 12** – Valores experimentais e teóricos (Eq. 6) para o rendimento da massa.

Ts (°C)	Cs (%)	tc (min)	Rend. Casca Experimental	Rend. Casca Teórica	(ERM)
84	10,4	2,8	0,948	0,932	0,015848389
66	10,4	5,2	0,981	0,994	0,013354008
66	5,60	5,2	0,976	0,994	0,01854537
66	5,60	2,8	0,929	0,932	0,004279577
90	8,00	4,0	0,984	0,963	0,020794711
75	8,00	6,0	0,998	1,014	0,016508149
75	8,00	4,0	0,946	0,963	0,018539117
84	10,4	5,2	1,00	0,994	0,005899718
75	8,00	2,0	0,831	0,912	0,098196
75	8,00	4,0	0,996	0,963	0,032592365
75	12,0	4,0	0,998	0,963	0,034531058
66	10,4	2,8	0,979 - 4	0,932	0,047011514
75	4,00	4,0	0,878 -9	0,963	0,097423695
75	8,00	4,0	0,993	0,963	0,029669683
84	5,60	5,2	0,994	0,994	0,000100887
60	8,00	4,0	0,948	0,963	0,018800403
84	5,60	2,8	0,981-5	0,932	0,027136885

Fonte: Autores.

Para a eficiência do descascamento, os valores encontrados para o ERM e MRS foram inferiores aos obtidos para o rendimento da massa, um indicativo da melhor representatividade da equação teórica. Porém, vale ressaltar que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) neste caso foi de menor qualidade (0,365) comparado ao conseguido à avaliação da perda de massa.

Uma forma mais pontual de avaliar o ERM é apresentada junto à Tabela 12 considerando cada valor experimental. Com exceção de poucos pontos, os erros individuais foram inferiores a 3%, mostrando que a reta teórica obtida para a eficiência de remoção da casca está mais próxima aos valores experimentais quando comparada com aquela obtida para o rendimento da massa.

#### 4. Conclusões

Pelo delineamento experimental avaliado por metodologia de superfície de resposta pode-se observar que das variáveis estudadas que foram a temperatura do banho, concentração da solução de hidróxido de sódio e tempo de contato da raiz com a solução, a única que exerceu influência significativa ( $p < 0,05$ ) foi o tempo. Tanto no rendimento de massa quanto na remoção da casca. Apesar dos coeficientes de determinação apresentarem-se bem inferior à unidade, as outras avaliações estatísticas que foram o ERM e o MRS tiveram seus valores adequados, em especial na avaliação da eficiência do descascamento.

Considerando que a temperatura e a concentração da solução não apresentaram grau de significância, deve-se priorizar as condições mais brandas, ou seja, temperatura de 60 °C e concentração de 4%. Em relação ao tempo de contato, para uma remoção de 90% da casca, a perda de massa será de 12%, de acordo com as equações teóricas, enquanto que para obter-se 100% da casca removida, a perda da polpa será de 32,6%. Neste sentido, é importante observar qual fator é o de maior relevância para encontrar o respectivo tempo de contato.

A técnica de descascamento químico assistida por ultrassom pode trazer melhorias tecnológicas, uma vez que as ondas ultrassônicas podem acelerar o descascamento por rompimento das cascas. Provavelmente necessite de menores tempos de contato com a solução de hidróxido de sódio e temperaturas mais brandas, alcançando um maior rendimento da massa com menores perdas, e melhor eficiência do descascamento, sendo esta uma proposta para trabalhos futuros.

#### Referências

- Al-Juhaimi, F., Ghafoor, K., Özcan, M.M., Jahurul, M.H.A., Babiker, E.E., Jinap S., Sahena F., Sharifudin, M.S., & Zaidul, I.S.M. (2018). Effect of various food processing and handling methods on preservation of natural antioxidants in fruits and vegetables. *J Food Sci Technol*. Oct;55(10):3872-3880. doi: 10.1007/s13197-018-3370-0. Epub 2018 Aug 12. PMID: 30228385; PMCID: PMC6133851.
- Box, G. E. P., & Hunter, J. S. (1978). *Statistics for Experimenters: an Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building*. New York: John Wiley and Sons.
- Botondi R., Barone M., & Grasso C. A Review into the Effectiveness of Ozone Technology for Improving the Safety and Preserving the Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables. *Foods*. 2021 Apr 1;10(4):748. doi: 10.3390/foods10040748. PMID: 33915979; PMCID: PMC8065486.
- Bueno, S. C. S., & Carvalho, A. G. (1999). *Mandioquinha-salsa uma cultura rústica e lucrativa. São Bento do Sapucaí*. Tese de Doutorado, USP, Piracicaba, SP.
- Camara, F. L. A., & Santos, F. F. (2002). Agricultura: culturas de tuberosas amiláceas Latino Americanas. In: *Cultura da mandioquinha-salsa*. São Paulo: Fundação Cargill, v.2. 540p.
- Donno, D., & Turrini, F. (2020). Alimentos Vegetais e Frutas Subutilizadas como Fonte de Ingredientes Alimentares Funcionais: Composição Química, Características de Qualidade e Propriedades Biológicas. *Foods*, 9 (10), 1474. MDPI AG. Obtido em <http://dx.doi.org/10.3390/foods9101474>.
- Filgueira, F. A. R. (2007). Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. *Embrapa Semiárido (CPATSA)* 3a. ed. Viçosa: UFV, 421p.
- Garrote, R. L. Coutaz, V. R., Luna, J. A., Silva, E. R., & Bertone, R. A. (1993). Optimizing processing conditions for chemical peeling of potatoes using response surface methodology. *Journal of Food Science*, v. 58, n. 4, p.821-926, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb09367.x>

- Garrote, R. L., Silva, E. R., Bertone, R., & Avelle, A. (1998). Pelado químico y termofísico de espárragos. *Food Science and Technology*, 18 (3), 319-324. <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-20611998000300012>
- Guimarães, M., Motta, J., Madella, D., Moura, L., Teodoro, C., & Melo, N. (2020). Edible coatings used for conservation of minimally processed vegetables: a review. *Research, Society and Development*. 9. 10.33448/rsd-v9i8.6018.
- Madeira, N.R., & Santos F. F. (2018). Mandioquinha-salsa (Arracacia xanthorrhiza). *Embrapa Hortaliças*. <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioquinha/MandioquinhaSalsa/apresentacao.html>>.
- Kopf, C. (2008). Técnicas de processamento de frutas para a agricultura familiar: boletim técnico. Guarapuava: *Editora Unicentro*.
- Melo, B., Silva, C. A., & Alves, P. R. B. (2018). Processamento mínimo de hortaliças e frutas. *Núcleo de estudo em fruticultura do cerrado*. <[www.fruticultura.iciag.ufu.br/pminimo.htm](http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/pminimo.htm)>.
- Nogueira, R. I., Villaça, A. C., & Magalhães P. M. S. (1988). Avaliação dos parâmetros de processo no descascamento químico do pedúnculo de caju. *Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos – CTAA*. Rio de Janeiro, p.1-4.
- Oliveira, A. C., Valentim, I. B., Goulart, M. O. F., Silva, C. A., Bechara, E. J. H., & Trevisan, M. T. S. (2009). Fontes vegetais naturais de antioxidantes. *Química Nova*, 32(3), 689-702. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000300013>
- Pinto, A. R da C. (2007). *Qualidade microbiológica de frutas e hortaliças minimamente processadas: uma revisão*. Monografia de Especialização. Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Santos, E. M. (2007). *Secagem de tomates inteiros submetidos a descascamento químico*. Dissertação de Mestrado. Unesp, São José do Rio Preto, SP.
- Silva, E. B. (2007). Otimização do descascamento químico de raízes do Yacon (*Polymnia sanchifolia* Poepp). *Ciênc. Agrotec.* v.34, n. 5, p.1301-1305, <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000500031>.
- Soler, M. P., Fadini, A. L., Hilst, M. A. S., & Okada, C. E. (1995). Frutas: compotas, doce em massa, geléias e frutas cristalizadas para micro e pequena empresa. *Instituto de Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 51 p.
- Soler, M. P., Radomille, L. R., & Tocchini, R. P. (1991). Industrialização de frutas. Manual técnico nº8. Processamento, cap. IV. *Instituto de Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 115 p.
- Souza, R. M., Henz, G. P., & Peixoto, J. R. (2003). Incidência de injúrias mecânica em raízes de mandioquinha-salsa na cadeia pós-colheita. *Horticultura Brasileira*. v.21, n.4, <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362003000400029>
- Yousuf, B., Qadri, O., & Srivastava, A. (2017). Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. *LWT- Food Science and Technology*. 89. 10.1016/j.lwt.2017.10.051.