

DESCASCAMENTO QUÍMICO DE RAÍZES DO YACON (*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher)

Chemical Peeling of Yacon Roots (*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher)

Elaine Berges da Silva¹
Rui Sérgio dos Santos Ferreira da Silva²
Laura Beatriz Karam³
Lys Mary Bileski Cândido⁴

Resumo

Foi utilizado o delineamento fatorial completo 2^3 para estudar o efeito das variáveis de processo no descascamento químico de raízes do yacon, cultivadas na região metropolitana de Curitiba, estado do Paraná. Foram realizados 11 experimentos, com três repetições no ponto central, no qual foram avaliadas em três níveis: concentração da solução de hidróxido de sódio, % (g/L) [6,10,14], temperatura da solução de hidróxido de sódio, °C [70,80,90], e tempo de permanência na solução de hidróxido de sódio, minutos [2,4,6]. Todas as variáveis estudadas afetaram de forma significativa ($p < 0,05$) o rendimento das raízes submetidas ao descascamento químico. A variável que mais afetou o rendimento foi o tempo de permanência na solução de hidróxido de sódio. O modelo ajustado para a variável percentual de rendimento foi adequado, com $R^2_{aj} = 0,8497$ e falta de ajuste não foi significativa ($p = 0,9312$), podendo ser utilizado para fins preditivos. No ponto central foi obtido um rendimento satisfatório (84% a 87%) e elevado percentual de casca removida (96% a 98%), indicando que o tratamento com 10% de solução de hidróxido de sódio à temperatura de 80°C por 4 minutos pode ser empregado no descascamento químico das raízes do yacon.

Palavras-chave: Descascamento químico; Yacon; Delineamento fatorial; Lixívia; *Smallanthus sonchifolia*.

¹ Engenheira de Alimentos, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos/UFPR, Caixa Postal 19011, CEP 81531-990, Curitiba/PR, e-mail: elaine.b@pucpr.br

² Engenheiro de Alimentos, Doutor, Prof. Assistente Depto. Engenharia de Alimentos/PUCPR, Curitiba/PR.

³ Engenheira Química, Doutora, Prof.^a Titular Depto. Tecnologia de Alimentos/UEL, Londrina/PR.

⁴ Farmacêutica, Doutora, Prof.^a Sênior Depto. Nutrição/UFPR, Curitiba/PR.

Abstract

A complete factorial delineation 2^3 was used to evaluate the effect of process variables in chemical peeling of yacon roots, cultivated in Curitiba, Parana State. Eleven treatments were done, with three repetitions in the central point, in which they had been evaluated in three levels: concentration of sodium hydroxide solution, % (g/L) [6, 10, 14], temperature of sodium hydroxide solution, °C [70, 80, 90], and time of permanence in the sodium hydroxide solution, minutes [2, 4, 6]. All the studied variables had affected of significant form ($p < 0.05$) the yield of yacon roots subject to chemical peeling. The variable that more affected the yield was the time of permanence in the sodium hydroxide solution. The model adjusted for the percentile of yield was good, with R^2 adj = 0.8497 and not significant lack of fit ($p = 0.9312$) being able to be used for predictive purposes. In the central point an yield satisfactory (84% to 87%) and raised percentile of removed peel was obtained (96% to 98%), indicating that the treatment with 10% of sodium hydroxide solution, temperature of 80°C per 4 minutes, can be used in the chemical peeling of yacon roots.

Keywords: Chemical peeling; Yacon; Factorial design; Lixyvim; *Smallanthus sonchifolia*.

Introdução

O yacon é uma planta de origem andina, do gênero *Polymnia*, pertencente à família *Asteraceae* ou *Compositae* (ZARDINI, 1991). Introduzido no Brasil na década de 90, o yacon vem despertando o interesse do mundo científico devido ao seu potencial como alimento funcional. Diferente da maioria das raízes que armazenam carboidratos na forma de amido, o yacon e várias plantas da família *Compositae* armazenam os carboidratos na forma de frutanos. Os órgãos subterrâneos do yacon contêm de 60 a 70% de frutanos do tipo inulina com grau de polimerização (GP) máximo de 12 (VILHENA; CÂMARA; KADIHARA, 2000).

Na medicina popular as folhas e raízes do yacon são consumidas *in natura* ou desidratadas, na forma de chá, contra diabetes e altas taxas de colesterol (VILHENA; CÂMARA; KADIHARA, 2000). Entre as numerosas opções que oferece o yacon, a produção de bebidas aparece como uma das mais interessantes. No Japão, 70% dos alimentos funcionais são apresentados como bebidas lácteas, gasosas, sucos ou néctares (QUINTEROS, 2000).

O yacon, na forma de bebida, suco ou néctar, é de fácil comercialização e consumo, podendo ser incorporado à dieta dos diabéticos e da população em geral. Para a obtenção de bebidas à base do yacon, as raízes *in natura*, previamente branqueadas, são prensadas para a extração do suco, o qual pode ser misturado ao suco de outras frutas ou vegetais e adoçados com açúcar ou com edulcorantes quando destinados ao consumo por diabéticos (SILVA, 2004).

De aparência similar à batata doce, as raízes tuberosas do yacon são fusiformes, apresentando grande variação no tamanho, formato e

peso (SILVA et al., 2003). A falta de uniformidade das raízes inviabiliza o uso de equipamentos industriais normalmente utilizados no processamento de vegetais, como os processos por abrasão. Desta forma, o descascamento das raízes do yacon pode ser realizado manual ou quimicamente, empregando-se solução de hidróxido de sódio (lixívia) a quente. No descascamento químico o rendimento varia conforme o tratamento empregado, sendo inversamente proporcional ao aumento na concentração, temperatura e tempo de permanência na lixívia, indicando que percentuais mais elevados de rendimento podem ser obtidos em condições menos drásticas de tratamento. O inverso ocorre com o percentual de casca removida, gerando a necessidade de retrabalho para a remoção manual da casca remanescente (GARROTE et al., 1993; SILVA, 2004).

O antagonismo observado para as variáveis rendimento e percentual de casca removida aponta para a necessidade de metodologias que otimizem simultaneamente as duas variáveis. Com base nas considerações apresentadas, este trabalho teve como objetivo estudar o efeito das variáveis: concentração, temperatura e tempo de permanência da solução de hidróxido de sódio no descascamento químico das raízes do yacon.

Material e métodos

Foram avaliadas 110 raízes do yacon *in natura* (*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher), cultivadas na região metropolitana de Curitiba. As raízes recém-colhidas foram lavadas em água corrente, imersas em água clorada 10 ppm por 10 minutos e o excesso de água foi escorrido. Para se realizar uma distribuição homogênea das

raízes em cada tratamento, as raízes foram divididas em 4 classes, de acordo com a área superficial, determinada conforme descrito por Garrote et al. (1993). A partir dessa classificação, as raízes foram subdivididas em 11 lotes, contendo 8 raízes cada, de forma que cada lote contivesse a mesma distribuição de frequências observada para cada classe.

Para o descascamento químico foi utilizado soda cáustica comercial (98% de pureza) e ácido cítrico de grau analítico.

Descascamento químico

Os experimentos foram realizados na planta de Processamento de Vegetais na Usina Piloto do curso de Engenharia de Alimentos da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PU-CPR). As amostras foram tratadas pela submersão em solução de hidróxido de sódio (lixívia) pelo tempo determinado para cada tratamento, lavadas em água corrente e mergulhadas em solução de ácido cítrico 3% por 30 segundos para neutralização do pH. Os tratamentos foram realizados de forma aleatória, utilizando delineamento fatorial completo 2^3 , adotando as seguintes variáveis independentes em 3 níveis: concentração da lixívia, % (g/L) [6,10,14], temperatura da lixívia, °C [70,80,90], e tempo de permanência na lixívia, minutos [2,4,6]. Foram realizados 11 experimentos, dos quais 3 foram repetições do ponto central. As variáveis dependentes estudadas foram os percentuais de rendimento e de casca removida.

Para a determinação da porcentagem de casca removida foi realizada a determinação da área superficial da raiz antes do descascamento químico e da área remanescente após o descascamento, conforme metodologia descrita por Garro-

te et al. (1993). A determinação da porcentagem de rendimento foi realizada com base no peso da raiz antes e após o descascamento químico, realizando-se a raspagem da casca remanescente com uma faca. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente.

Análise estatística

Foi utilizado o delineamento fatorial completo 2^3 , no qual a função que vincula as variáveis dependentes com as variáveis independentes, de acordo com Barros Neto; Scarminio; Bruns (2002) é o polinômio, que tem a seguinte forma:

$$\hat{Y}(x_1, x_2, x_3) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3$$

Onde: x_1 , x_2 e x_3 são as variáveis independentes e β_0 , β_1 , β_2 , β_3 , β_{12} , β_{13} , β_{23} , β_{123} são os coeficientes de regressão.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente, utilizando o programa Statistica 6.0 da Statsoft, em sistema Windows, para a determinação dos coeficientes dos polinômios e a análise de variância (STATISTICA, 2002).

Resultados e discussão

O percentual de rendimento variou de 73,84% a 92,50%, respectivamente, para as condições mais drásticas de tratamento (maior concentração da lixívia, maior temperatura e maior tempo de permanência) e menos drásticas (menor concentração da lixívia, menor temperatura e menor tempo de permanência na lixívia), conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 - Percentual de rendimento e de remoção de casca no descascamento químico de raízes do Yacon.

Table 1 - Income percentage and rind removal in the chemical peeling of Yacon roots.

Experi- mento ordem padrão	Delineamento estatístico			Concentração Lixívia (%)	Temperatura Lixívia (°C)	Tempo Lixívia (min)	Rendimento (%)	Casca Removida (%)
	X ₁	X ₂	X ₃					
1	-1	-1	-1	6	70	2	92,50	15,27
2	+1	-1	-1	14	70	2	88,65	30,73
3	-1	+1	-1	6	90	2	90,38	35,52
4	+1	+1	-1	14	90	2	85,98	94,99
5	-1	-1	+1	6	70	6	85,31	58,47
6	+1	-1	+1	14	70	6	80,71	98,78
7	-1	+1	+1	6	90	6	78,92	98,28
8	+1	+1	+1	14	90	6	73,84	99,52
9	0	0	0	10	80	4	84,02	96,51
10	0	0	0	10	80	4	80,36	96,16
11	0	0	0	10	80	4	86,78	97,74

NOTA: Lixívia = solução de hidróxido de sódio.

Os resultados da análise de variância para o percentual de rendimento mostram que as três variáveis de processo estudadas foram significati-

vas ($p < 0,05$), conforme apresentado na Tabela 2. O modelo obtido é multilinear e a falta de ajuste não foi significativa ($p = 0,93$).

TABELA 2 - Análise de variância para a variável resposta percentual de rendimento do descascamento.

Table 2 - Analysis of variance for the variable percentage reply of peeling income.

Efeitos	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	Valor F	Valor P
Concentração lixívia (%)	40,18	1	40,18	8,9150	0,0203*
Temperatura lixívia (°C)	40,72	1	40,72	9,0347	0,0197*
Tempo lixívia (min)	187,50	1	187,50	41,5966	0,0003*
Resíduo	31,55	7	4,50		
Falta de ajuste	10,81	5	2,16	0,2084	0,9312
Erro experimental	20,74	2	10,37		
Total	299,96	10			
R ²	0,8948				
R ² ajustado	0,8497				

NOTA: (*) estatisticamente significativa em nível de 5% de probabilidade.

A equação que foi ajustada aos dados experimentais está apresentada abaixo, demonstrando que a variável que mais afetou a resposta foi o tempo de permanência na lixívia, apresentando o coeficiente com maior valor absoluto. Os coeficientes negativos obtidos para todas as variáveis explicam a redução do percentual de rendimento nas condições mais drásticas de tratamento, conforme discutido anteriormente. Resultados semelhantes foram obtidos por Garrote et al. (1993; 1998) para o descascamento químico de batatas e aspargos.

$$\% \text{ Rendimento } (X_1, X_2, X_3) = 84,31364 - 2,24125X_1 - 2,25625X_2 - 4,84125X_3$$

Onde:

X_1 = concentração da lixívia, %

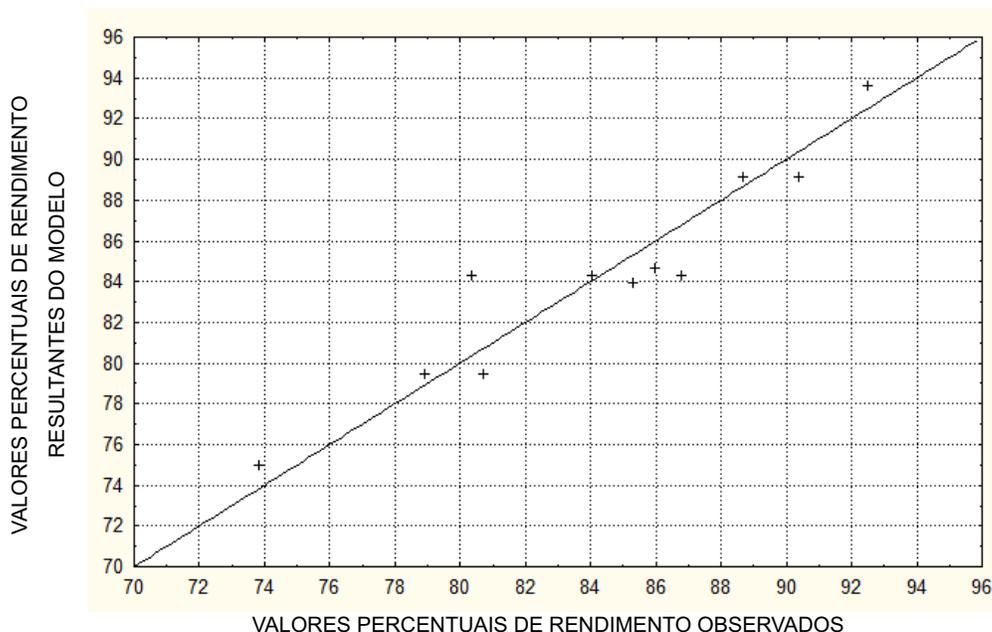
X_2 = temperatura da lixívia, °C

X_3 = tempo de permanência na lixívia, min

A modelagem mostrou-se adequada com $R^2 = 0,8948$ e $R^2_{aj} = 0,8497$, podendo ser utilizado para fins preditivos, conforme ilustra a Figura 1.

FIGURA 1 - Valores resultantes do modelo e valores observados no experimento para o percentual de rendimento.

Figure 1 – Values predicted by the model and observed values in the experiment for the income percentage.



A Tabela 3 mostra os resultados da análise de variância para o percentual de casca removida, demonstrando que o modelo obtido não pode ser utilizado para fins preditivos, apresentando falta

de ajuste significativa ($p = 0,0010$), $R^2 = 0,7009$ e $R^2_{aj} = 0,5727$. A variável que mais afetou a resposta foi o tempo de permanência na lixívia, apresentando o coeficiente com maior valor absoluto.

TABELA 3 – Análise de variância para a variável resposta percentual de casca removida.
 Table 3 - Analysis of variance for the variable reply percentage of removed rind.

Efeitos	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor F	Valor P
Concentração lixívia (%)	1695,95	1	1695,95	3,6429	0,0979*
Temperatura lixívia (°C)	1955,00	1	1955,00	4,1993	0,0796*
Tempo lixívia (min)	3984,57	1	3984,57	8,5587	0,0221*
Resíduo	3258,88	7	465,55		
Falta de ajuste	3257,50	5	651,50	946,0770	0,0010*
Erro experimental	1,38	2	0,689		
Total	10894,39	10			
R ²	0,7009				
R ² ajustado	0,5727				

NOTA: (*) estatisticamente significativa em nível de 5% de probabilidade.

A equação que foi ajustada aos dados experimentais está sendo mostrada a seguir:

$$\% \text{ Casca Removida } (X_1, X_2, X_3) = 74,7245 + 14,5600X_1 + 15,6325X_2 + 22,3175X_3$$

Onde:

X_1 = concentração de lixívia, %

X_2 = temperatura da lixívia, °C

X_3 = tempo de permanência na lixívia, min

Nas condições mais drásticas de tratamento, além da casca, parte da polpa também foi removida justificando o menor percentual de rendimento obtido nessas condições. Isso pode ser confirmado pelos resultados obtidos para o percentual de casca removida que apresentou resultados inversamente proporcionais aos obtidos para o percentual de rendimento, demonstrando que estas variáveis devem ser analisadas conjuntamente. Deve-se buscar uma condição de tratamento que otimize as duas variáveis, resultando em um elevado percentual de rendimento e ao mesmo tempo um elevado percentual de casca removida, evitando, desta forma, a necessidade de remoção manual da casca remanescente após o tratamento.

Resultados satisfatórios foram obtidos no ponto central (TABELA 1) que apresentou bom rendimento (cerca de 84%) e elevado percentual

de casca removida (cerca de 97%), indicando que o tratamento com solução de hidróxido de sódio a 10%, à temperatura de 80°C por 4 minutos, pode ser empregado para o descascamento químico das raízes do yacon. Garrote et al. (1993) obtiveram resultados semelhantes para o descascamento de batatas, no qual o tratamento em solução de hidróxido de sódio 12,72%, temperatura de 95°C e tempo de 5,67 minutos resultaram em 80% de rendimento.

Conclusões

As variáveis: concentração da solução de hidróxido de sódio, temperatura da solução de hidróxido de sódio e tempo de permanência na solução de hidróxido de sódio afetaram de forma significativa ($p < 0,05$) o rendimento das raízes submetidas ao descascamento químico. A variável que mais afetou o rendimento foi o tempo de permanência na solução de hidróxido de sódio.

O modelo obtido para a variável percentual de rendimento foi adequado, com $R^2_{aj} = 0,8497$ e falta de ajuste não significativa ($p = 0,9312$), podendo ser utilizado para fins preditivos.

No ponto central foi obtido um rendimento satisfatório (84% a 87%) e elevado percentual

de casca removida (96% a 98%), indicando que o tratamento com 10% de solução de hidróxido de sódio à temperatura de 80°C, por 4 minutos, pode ser empregado no descascamento químico das raízes do yacon.

Referências

- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos:** Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2002.
- GARROTE, R. L. et al. Optimizing processing conditions for chemical peeling of potatoes using response surface methodology. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 4, p. 821-926, 1993.
- _____. Pelado químico y termofísico de espárragos. **Ciência de Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 3, 1998.
- QUINTEROS, E. T. T. **Produção com tratamento enzimático e avaliação do suco de yacon.** 2000. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2000.
- SILVA, E. B. et al. Correlação entre peso, área e diâmetro de raízes do yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher). In: ENCONTRO REGIONAL SUL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 8., Curitiba, 2003. **Anais...** Curitiba, 2003. CD-ROM.
- SILVA, E. B. **Processamento de bebida funcional à base do yacon** (*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher). Curitiba, 2004. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, 2004.
- STATISTICA. **Versão 6.0 for windows volume IV.** Tulsa-OK, USA: Statsoft Inc (software), 2002.
- VILHENA, S. M. C; CÂMARA, F. L.; KADIHARA, S. T. O cultivo do yacon no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 5-8, 2000.
- ZARDINI, E. Ethnobotanical notes of yacon, *Polymnia sonchifolia* (Asteraceae). **Economic Botany**, v. 45, n. 1, p. 72-85, 1991.

Recebido: 25/03/2005

Aprovado: 30/06/2005