

# 柑橘膳食纤维的微波 - 化学法制备工艺研究

王 华<sup>1</sup>, 李焕霞<sup>2</sup>, 刘树立<sup>2</sup>

(1. 中国农业科学院柑桔研究所 重庆 400712; 2. 西南大学食品科学学院 重庆 400716)

**摘 要:** 本研究以甜橙榨汁过程所得皮渣为原料, 对其采用微波 - 化学方法处理, 探讨柑橘膳食纤维的加工工艺。利用微波 - 氢氧化钠工艺制备柑橘膳食纤维的最佳工艺组合为 A<sub>4</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>D<sub>4</sub>, 即输出功率 750W, 氢氧化钠浓度 0.06mol/L、加热后沸腾时间 150s、料液比为 1:60, 影响程度由大到小依次为 B > D > A > C, 方差分析表明氢氧化钠浓度对试验的影响较显著, 料液比影响一般显著, 而加热时间和输出功率则影响不显著, 制备的柑橘膳食纤维其质量有明显改善, 而且保留了大量的功能成分, 在保健食品开发方面有良好的应用前景。

**关键词:** 柑橘; 膳食纤维; 微波 - 化学法; 品质

## Study on Preparation Technology of Citrus Dietary Fiber by Microwave Chemical Method

WANG Hua<sup>1</sup>, LI Huan-xia<sup>2</sup>, LIU Shu-li<sup>2</sup>

(1. Citrus Research Institute Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712, China;

2. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China)

**Abstract:** The preparation conditions of dietary fiber from citrus by microwave chemical method and its characteristics were studied. The optimal conditions of microwave-NaOH method are microwave output power 750 W, NaOH concentration 0.06 mol/L, boiling time 150s and ratio of material to liquid 1:60. Results of analysis of variance showed that the effect of concentration of NaOH is the most marked, and ratio of material to liquid takes the second place, but the effects of microwave output power and time are not significant.

**Key words:** citrus; dietary fiber; microwave chemical method; quality

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2008)08-0155-03

柑橘产量世界第一, 在世界农产品贸易额中排列第三。世界柑桔产量的 40% 左右用于加工, 近年来, 国内许多学者对柑橘类皮渣的综合利用做过许多探索和尝试, 但柑橘类皮渣的综合利用开发仍缺乏系统性和与产销发展相配套的战略。

近年来, 微波技术以其促进反应的高效性和强选择性、操作简便、副产物少、产率高及产物易于提纯等优点已被广泛应用生化蛋白质水解、有机合成、酯化等反应中。有关膳食纤维的制备方法, 已有许多文献报道, 工业化生产也有较大的规模, 主要是酸解法, 利用强酸在一定温度下作较长时间处理而制得。但是应用微波技术提取柑橘膳食纤维(DF)的应用较少。本实验旨在采用微波加热结合酸碱溶液提取制备柑橘膳食纤维, 期望提高水溶性膳食纤维(SDF)的含量<sup>[1]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料、试剂与仪器

甜橙皮渣由中国农科院柑桔研究所加工课题组提供。

盐酸 汕头市西陇化工厂; 氢氧化钠 重庆川东化工集团有限公司; 食用乙醇(95%) 北碚酒精厂。

WD900TL23-2机械烧烤微波炉 广东格兰仕集团有限公司; CS1012 鼓风干燥恒温箱 重庆实验设备厂; 粉碎机; MR301 磁力搅拌器; 分样筛 上虞县仪器沙筛厂; 酶解消化器、CSF6 抽滤器 意大利 VELP 公司。

### 1.2 方法

基本工艺: 皮渣 60 烘干 24h 粉碎过 40 目筛水解(盐酸、氢氧化钠、纤维素酶和蜗牛酶水溶液)食用乙醇沉淀 抽滤 100 烘至恒重 粉碎过 60 目筛成分及性质测定。

根据文献[2], 确定对试验影响较大的因素为加热时间、输出功率、水解液(盐酸、氢氧化钠、纤维素酶和蜗牛酶的水溶液)浓度、料液比以及酶的作用温度。首先确定各单因素对指标 SDF/TDF(总膳食纤维)的影响程度, 进而确定进行正交试验的因素水平范围后进

收稿日期: 2008-04-25

作者简介: 王华(1963-), 男, 副研究员, 硕士, 研究方向为柑橘贮藏与加工。E-mail: wanghua40@126.com

行正交试验。

## 2 结果与分析

### 2.1 微波 - 化学方法单因素试验

#### 2.1.1 加热时间对 SDF/TDF 的影响

在微波炉输出功率为 550W、水解液浓度为 0.04mol/L, 物料与盐酸的体积比(以下简称料液比)为 1:20 等各因素参数固定的条件下, 加热沸腾后维持时间分别为 30、60、90、120、150、180、210、240s, 得到膳食纤维后测定总膳食纤维(TDF)、不可溶性膳食纤维(IDF)、水溶性膳食纤维(SDF)的含量, 并计算 SDF/TDF(%), 其影响趋势曲线如图 1 所示。由图 1 可以看出, 碱液比酸液对 SDF/TDF 的影响大, 随着沸腾时间的加长, 比值逐渐加大, 在 120s 时, 碱解比值基本达到最大, 但酸解比值继续增大, 在加热 180s 时二者同时达到最大, 继续加热其比值均开始减小。

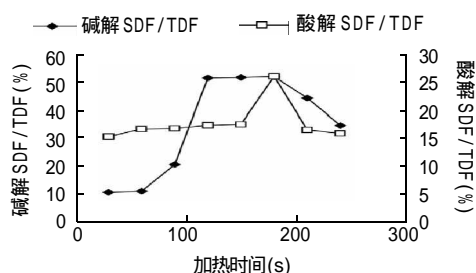


图 1 微波加热时间对 SDF/TDF 的影响

Fig.1 Effects of microwave time on SDF/TDF

#### 2.1.2 微波输出功率对 SDF/TDF 的影响

在加热时间为 180s、盐酸浓度为 0.04mol/L、料液比为 1:20 的条件下, 输出功率分别为 250、350、450、550、650、750W, 得到膳食纤维后测定 TDF、IDF、SDF 的含量, 其 SDF/TDF 影响趋势曲线如图 2 所示。从图 2 可以看出, 输出功率对两种工艺的影响趋势相同, 随着输出功率的加大, SDF/TDF 逐渐加大, 增加到一定值后增加幅度则逐渐减小。

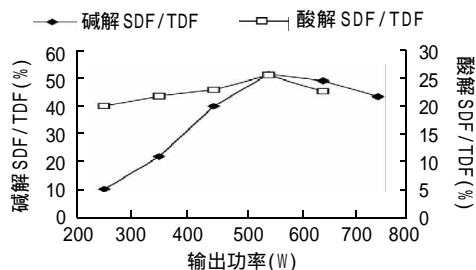


图 2 微波输出功率对 SDF/TDF 的影响

Fig.2 Effects of microwave power on SDF/TDF

#### 2.1.3 料液比对 SDF/TDF 的影响

在加热时间为 180s, 输出功率为 550W、水解液浓

度为 0.08mol/L 的条件下, 料液比分别为 1:15、1:20、1:30、1:40、1:50、1:60, 得到 TDF 后测定 IDF、SDF 的含量, 其对 SDF/TDF 影响趋势曲线如图 3 所示。从图 3 可以看出, 在盐酸溶液比较少的环境下由于反应体积较少, 溶液沸腾快速, 导致膳食纤维中的一些杂质没有被彻底清除, 从而使 SDF 所占的比例减少, 但是随着体积的增加, SF/TDF 比值在料液比为 1:20 时达到最大后转而减小。随着碱液体积的增大, SDF/TDF 比值逐渐增大, 在料液比达到 1:50 时, 比值基本固定。

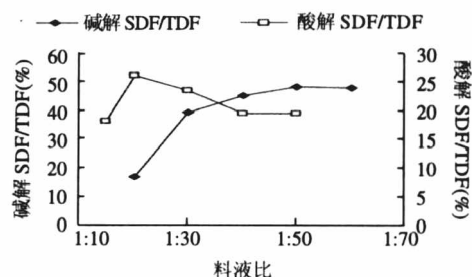


图 3 料液比对 SDF/TDF 的影响

Fig.3 Effects of material-solution ratio on SDF/TDF

#### 2.1.4 水解液浓度对膳食纤维得率影响

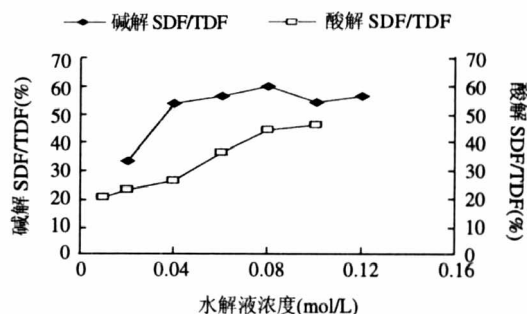


图 4 水解液浓度对 SDF/TDF 的影响

Fig.4 Effects of hydrolysate concentration on SDF/TDF

在加热时间为 180s、输出功率为 550W、料液比为 1:20 的条件下, 盐酸浓度分别为 0.01、0.02、0.04、0.06、0.08、0.1mol/L, 碱液浓度分别为 0.02、0.04、0.06、0.08、0.1、0.12mol/L 条件下得到膳食纤维后测定 TDF、IDF、SDF 的含量, 其影响趋势曲线如图 4 所示。由图 4 可以看出水解液浓度越大, SDF/TDF 也越大, 增大到一定值后增加趋势逐渐减小。但实验过程中发现酸解得到的 TDF 颜色也随着浓度的增大而加深, 盐酸浓度为 0.1mol/L 时得到的 TDF 为暗红色, 且质地较硬, 难于粉碎, 而采用碱液水解对颜色的影响则较小。

### 2.2 微波 - 化学方法正交试验分析

通过上述单因素试验确定进行正交试验的因素水平如表 1 所示, 据此进行试验, 将数据进行分析, 分析结果及过程如表 2~5 所示。

表1 柑橘膳食纤维制备工艺正交试验因素及水平

Table 1 Factors and their levels of orthogonal test for preparation of citrus DF

因素及水平	A 输出功率 (W)	B 酸、碱浓度 (mol/L)	C 加热时间 (s)	D 料液比
酸法	1	450	0.02	120
	2	550	0.04	150
	3	650	0.06	180
	4	750	0.08	210
碱法	1	450	0.02	120
	2	550	0.04	150
	3	650	0.06	180
	4	750	0.08	210

表2 微波-酸解制备膳食纤维正交试验结果

Table 2 Results of orthogonal test for preparation of citrus DF by microwave-assisted acid extraction

试验号	A	B	C	D	空列	SDF/TDF (%)	颜色
1	1	1	1	1	1	30.5701	土黄色
2	1	2	2	2	2	39.7639	暗黄色
3	1	3	3	3	3	47.5335	黑色
4	1	4	4	4	4	50.0851	黑色
5	2	1	2	3	4	44.5582	黑黄色
6	2	2	1	4	3	55.9762	土黄色
7	2	3	4	1	2	56.9704	淡黄色
8	2	4	3	2	1	42.2925	黑色
9	3	1	3	4	2	32.1946	黄褐色
10	3	2	4	3	1	44.0591	黑色
11	3	3	1	2	4	38.8136	黑色
12	3	4	2	1	3	35.8665	褐黄色
13	4	1	4	2	3	39.0403	淡黄色
14	4	2	3	1	4	34.5233	土黄色
15	4	3	2	4	1	48.2705	黑色
16	4	4	1	3	2	40.9711	黑色
K <sub>1</sub>	167.953	146.363	166.331	157.93	165.192		
K <sub>2</sub>	199.797	174.323	168.459	159.91	169.9		
K <sub>3</sub>	150.934	191.588	156.544	177.122	178.146		
K <sub>4</sub>	162.805	169.215	190.155	186.526	167.98		
k <sub>1</sub>	41.9881	36.5908	41.5828	39.4826	41.2980		
k <sub>2</sub>	49.9493	43.5806	42.1148	39.9776	42.4750		
k <sub>3</sub>	37.7334	47.8970	39.1359	44.2804	44.604		
k <sub>4</sub>	40.7013	42.3037	47.5387	46.6315	41.995		
R	12.2158	11.3062	8.4027	7.14899	3.3060		

表3 微波-酸解制备柑橘膳食纤维正交试验方差分析表

Table 3 Variance analysis of results of orthogonal test for preparation of citrus DF by microwave-assisted acid extraction

变异来源	SS	df	M S	F	F
A(输出功率)	326.7002	3	108.9001	13.4047*	
B(盐酸浓度)	260.8731	3	86.9577	10.7038*	
C(加热时间)	150.6413	3	50.2137	6.1809	F <sub>0.05(3,3)</sub>
D(料液比)	142.6905	3	47.5635	5.8547	
误差	24.37199	3	8.1239		
总变异	905.2772	15			

## 3 结 论

由表1~5可以看出,采用微波-盐酸工艺制备柑橘

表4 微波-碱法制备柑橘膳食纤维正交试验结果

Table 4 Results of orthogonal test for preparation of citrus DF by microwave-assisted alkalic extraction

试验号	A	B	C	D	空列	SDF/TDF (%)	颜色
1	1	1	1	1	1	23.1864	土黄色
2	1	2	2	2	2	50.9372	土黄色
3	1	3	3	3	3	56.7792	绛红色
4	1	4	4	4	4	59.3648	黑色
5	2	1	2	3	4	31.5987	淡黄色
6	2	2	1	4	3	65.0693	绛红色
7	2	3	4	1	2	41.2569	暗红色
8	2	4	3	2	1	57.6523	黑色
9	3	1	3	4	2	54.6879	土黄色
10	3	2	4	3	1	56.4002	土黄色
11	3	3	1	2	4	61.035	绛红色
12	3	4	2	1	3	62.3598	黑色
13	4	1	4	2	3	24.5634	土黄色
14	4	2	3	1	4	43.6569	暗红色
15	4	3	2	4	1	66.7149	暗红色
16	4	4	1	3	2	61.2860	黑色
K <sub>1</sub>	190.2676	134.0364	210.5766	170.4601	203.9537		
K <sub>2</sub>	195.5772	216.0636	211.6106	194.1879	208.168		
K <sub>3</sub>	234.4829	225.786	212.7764	206.064	208.7717		
K <sub>4</sub>	196.2212	240.6629	181.5853	245.8369	195.6555		
k <sub>1</sub>	47.5669	33.5091	52.6442	42.6150	50.9884		
k <sub>2</sub>	48.8943	54.0159	52.9026	48.5469	52.0419		
k <sub>3</sub>	58.6207	56.4465	53.1941	51.5160	52.1929		
k <sub>4</sub>	49.0553	60.1657	45.3963	61.4592	48.9139		
R	11.0538	26.6566	7.7978	18.8442	3.2791		

表5 微波-碱法制备柑橘膳食纤维正交试验方差分析表

Table 5 Variance analysis of results of orthogonal test for preparation of citrus DF by microwave-assisted alkali extraction

变异来源	SS	df	M S	F	F
A(输出功率)	312.2911	3	104.097	11.38722*	
B(氢氧化钠浓度)	1714.791	3	571.5969	62.52725**	F <sub>0.01(3,3)</sub> =29.46
C(加热时间)	170.1356	3	56.71187	6.203738	F <sub>0.05(3,3)</sub> =9.28
D(料液比)	743.9284	3	247.9761	27.12623*	
误差	27.42469	3	9.14156		
总变异	905.2772	15			

膳食纤维的最佳工艺组合为A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>4</sub>D<sub>1</sub>,即输出功率550W、盐酸浓度0.06mol/L、加热后沸腾时间210s、料液比为1:20。影响程度由大到小依次为A>B>C>D,通过方差分析看出输出功率和盐酸浓度对试验的影响显著,加热时间和料液比则影响不显著。而采用微波-氢氧化钠工艺制备柑橘膳食纤维的最佳工艺组合为A<sub>4</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>D<sub>4</sub>,即输出功率750W、氢氧化钠浓度0.06mol/L、加热后沸腾时间150s、料液比为1:60。影响程度由大到小依次为B>D>A>C,通过方差分析看出氢氧化钠浓度对试验的影响较显著,料液比影响一般显著,而加热时间和输出功率则影响不显著。

## 参考文献:

- [1] 郑建仙. 功能性膳食纤维[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 7-8.
- [2] 祝渊. 柑橘果实膳食纤维研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2003: 28-35.