

微波和超声两种技术提取大豆低聚糖的效果

刘立洋¹, 金龙国², 刘章雄², 郝再彬¹, 常汝镇², 邱丽娟²

(¹ 东北农业大学生命科学学院, 黑龙江 哈尔滨, 150000; ² 中国农业科学院作物科学研究所, 国家农作物基因资源与遗传改良重大科学工程, 农业部作物种质资源与生物技术重点开放实验室, 北京 100081)

摘要:以大豆品种合丰23为材料,用高效液相色谱(HPLC)检测微波和超声两种技术提取的大豆低聚糖(水苏糖、绵子糖和蔗糖)的效果,旨在筛选和建立大豆低聚糖的最佳检测方法,为大豆低聚糖的含量检测提供依据。用水苏糖、绵子糖和蔗糖的标准品对12种流动相和3种检测温度进行比较分析,筛选出高效液相色谱(HPLC)的最佳检测条件(乙腈:水=60:40,温度35℃)。微波法提取大豆低聚糖,采用正交试验,选取4因素3水平按正交表 $L_9(3^4)$ 进行试验,结果表明:最佳提取条件为70%乙醇溶液,1:10溶解,高火,2 min。超声法提取大豆低聚糖,选取4因素4水平按正交表 $L_{16}(4^4)$ 进行试验,选出最佳条件,在此基础上选择4个料液比例进行单因素试验,结果表明:超声法的最佳提取条件为75%乙醇溶液,1:10溶解,40 KHz,60℃,超声1.5 h。在最佳提取条件下,微波技术和超声技术提取低聚糖的总糖浓度分别为11.48%和7.70%,表明微波技术比超声技术提取大豆低聚糖的效率高、效果好,且节省有机溶剂、方法简单。建立了基于微波提取的HPLC法对大豆低聚糖含量的高效检测方法,为开展大豆种质资源筛选和大豆育种提供了技术支撑。

关键词:大豆低聚糖;超声;微波;正交试验;高效液相色谱

中图分类号:S565.1;Q532

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2008)05-0838-07

Extraction of Soybean Oligosaccharides by Microwave and Ultrasonic Technique

LIU Li-yang¹, JIN Long-guo², LIU Zhang-Xiong², HAO Zai-bin¹, CHANG Ru-zhen², QIU Li-juan²

(¹ Life Science College of Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang; ² The National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement (NFCRI) / Key Laboratory of Germplasm & Biotechnology (MOA), Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, 100081 Beijing, China)

Abstract: To investigate the extraction efficiency of soybean oligosaccharides by microwave and ultrasonic and provide experimental evidence for further soybean oligosaccharides extraction. The orthogonal experimental design is used to compare the extraction efficiency of microwave and ultrasonic extraction. The microwave extraction selected orthogonal experimental table $L_9(3^4)$ and the optimization condition was 70% ethanol, the ratio of material to solvent 1:10, high power, 2 minutes. The ultrasonic extraction selected orthogonal experimental table $L_{16}(4^4)$ and the optimization condition is 75% ethanol, the ratio of material to solvent 1:10, 40 KHz, 60℃, 1.5 hours. HPLC was used to measure the extraction efficiency. The optimization condition selected by standard substance stachyose, raffinose and sucrose were mobile phase acetonitrile: water (60:40), temperature 35℃, velocity of flow 1.0 mL·min⁻¹. The results indicate the efficiency and effect of extraction by microwave are both better than that of extraction by ultrasonic and the microwave extraction method is a simple, easy-to-use and suitable method for soybean oligosaccharides extraction.

Key words: Soybean oligosaccharides; Microwave; ultrasonic; Orthogonal experiments; HPLC

大豆低聚糖(Soybean oligosaccharides)是大豆籽粒中可溶性低聚糖的总称,主要成分有水苏糖(stachyose)、绵子糖(raffinose)和蔗糖(sucrose)

等^[1]。大豆低聚糖具有促进肠道内双歧杆菌增殖、通便洁肠、降低血清胆固醇和保护肝脏等生理功能。因此,在有关食品中加入大豆低聚糖对促进人体健

收稿日期:2008-04-07

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAD13B05);国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2006AA10A110, 2006AA100104)。

作者简介:刘立洋(1979-),女,硕士研究生,研究方向为大豆分子遗传学。

通讯作者:邱丽娟,研究员,博士生导师。E-mail: qiu_lijuan@263.net。

康具有重要意义^[2-3]。

大豆低聚糖在大豆中的含量较低,约占 10% 左右,其中含水苏糖 4%、绵子糖 1%、蔗糖 5%^[4]。这些有生理活性的物质,在制备过程中容易丧失活性。因此,选择快速、准确的提取及测定方法是目前研究开发大豆低聚糖急需解决的关键问题。目前大豆低聚糖提取方法较多,工业上主要采用传统的碱提酸沉、水浸提法和膜分离技术,但水浸取效率低,小于 5%;碱液浸取时间又太长,大多在 1.5 h 左右;膜技术设备投资大、工艺较复杂,都不是理想的提取方法^[5-8]。近年来,以超声和微波为代表的新的提取技术得到越来越广泛的应用。其中,微波技术自 20 世纪 80 年代以来已广泛应用于化学领域,具有受热均匀、快速、高效、安全、节能等优点^[9-10]。在试验室中已经完成了香料、调味品、天然色素、中草药、化妆品、保健食品、饮料制剂等产品微波萃取工艺的研究。目前微波提取已经用于多项天然物的浸提生产线之中,如大蒜、茶叶、银杏和甘草等的提取^[11-12]。超声波提取技术则可以明显降低提取温度、缩短提取时间、提高提取产量、便于产品纯化,且不影响提取产物的结构和理化性质,因此避免了提取物在长时间、高温条件下发生降解、褪色等变化^[13-15]。目前超声波提取已广泛应用于工业、农业、医药、卫生、国防等多个领域,尤其在提取中草药成份方面取得了较大进展。我国关于大豆低聚糖的提取报道集中在碱液提取、乙醇提取、微波提取、膜技术以及酶技术等多种方法。

以大豆品种合丰 23 为试验材料,用 HPLC 检测用微波法和超声法提取低聚糖的提取效果,旨在建立一种快速、高效提取大豆低聚糖的方法,为大豆品种检测及优质育种提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

大豆样品合丰 23。

1.2 主要试剂

低聚糖标准品(绵子糖、水苏糖、蔗糖),Sigma 公司购买;乙醇(分析纯),北京化工厂购买;乙腈(色谱纯),Fisher Scientific 公司购买。

1.3 主要仪器

超声变频清洗机 GA-3200DTS,无锡上佳生物科技有限公司;微波炉 MHR-02,青岛迈可威微波应用技术有限公司;高效液相色谱 Agilent 1100,安捷

伦科技有限公司;示差折光检测器 RI 2000,Labindex 仪器有限公司;十万分之一天平 AB 135-S,梅特勒-托利多仪器有限公司。

1.4 试验方法

1.4.1 提取方法 选用超声和微波两种提取方法,对大豆低聚糖的提取效果进行了比较。

超声法:

豆子→研磨粉碎→称取一定质量→加乙醇溶液溶解→超声提取→离心→上清液过滤→定容。

需要注意的有:(1)被测试品种粉碎后粒度要达到 100 目,粒度太小不利于提取,太大则易被空气氧化;(2)称取时需用十万分之一天平精密称定;(3)溶解时稍加震荡,使豆粉与乙醇溶液充分接触;(4)离心时转速 4 000 r·min⁻¹,时间 10 min;(5)过滤时选用滤膜孔径为 0.45 μm。

微波法:

豆子→研磨粉碎→称取一定质量→加乙醇溶液溶解→微波提取→离心→上清液过滤→定容。

注意事项与超声法相同。

1.4.2 试验设计 超声提取的正交试验选用 L₁₆(4⁴)正交表,设提取液浓度、提取温度、超声时间和超声频率共 4 个因素,前 3 个因素分别选择 4 个水平,后 1 个因素根据仪器条件选取 2 个水平进行,共 16 个处理(表 1)。

表 1 超声提取正交试验设计表
Table 1 Design of orthogonal test about ultrasonic extraction

	A	B	C	D
水平 level	提取液浓度 Liquor's concentration by distill/%	超声频率 Ultrasonic frequency/Hz	超声时间 Ultrasonic time/h	超声温度 Ultrasonic temperature/℃
1	70	40	0.5	60
2	75	59	1.0	65
3	80	40	1.5	70
4	85	59	2.0	75

微波提取的正交试验选用 L₉(3⁴)正交表,设提取液浓度、处理时间、微波功率、料液比共 4 个因素,每个因素选取 3 个水平,共 9 个处理(表 2)。

超声提取的料液比试验设 1:10、1:12、1:15、1:20 共 4 个料液比例,在正交试验得到的最佳提取液浓度、提取温度、超声时间以及超声频率条件下进行了 4 次单因素试验。

1.4.3 检测方法 利用高效液相色谱进行含量检测^[16-17],试验用色谱柱为 Kromasil 进口原装氨基柱。

表2 微波提取正交试验设计表

Table 2 Design of orthogonal test about microwave extraction

	A	B	C	D
水平 level	微波功率 Microwave power	处理时间 Extraction time/min	料液比 Ratio of material to solvent	乙醇液浓度 Concentration of ethanol/%
1	中火 Middle power	2	1:10	70
2	中高火 M-high power	4	1:12	75
3	高火 High power	6	1:15	80

流动相比比例的确定。在检测温度 35℃,流速 1.0 mL·min⁻¹,检测 3 种成分的标准品在混合液中浓度均为 2.0 mg·mL⁻¹,每次进样 10 μL 的条件下,将乙腈、水的比例依次配成 80:20、75:5、

70:30、68:32、67:33、66:34、65:35、64:36、63:37、60:40、59:41、58:42 共 12 种分别进行试验。根据试验结果选取效果最好的一组作为本次试验的流动相比比例。

检测温度(柱温)的确定。在流动相为乙腈:水 60:40,流速 1.0 mL·min⁻¹,检测标准品混合液均为 2.0 mL·min⁻¹,每次进样 10 μL 条件下,选择 35℃,40℃,45℃分别进行试验。根据结果选取效果最好的一组作为本次试验的检测温度。

2 结果与分析

2.1 正交法确定提取的条件

2.1.1 超声提取条件的确立 每次试验得到的样品用 HPLC 检测 2 次,分别记录蔗糖、绵子糖、水苏糖 3 种成份的峰面积值,加和后取其平均值。正交试验表及结果见表 3。

表3 超声提取正交试验结果

Table 3 Results of orthogonal test about ultrasonic extraction

试验号 Sequence number	A	B	C	D	三成份峰面积和 Sum of three elements' peak area/mv
1	1	1	1	1	1279053.57
2	1	2	2	2	858373.79
3	1	3	3	3	875759.81
4	1	4	4	4	872451.87
5	2	1	2	3	1397045.50
6	2	2	1	4	463496.14
7	2	3	4	1	1147190.09
8	2	4	3	2	1366543.56
9	3	1	3	4	1030968.34
10	3	2	4	3	404772.57
11	3	3	1	2	815681.14
12	3	4	2	1	760560.98
13	4	1	4	2	603365.67
14	4	2	3	1	574191.55
15	4	3	2	4	717188.75
16	4	4	1	3	655008.24
K ₁	3885639.04	4310433.09	3213239.09	3760996.19	
K ₂	4374275.28	2300834.05	3733169.02	3643964.15	
K ₃	3011983.04	3555819.78	3847463.25	3332586.12	
K ₄	2549754.21	3654564.65	3027780.19	3084105.10	
优化条件 Optimize	A ₂	B ₁	C ₃	D ₁	
极差 R	1824521.07	2009599.04	819683.06	117032.04	
主次顺序 Primary and secondary	B>A>C>D				

从表3中可以看出:各因素影响程度的主次顺序为超声频率>提取液浓度>超声时间>超声温度。说明超声频率对提取影响较大,而超声温度的影响较小。通过极差分析得出的最佳提取条件为 A2B1C3D1,即 75%乙醇溶液溶解,频率 40 KHz,超声温度 60℃、超声

时间 1.5 h。由于该组合不在正交试验预设的 16 个试验组合中,按照此条件重新进行提取,得到大豆低聚糖三成份峰面积和为 1423517.89。结果优于正交试验各组合结果,证明此条件为超声提取最佳条件,因此确定此条件为本次试验的条件。

2.1.2 微波提取试验条件的确立 每个处理得到的 3 种成份的峰面积值,加和后取其平均值。正交试验表
样品用 HPLC 检测 2 次,分别记录蔗糖、绵子糖、水苏糖 及得到的数据见表 4。

表 4 微波提取正交试验结果

Table 4 Results of orthogonal test about microwave extraction					
试验号 Sequence number	A	B	C	D	三成份峰面积和 Sum of three elements' peak area/mv
1	1	1	1	1	862725.58
2	1	2	2	2	450177.19
3	1	3	3	3	353108.99
4	2	1	2	3	366045.88
5	2	2	3	1	439724.08
6	2	3	1	2	714764.45
7	3	1	3	2	495566.24
8	3	2	1	3	687785.24
9	3	3	2	1	523724.44
K ₁	1666011.76	1724337.70	2265275.27	1826174.10	
K ₂	1520534.40	1577686.51	1339947.51	1660507.88	
K ₃	1707075.92	1591597.87	1288399.31	1406940.10	
优化条件 Optimize	A ₃	B ₁	C ₁	D ₁	
极差 R	186541.52	146651.19	976875.96	419233.99	
主次顺序 Primary and secondary	C > D > A > B				

从表 4 中可以看出:各因素影响程度的主次顺序为料液比 > 提取液浓度 > 微波功率 > 处理时间。说明试验中料液比对提取影响较大,而处理时间的影响较小。通过极差分析得出的最佳提取条件为 A3B1C1D1,即 70% 乙醇溶液,1:10 溶解,高火,2 min,由于该组合不在正交试验预设的 16 个试验组合中,按照此条件进行提取,得到大豆低聚糖三成份峰面积和为 905362.78。结果优于正交试验各组合结果,证明此条件为微波提取最佳试验条件,因此确定此条件为试验条件。

2.2 超声提取料液比的确定

每个比例的样品溶液进 3 针,分别记录 3 种成份的峰面积,加和取其平均值,数据见表 5。由结果可以明显看出:随着提取液体积的增加,低聚糖 3 种成份的含量均呈下降趋势。因此选择 1:10 的料液比试验条件。

2.3 高效液相色谱(HPLC)分析条件的选择

2.3.1 流动相比比例的确定 流动相比比例的结果见表 6。从表中可以看出,随着流动相中乙腈比例的减少,大豆低聚糖 3 种组分的保留时间均缩短,蔗糖和绵子糖在流动相比比例为 65:35 时理论塔板数最高即柱效最高,水苏糖则在流动相比比例为 64:36 时柱效最高,而 3 种成份在比例为 68:2 到 60:40 之间都有较理想的柱效(理论塔板数大于 6 000)。在保证柱效的前提下,尽量

缩短检测时间,因此选择乙腈:水60:40作为检测低聚糖的流动相。

表 5 超声提取料液比试验结果

Table 5 Results of different ratio of material to solvent on ultrasonic extraction				
峰面积 Peak area	料液比 Ratio of material to solvent			
	1:10	1:12	1:15	1:20
蔗 糖 Sucrose	664928.70	528449.85	370972.47	307258.73
绵子糖 Raffinose	41146.17	30276.97	21802.62	19428.25
水苏糖 Stachyose	254651.74	205782.50	155956.94	145586.03

2.3.2 检测温度的确定 检测温度的结果见表 7。由表中可以看出,随着温度的升高,大豆低聚糖 3 种成份的保留时间均缩短,柱效均呈下降趋势。在乙腈:水 60:40 的比例下,大豆低聚糖 3 种成份的检测时间已经很短(10 min 内),因此优先考虑柱效因素,选择 35℃ 作为检测温度。

2.3.3 标准曲线的测定 以已确定的最佳条件流动相乙腈:水 60:40,柱温 35℃,流速 1.0 mL·min⁻¹作为检测条件。

表 6 流动相比例试验结果

Table 6 Results of different ratio of mobile phase's experiment

流动相比例 Ratio of mobile phase	蔗 糖 Sucrose		绵子糖 Raffinose		水苏糖 Stachyose	
	保留时间	理论塔板数	保留时间	理论塔板数	保留时间	理论塔板数
	Retention time/min	Theoretical plate	Retention time/min	Theoretical plate	Retention time/min	Theoretical plate
75:25	12.83	6231.37	26.00	2684.43	55.53	2916.22
70:30	8.53	7858.81	13.97	3374.96	23.70	2292.25
68:32	7.46	7890.74	11.40	6889.05	18.07	6194.77
67:33	7.28	7955.71	10.93	7036.18	17.00	6604.44
66:34	6.71	8116.47	9.84	7327.68	15.07	6903.18
65:35	6.70	8241.11	9.70	7409.89	14.53	6926.52
64:36	6.14	8004.15	8.49	7230.85	12.14	7231.79
63:37	6.08	7991.08	8.36	7208.57	11.91	6861.21
60:40	5.32	7822.43	6.92	6986.92	9.07	6659.50
59:41	5.10	5285.13	6.81	5614.46	8.96	5896.46
58:42	4.90	962.24	6.02	3823.42	7.58	4357.47
55:45	4.82	654.93	5.82	2309.56	7.20	3743.39

表 7 检测温度结果

Table 7 Results of different column-temperature's experiment

柱 温 Temperature/℃	蔗 糖 Sucrose		绵子糖 Raffinose		水苏糖 Stachyose	
	保留时间	理论塔板数	保留时间	理论塔板数	保留时间	理论塔板数
	Retention time/min	Theoretical plate	Retention time/min	Theoretical plate	Retention time/min	Theoretical plate
35	5.48	7842.20	7.11	7034.26	9.50	6666.78
40	5.38	7793.85	6.93	7000.29	9.23	6639.46
45	5.26	7774.11	6.75	6867.67	8.94	6486.42

水苏糖:分别称取水苏糖标准品 4.97、7.53、9.99、12.50、14.98 mg 于 5 个 5 mL 的容量瓶中,加流动相溶解并定容至刻度。当基线平衡后,分别进配制好浓度的水苏糖标准品,每个浓度至少 3 针,记录其峰面积,挑选数值最接近的两组数据按外标法计算,得到水苏糖的标准曲线: $y = ax + b$; $a = 5.76E-005$; $b = 3.47E-001$; $R = 0.9997$ 。

绵子糖:分别称取绵子糖标准品 4.99、7.49、10.00、12.49、15.00 mg 于 5 个 5 mL 的容量瓶中,加流动相溶解并定容至刻度。当基线平衡后,分别进配制好浓度的绵子糖标准品,每个浓度至少 3 针,记录其峰面积,挑选数值最接近的两组数据按外标法计算,得到绵子糖的标准曲线: $y = ax + b$; $a = 6.07E-005$; $b = 5.06E-001$; $R = 0.9996$ 。

蔗糖:分别称取蔗糖标准品 1.00、1.51、2.00、2.52、

3.01 mg 于 5 个 1 mL 的容量瓶中,加流动相溶解并定容至刻度。当基线平衡后,分别进配制好浓度的蔗糖标准品,每个浓度至少 3 针,记录其峰面积,挑选数值最接近的两组数据按外标法计算,得到蔗糖的标准曲线: $y = ax + b$; $a = 1.06E-005$; $b = 1.80E-002$; $R = 0.9996$ 。

结果可知:在 1.0 ~ 3.0 mg · mL⁻¹ 的范围内蔗糖、绵子糖、水苏糖的浓度和峰面积都呈线性关系,相关性良好,可用于外标法进行定量测定。

2.3.4 精密度分析 称过 100 目筛的合丰 23 豆粉 0.4999 g,70% 乙醇溶液 5 mL 溶解,微波炉高火处理 2 min,4 500 r · min⁻¹ 离心 10 min,上清液过 0.45 μm 滤膜后进样,每针 10 μL。连续进 6 针,记录各成份峰面积,计算相对标准偏差(RSD 值),结果见表 8。

表 8 精密度试验结果
Table 8 Results of precision

成份 Ingredient	峰面积 Sum of peak area						RSD/%
蔗糖 Sucrose	335471.44	336544.00	337833.59	338505.16	338811.00	338707.31	0.40
绵子糖 Raffinose	34665.13	34448.37	34545.54	34577.87	34445.64	34376.58	0.31
水苏糖 Stachyose	164291.22	164320.42	164546.17	164683.69	164421.42	164543.06	0.09

由表 8 数据可知,3 种成份的相对标准偏差均小于 2.0%,说明使用的高效液相色谱仪的精密度良好,可以为试验提供准确数据。

2.3.5 重复性分析 按照与精密度相同的条件称取 6

表 9 重复性试验结果
Table 9 Results of repeatability

成份 Ingredient	峰面积 Sum of peak area						RSD/%
蔗糖 Sucrose	605335.19	611783.44	617704.69	613332.12	620109.94	619425.56	0.92
绵子糖 Raffinose	57325.81	57046.75	57050.73	57268.20	57093.48	57444.83	0.29
水苏糖 Stachyose	238874.28	239483.53	242613.47	239412.12	239349.52	239239.89	0.58

由表中数据可知,3 种成份的相对标准偏差均小于 2.0%,说明已知浓度的低聚糖经多次测定,含量的重现性好,即试验的重复性良好。

2.3.6 加样回收率分析 按照与精密度相同的试验条件,称取合丰 23 豆粉 0.4999 g,70%乙醇溶液 10 mL 溶解,经微波处理后,分别取 3 份 1 mL 的该提取液,分别向其中加入精密称定的蔗糖、绵子糖、水苏糖 3 种标准品 0.50 mg,0.70 mg 1.0 mg。分别计算原液和加样后 3 份溶液的蔗糖、绵子糖、水苏糖含量,与试际称样量比较,重复 3 次,计算各浓度各成分的 RSD 值,结果见表 10。

表 10 加样回收率测定结果
Table 6 Results of recovery mensuration

加入对照品量 Quantity of added contrast /mg	组 份 Ingredients	平均回收率 Average recovery/%	相对标准偏差 The relative standard deviation/%
0.50	蔗糖 Sucrose	100.44	0.61
	绵子糖 Raffinose	99.80	0.42
	水苏糖 Stachyose	100.38	1.49
0.70	蔗糖 Sucrose	100.97	1.11
	绵子糖 Raffinose	99.87	0.36
	水苏糖 Stachyose	100.04	0.46
1.00	蔗糖 Sucrose	100.29	0.64
	绵子糖 Raffinose	100.56	0.94
	水苏糖 Stachyose	100.23	0.55

回收率试验数据表明,低聚糖 3 种成份的回收率均达到 99% 以上,相对标准偏差小于 2.0%,说明试验建立的方法测定结果可靠。

份 0.4999 g 豆粉,70%乙醇溶液 5 mL 溶解后进行微波提取。每份样品进 1 针,记录各成分峰面积,计算 RSD 值,结果见表 9。

3 结论与讨论

超声的最佳提取条件为 75%乙醇溶液,1:10 溶解,40 KHz,60℃,超声 1.5 h;微波的最佳提取条件为 70%乙醇溶液,1:10 溶解,高火,2 min。微波提取和超声提取的最佳料液比均为 1:10,比传统醇提大豆低聚糖时 1:15 的比例低,一方面原因可能是两种提取都是包括热效应在内的几种效应的合力,加强了提取效果,另一方面提取液被密闭在离心管中,因此减少了提取液蒸发、挥发的损失。超声提取的提取液最佳浓度为 75%,比微波提取浓度(70%)高了 5%,这可能是乙醇含量越低溶液极性越大,而微波只作用于有极性的物质。需要注意的是,乙醇的含量不可过低,因为太低就降低了对细胞的穿透力,反而会影响提取效率;在最佳处理时间方面,微波提取技术需要 2 min,而超声提取技术则需要 1.5 h,差距悬殊。

在两种提取方法同时采用最佳条件的情况下,得到的提取液低聚糖总糖浓度微波为 11.48%,超声为 7.70%,即微波提取的低聚糖提取液浓度比超声的高出 3.78%,提取时间却减少了 88 min,也就是说对于提取大豆低聚糖,不论从提取效率还是提取效果,微波法均优于超声法。

采用的微波和超声发生设备均为常用仪器,操作简单、价格便宜,提取方法快速、简便,易于重复、推广。另外,采用微波提取法更有效地减少了有机溶剂的用量。这是因为传统的溶剂提取法是根据天然植物中各种成分在溶剂中的溶解性质,选用对活

性成分溶解度大、对不需要溶出成分溶解度小的溶剂,将有效成分从物料组织内溶解出来的方法。但植物中的有效成分大都存在于植物细胞中,植物的细胞壁和原生质膜严重的阻碍了它们的渗出,这既是传统方法提取效率低的原因也是微波方法的优势所在。因为微波提取的原理是细胞吸收了穿透萃取介质、到达物料内部维管束和腺胞系统的高频电磁波即微波的能量后,温度迅速上升,内部压力超过细胞壁膨胀承受能力,细胞破裂,内部有效成分流出,在较低的温度条件下被提取介质捕获并溶解。这一过程排除了细胞壁和膜的影响,从而提高了提取效率^[18-20]。

参考文献

- [1] 葛文光. 大豆低聚糖的生理特性与在食品中的应用[J]. 食品科学, 1989, 9: 23. (Ge W G. The physiological characteristic and application in food of soybean oligosaccharides [J]. Food Science, 1989, 9: 23.)
- [2] 刘祥, 余倩, 裴晓芳, 等. 大豆低聚糖对肠道菌群结构调节的研究[J]. 中国微生态学杂志, 2003, 1: 10-13. (Liu X, Yu Q, Pei X F, et al. A study on the modulation functions of shansong soybean oligosaccharide on the structure of intestinal flora [J]. Chinese Journal of Microecology, 2003, 1: 10-13.)
- [3] 王素敏, 刘福英, 徐增年, 等. 大豆低聚糖对大鼠血脂和抗氧化作用的影响[J]. 营养学报, 1997, 19(4): 468-469. (Wang S M, Liu F Y, Xu Z N, et al. Experimental studies on the antioxidation of soybean oligosaccharides in rats [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 1997, 19(4): 468-469.)
- [4] 郑建仙, 耿立萍. 功能性低聚糖析论[J]. 食品与发酵工业, 1997, 23: 39-46. (Zheng J X, Geng L P. Analyze and discuss about functional soybean oligosaccharides [J]. Food and Fermentation Industries, 1997, 23: 39-46.)
- [5] 兰建丽. 大豆低聚糖生产工艺技术[J]. 大豆通报, 2001, 4: 20-21. (Lang J L. Soybean oligosaccharides' technics and technology on manufacture [J]. Soybean Bulletin, 2001, 4: 20-21.)
- [6] 宋国安. 大豆低聚糖的生产方法及开发前景[J]. 粮食科技与经济, 2001, 5: 47-48. (Song G A. Soybean oligosaccharides' facture and exploiture [J]. Grain Technology and Economy, 2001, 5: 47-48.)
- [7] 金华丽. 大豆低聚糖制取与纯化工艺的研究[J]. 郑州工程学院学报, 2001, 2: 35-38. (Jin H L. Study on extraction and purification technology of soybean oligosaccharide [J]. Journal of Zhengzhou Grain College, 2001, 2: 35-38.)
- [8] 赵贵兴, 陈霞, 刘忠云. 大豆低聚糖制备工艺的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2001, 2: 13-15. (Zhao G X, Chen X, Liu Z Y. The research on conditions for soybean oligosaccharide production [J]. Heilongjiang Agricultural Science, 2001, 2: 13-15.)
- [9] 陈猛, 袁东星, 许鹏. 微波法萃取辣椒中辣椒素的研究[J]. 食品科学, 1999, 10: 25-27. (Chen M, Pei D X, Xu P. Study on the micro wave extraction of capsaicin in red capsicum [J]. Food Science, 1999, 10: 25-27.)
- [10] 侯春友, 刘钟栋, 陈肇铤. 微波条件下提取果胶的研究[J]. 郑州粮食学院学报, 1999, 20(2): 8-10. (Hou C Y, Liu Z D, Chen Z Y. Study on extracting pectin under microwave condition [J]. Journal of Zhengzhou Grain College, 1999, 20(2): 8-10.)
- [11] 潘学军. 微波辅助提取(MAE)研究进展[J]. 化学通报, 1999, 5: 7-14. (Pan X J. Progress in microwave assisted extraction [J]. Chemistry, 1999, 5: 7-14.)
- [12] 李冰, 黄艳萍, 李琳. 微波辐射强化蔗糖提取过程及其机理研究[J]. 食品与发酵工业, 2000, 26(1): 7-10. (Li B, Huang Y P, Li L. Microwave-enhanced extraction of sugar and its mechanism [J]. Food and Fermentation Industries, 2000, 26(1): 7-10.)
- [13] 韩冰冰, 李鹏飞, 赵国燕, 等. 超声强化提取大枣多糖的研究[J]. 科技研究, 2005, 3: 53-55. (Han B B, Li P F, Zhao G Y, et al. Research strengthened extracting Chinese date amylase by ultrasonic [J]. Farm Products Processing, 2005, 3: 53-55.)
- [14] 张昌军, 原方圆, 邵红兵. 超声波法在提取多糖类化合物中的应用研究[J]. 化工时刊, 2007, 2: 54-56. (Zhang C J, Yuan F Y, Shao H B. Application of extracting polysaccharide compound by ultrasonic method [J]. Chemical Industry Times, 2007, 2: 54-56.)
- [15] 吴昊, 杨思行, 张艳杰. 功能性低聚糖开发现状及在食品工业中的应用[J]. 食品工业科技, 1999, 2: 13. (Wu H, Yang S X, Zhang Y J. Functional oligosaccharides' actual exploitation and application in food industry [J]. Science and Technology of Food Industry, 1999, 2: 13.)
- [16] 何照范. 保健食品化学及检测技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998: 198-200. (He Z F. Sanitarian food chemistry and detecting technique [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1998: 198-200.)
- [17] L. R. 施奈德. 试用高效液相色谱法的建立[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 17-50. (Snyder L R. Practical HPLC method development [M]. Beijing: Science Press, 2000: 17-50.)
- [18] Pare J R J. Microwave assisted natural products extraction[P]. U. S. Patent, 1991, No: 5002784.
- [19] 曾昭钧, 李香文. 微波有机化学进展[J]. 沈阳药科大学学报, 1999, 10: 304-309. (Zeng S J, Li X W. Development of microwave-assisted organic chemistry [J]. Journal of Shenyang Pharmaceutical University, 1999, 10: 304-309.)
- [20] 崔洪斌. 大豆生物活性物质的开发与应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 98. (Cui H B. Exploitation and application of bio-active substances in soybean [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2001: 98.)