

柑橘囊衣膳食纤维的改性研究

葛 青^{1,2},毛建卫^{1,2},奕志英^{1,2}

(1. 浙江科技学院 生物与化学工程学院,杭州 310023;
2. 浙江省农产品化学与生物加工技术重点实验室,杭州 310023)

摘 要: 采用双螺杆挤压活化技术,研究了柑橘囊衣膳食纤维挤压改性工艺条件。通过单因素和正交试验,最终确定了最佳挤压加工工艺条件为:挤压温度 170 ℃、物料含水量 10%、挤压压力 4.5 MPa。在最佳挤压工艺条件下,经挤压改性后膳食纤维持水力由 1.18 g/g 增加到了 1.99 g/g;膨胀力从 1.99 mL/g 增加到 4.88 mL/g。

关键词: 柑橘;膳食纤维;挤压;持水力;膨胀力

中图分类号: TS255.4

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2012)01-0054-04

Modification of dietary fiber in *citrus* fruit mesocarp

GE Qing^{1,2}, MAO Jian-wei^{1,2}, YI Zhi-ying^{1,2}

(1. School of Biological and Chemical Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China; 2. Zhejiang Provincial Key Laboratory for Chemical and Biological Processing Technology of Agricultural Products, Hangzhou 310023, China)

Abstract: Modification of dietary fiber in *citrus* fruit mesocarp was studied by using a double-screw extruder. Results indicate that the optimal extrusion condition are as follows: moisture content 10%, extrusion temperature 170 ℃, extrusion pressure 4.5 MPa. At the condition, the content of soluble dietary fiber (SDF) is 22.5%. The water holding capacity of dietary fiber is increased 1.99 g/g, and the swelling capacity is increased from 1.99 mL/g to 4.88 mL/g.

Key words: *citrus*; dietary fiber; extrusion; water holding capacity; swelling capacity

现代医学和营养研究表明,膳食纤维与其他六大营养素一样是人类饮食不可缺少的营养成分之一,称为人类“第七大营养素”^[1]。许多研究表明,膳食纤维具有顺肠通便、调节控制血糖浓度、降低血脂等多种重要的生理功能。膳食纤维按其水溶性可分为可溶性膳食纤维(soluble dietary fiber, SDF)和不溶性膳

收稿日期: 2011-09-07

基金项目: 浙江省教育厅项目(Y200907769);浙江省厅市会商项目(2008C02011);浙江科技学院科研启动基金(F501103906)

作者简介: 葛 青(1982—),女,浙江省宁波人,讲师,博士,主要从事农产品化学与生物加工技术研究。

食纤维(insoluble dietary fiber, IDF), SDF 具有降低人的血清胆固醇及防止胆结石、糖尿病、高血压及心脏病等作用;而 IDF 则对防止肥胖症、便秘、肠癌等具有良好的作用^[2]。

柑橘为芸香科(rutaceae)柑桔属(*citrus*)植物,有良好的营养和保健作用。中国柑橘资源丰富,产量达 1 300 多万吨。柑橘囊衣含有丰富的膳食纤维,却未得到应有的开发和利用,被当作废弃物处理。娄海伟等利用双螺杆挤压机,使物料在挤压机筒内受到强烈剪切作用后,纤维类大分子部分转化为非消化性的可溶性多糖^[3]。采用此法,本研究以柑橘囊衣为原料,以持水力和膨胀力为评价指标,通过正交试验确定挤压改性加工的最佳工艺参数,并对产品膳食纤维含量及主要功能性质进行了分析。其结果对综合利用柑橘资源,充分发挥其经济价值具有重要的实践意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

柑橘,购于市场;耐高温 α-淀粉酶,无锡酶制剂厂;蛋白酶,美国 Sigma 公司。其他试剂均为分析纯。

1.2 主要设备

SYSLG-II 系列双螺杆挤压膨化机,济南赛百诺科技开发有限公司;粉碎机,上海洪纪仪器设备有限公司;KSW-5-12A 型马弗炉,天津市中环实验电炉有限公司;数显恒温水浴锅,江苏省金坛市医疗仪器厂;高速冷冻离心机,日本 Hitachi(日立)公司。

1.3 试验方法

1.3.1 膳食纤维测定

参照 AOAC991.43。

1.3.2 持水力的测定

准确称取 1 g 样品置于 100 mL 烧杯中,加蒸馏水 50 mL,在常温下浸泡 24 h,在 5 000 r/min 的转速下离心 10 min,除去上层清液,称量,膳食纤维增加的质量即膳食纤维的持水力^[4]。

持水力=(样品被水饱和后湿质量-样品干质量)/样品干质量

1.3.3 膨胀力的测定

取 10 g 样品置于量筒中,读取此时的体积,然后加入适量水,摇匀,常温下放置 24 h 后再次读取体积^[5]。

膨胀力=(溶胀后纤维体积-干品体积)/样品干质量

1.3.4 囊衣膳食纤维双螺杆挤压加工试验方案

1.3.4.1 单因素试验

柑橘囊衣粉碎后过 40 目筛。采用双螺杆挤压膨化机对柑橘囊衣膳食纤维进行挤压膨化研究,试验选择了 130、150、170、190 ℃ 4 种水平研究挤压温度,测试其对柑橘囊衣膳食纤维的影响;试验设置 10%、15%、20%、25% 4 种水平研究水分含量,测试其对柑橘囊衣膳食纤维的影响;设置 4.0、4.5、5.0、5.5 MPa 4 种水平研究压力,测试其对柑橘囊衣膳食纤维的影响。

以上试验以持水力和膨胀力为考核指标,每组试验重复 3 次,取平均值。

1.3.4.2 正交试验

在单因素试验的基础上,选取物料含水量、挤压温度和挤压压力试验因素,以持水力和膨胀力为评价指标,按照正交试验设计方法(表 1),设计柑橘囊衣膳食纤维挤压加工的正交试验方案^[6-7],每组试验重复 3 次,取平均值。

表 1 因素水平表

Table 1 Table of factor level

水平	挤压温度/℃	因素含水量/%	压力/MPa
	A	B	C
1	150	10	4
2	170	15	4.5
3	190	20	5

2 结果与分析

2.1 柑橘囊衣膳食纤维挤压改性工艺条件的单因素试验

2.1.1 挤压温度的影响

准确称取 4 份柑橘囊衣膳食纤维,分别置于调粉机中搅拌,使物料含水量为 15%,在设定的温度下进行挤压膨化。挤压温度对柑橘囊衣膳食纤维的持水力、膨胀力的影响如图 1 所示。

从图 1 可知,在 130~170 ℃ 范围内,随着温度的增加,持水力和膨胀力呈上升趋势。但是温度高到 190 ℃ 的时候,持水力和膨胀力有所下降,而且原料有点焦味,不容易膨化出来。因此试验选择 170 ℃ 的膨化温度。

2.1.2 含水量的影响

准确称取 4 份柑橘囊衣膳食纤维,分别置于调粉机中搅拌,使物料含水量分别为 10%、15%、20%、25%,研究含水量对柑橘囊衣膳食纤维的影响,结果如图 2 所示。

从图 2 可知,物料含水量在 10%~15% 时,持水力和膨胀力达到最大值。含水量低,物料输送速度快;含水量高,则物料输送困难,不便挤压。因此,含水量应控制在 10%~15% 之间。

2.1.3 压力的影响

准确称取 4 份柑橘囊衣膳食纤维,分别置于调粉机中搅拌,使调粉后的物料含水量为 10%,固定挤压机的出口温度为 150 ℃,在设定压力 4.0、4.5、5.0、5.50 MPa 下进行挤压活化,研究压力对柑橘囊衣膳食纤维的影响,结果如图 3 所示。

从图 3 可知:压力在 4~4.5 MPa 区间内,持水力和膨胀力呈缓慢上升趋势;超过 5.0 MPa 后,持水力和膨胀力开始缓慢下降。因此,适宜的压力为 4.5~5.0 MPa。

2.2 正交试验

通过正交试验确定影响膳食纤维改性的最佳工艺条件,结果如表 2 所示。

由表 2 可知:以不溶性膳食纤维持水力为评定

指标的结果与分析,各因素对 IDF 持水力的影响次序是 $A>B>C$,即影响 IDF 持水力的主要因素为挤压温度,其次是物料含水量,再次是挤压压力;获得最大 IDF 持水力的方案是 A2B1C2。由表 2 可知:以 IDF 膨胀力为评定指标的结果与分析,各因素对 IDF 膨胀力的影响次序是 $B>A>C$;获得最大 IDF 膨胀力的方案也是 A2B1C2。虽然各个因素对持水力和膨胀力的影响是不一样的,但是优化方案是一致的,即最佳挤压工艺参数为:挤压温度 170 ℃、物料含水量 10%、压力 4.5 MPa。

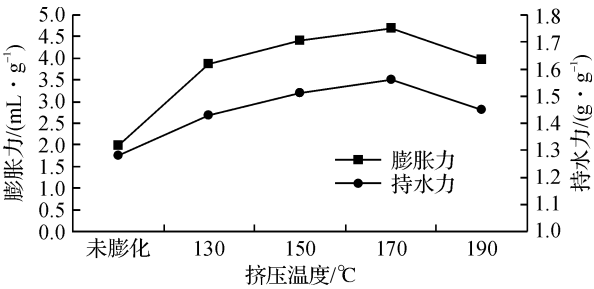


图 1 挤压温度对持水力、膨胀力的影响
Fig. 1 Effect of extrusion temperature on water holding capacity and swelling capacity

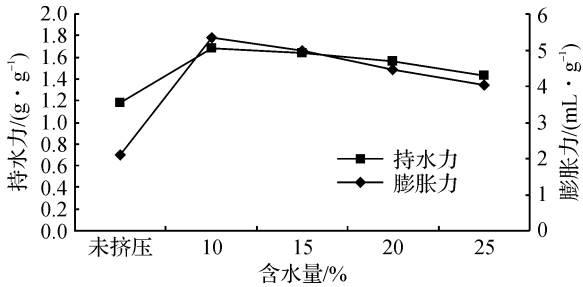


图 2 物料含水量对持水力、膨胀力的影响
Fig. 2 Effect of water content on water holding capacity and swelling capacity

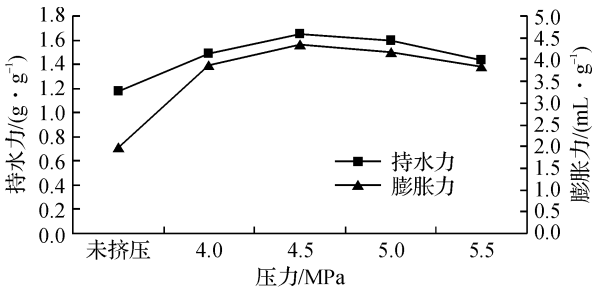


图 3 挤压压力对持水力、膨胀力的影响
Fig. 3 Effect of pressure on water holding capacity and swelling capacity

表 2 $L_9(3^4)$ 正交实验结果及极差分析

Table 2 Range analysis and results of $L_9(3^4)$ orthogonal experiment

试验号	A	B	C	空列	持水力/(g·g ⁻¹)	膨胀力/(mL·g ⁻¹)
1	1	1	1	1	1.74	4.12
2	1	2	2	2	1.66	4.23
3	1	3	3	3	1.61	3.67
4	2	1	2	3	1.93	4.85
5	2	2	3	1	1.82	4.51
6	2	3	1	2	1.77	3.71
7	3	1	3	2	1.81	4.38
8	3	2	1	3	1.74	4.16
9	3	3	2	1	1.70	3.83
k_1 (持水力)	1.67	1.83	1.75	1.75		
k_2 (持水力)	1.84	1.74	1.76	1.75		
k_3 (持水力)	1.75	1.69	1.75	1.76		
极差(持水力)	0.17	0.14	0.01	0.01		
k_1 (膨胀力)	4.00	4.45	4.00	4.15		
k_2 (膨胀力)	4.36	4.30	4.30	4.11		
k_3 (膨胀力)	4.12	3.74	4.19	4.22		
极差(膨胀力)	0.36	0.71	0.30	0.11		

在最佳工艺参数条件下进行试验,测得持水力为 1.99 g/g,膨胀力为 4.88 mL/g,而正交试验中(表 2)最高的 IDF 持水力为 1.93 g/g,膨胀力为 4.85 mL/g。可见,用最佳挤压工艺参数对柑橘囊衣膳食纤维进行挤压改性,获得了优于正交试验的结果。

3 结 语

柑橘囊衣膳食纤维经挤压活化处理后,持水力、膨胀力等都得到了明显改善。最佳挤压活化工艺条件为:挤压温度 170 ℃,物料含水量 10%,压力 4.5 MPa,挤压活化后样品的持水力由 1.18 g/g 增加到了 1.99 g/g;膨胀力从 1.99 mL/g 增加到 4.88 mL/g。

参考文献:

[1] 王洪新. 食品新资源[M]. 北京:中国轻工业出版社,2002.

[2] 杜崇旭,牛铭山,刘雪娇. 膳食纤维改性与应用的研究进展[J]. 大连民族学院学报,2005,7(5):18-21.

[3] 娄海伟,迟玉杰. 挤压豆渣中可溶性膳食纤维制备工艺的优化[J]. 农业工程学报,2009,25(6):285-289.

[4] Weber C W, Kohlhepp E A. The binding capacity of eighteen fiber sources for calcium[J]. Journal of Agriculture of Food Chemistry,1993,41(11):1931-1935.

[5] Femenia A, Lefebvre C, Thebaudin Y, et al. Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fiber[J]. Journal of Food Science,1997,62(4):635-639.

[6] 李丽,李庆龙,常宪辉. 小麦膳食纤维持水/膨胀力及吸附特性的研究[J]. 粮食加工,2008(5):14-16,29.

[7] 徐树来. 挤压加工对脱脂米糠中膳食纤维影响的研究[J]. 中国粮油学报,2009,24(2):134-138.