

燕麦片中 β -葡萄糖水提工艺条件优化

孟娟娟*, 齐宝宁, 张志刚, 周 晶

(陕西中医药大学公共卫生学院, 咸阳 712046)

摘要: **目的** 优化燕麦片中 β -葡萄糖水提工艺条件。**方法** 以 β -葡萄糖含量为评价指标, 在单因素实验的基础上, 通过正交试验筛选燕麦片最佳水提工艺。**结果** 影响水提工艺各因素的作用主次为: 提取次数>提取时间>料液比, 最佳提取工艺条件是料液比 1:10($m:V$), 提取3次, 提取时间为90 min。在最佳工艺条件下, β -葡萄糖含量为71 $\mu\text{g/mL}$ 。**结论** 本方法可以有效提取燕麦片中的 β -葡萄糖。

关键词: 燕麦片; 正交设计; 提取工艺

Optimization of water extraction conditions for oat β -glucan in oatmeal

MENG Juan-Juan*, QI Bao-Ning, ZHANG Zhi-Gang, ZHOU Jing

(Shaanxi University of Chinese Medicine, School of Public Health, Xianyang 712046, China)

ABSTRACT: Objective To optimize the water extraction conditions for oat β -glucan from oatmeal. **Methods** The content of oat β -glucan was used as evaluation index. On the basis of single factor experiment, the optimum water extraction process of oatmeal was screened by orthogonal experiment. **Results** The main factors affecting the various factors of the water extraction process were: number of extractions> extraction time> material to liquid ratio. The optimum extraction conditions were as follow: the ratio of material to liquid was 1:10 ($m:V$), extraction time was 90 min for 3 times. Content of oat β -glucan was 71 $\mu\text{g/mL}$ under optimal processing conditions. **Conclusion** This method can effectively extract oat β -glucan in oatmeal.

KEY WORDS: oatmeal; orthogonal design; extraction

1 引言

燕麦是我国重要的农作物之一, 是一种低糖、高营养、高能食品, 具有较高的营养价值^[1,2]。燕麦 β -葡聚糖是一种非淀粉水溶性植物多糖, 主要存在于燕麦和大麦中。研究发现, 燕麦 β -葡聚糖具有降低胆固醇, 调节血糖、抗感染, 抗肿瘤、调节机体免疫功能等多种营养保健功效^[3-5], 因此由燕麦加工成的简易食品燕面片受到广大消费者的关注。

对于 β -葡萄糖提取方法的研究, 国内外相关文献报道的有水提法^[6,7]、微波提取法^[8,9]、超声波提取法^[10]、发

酵法等^[11,12]。为了提高 β -葡萄糖的提取率, 根据目前实验条件及成本, 本研究以单因素水提工艺条件为基础, 以燕麦片中 β -葡萄糖含量为评价指标, 采用正交实验设计, 筛选出市售燕麦片中 β -葡萄糖水提工艺的最佳条件, 以期优化为燕麦片的高价值产品的开发提供技术参考。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

燕麦片(市售, β -葡萄糖含量的检测结果为1.136 mg/g); β -葡萄糖标准品(99.9%, 西安科昊生物科技有限公司); β -

基金项目: 陕西省中医药管理局科研项目(JCMS034)

Fund: Supported by Scientific Research Project of Shaanxi Administration of Traditional Chinese Medicine (JCMS034)

*通讯作者: 孟娟娟, 硕士, 实验师, 主要研究方向为食品卫生。E-mail: MJZ1001@126.com

*Corresponding author: MENG Juan-Juan, Master, Engineer, Shaanxi University of Chinese Medicine, School of Public Health, Xianyang 712046, China. E-mail: MJZ1001@126.com

葡萄糖检测试剂盒(西安科昊生物科技有限公司); 酒精磷酸盐缓冲液(分析纯, 西安凯利化玻公司); 地衣酶(50 U/mL, 上海研纷生物有限公司); β -葡萄糖苷酶(2 U/mL, 上海研纷生物有限公司); 硫酸铵(分析纯, 陕西凯利化玻仪器有限公司); D -葡萄糖[GOPOD 法]检测试剂盒(美国 Megazyme 公司)。

2.2 仪器

Cary60 紫外可见分光光度计(美国安捷伦公司); BSA224S 电子天平(德国赛多利斯公司); D101 型电热鼓风干燥箱(上海精科公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 燕麦片中 β -葡萄糖提取流程

燕麦片→捣碎, 研磨(用 50 目筛子过滤)→加水提取→离心(4000 r/min, 30 min)→去淀粉(采用 α -淀粉酶水解法^[13]), 去蛋白质(采用等点沉淀法^[13])→离心(3000 r/min, 20 min)→取沉淀→干燥(冷冻干燥 4 h)→纯化(硫酸铵进行纯化^[14])→ β -葡萄糖。

2.3.2 β -葡萄糖的检测方法

参考林伟静等^[15]的酶法对 β -葡萄糖进行测定。 β -葡萄糖含量(%)= $\Delta A \times F \times 94 \times 1 / 1000 \times 100 / W \times 162 / 180$

$$= \Delta A \times F / W \times 8.46$$

ΔA : 样品吸光值与反应空白吸光值的差; $F=100/100 \mu\text{g}$ 葡萄糖的吸光值; 94: 体积校正因子(从 9.4 mL 取 0.1 mL 用于分析); 1/1000: 从 μg 转换成 mg; 100/ W : β -葡聚糖占原料的百分率; W : 样品重量, mg; 162/180: 游离葡萄糖转化为 β -葡聚糖中脱水葡萄糖的转换因子。

2.3.3 β -葡萄糖的提取率的计算

β -葡萄糖提取率=提取液中 β -葡萄糖含量/原料中 β -葡萄糖含量 $\times 100\%$

3 结果与分析

3.1 燕麦片的吸水率

准确称取燕麦片 50.00 g 放入烧杯中, 加入 250 g 蒸馏水, 至燕麦片全部浸透后过滤掉多余的水分, 对浸透的燕麦片称重并记录, 计算出燕麦片的吸水率。

吸水率=[(吸水后的重量-吸水前的重量)/吸水前重量] $\times 100\%$

燕麦片的吸水率实验结果见表 1, 燕麦片的平均吸水率为 78.2%, 因此在首次加水时的料液比设定为 1:6($m:V$)。

3.2 单因素试验

3.2.1 提取时间对燕麦片中 β -葡萄糖提取率的影响

准确称取 3 份燕麦片(每份 50.00 g), 料液比为 1:6($m:V$), 水浴温度(60 $^{\circ}\text{C}$), 提取次数 1 次, 提取时间分别为 30、60、90、120、150 min, 提取液过滤浓缩后定容至 100 mL, 测定水提液中 β -葡萄糖的含量并计算 β -葡萄糖的

提取率, 其结果见表 2。结果显示, 在提取时间为 90 min 时, 提取率最大。综合考虑提取效果以及节约资源等因素, 确定提取时间为 90 min。

3.2.2 料液比对燕麦片中 β -葡萄糖提取率的影响

准确称取 3 份燕麦片(每份 50 g), 固定水浴温度(60 $^{\circ}\text{C}$), 处理时间(90 min), 提取次数 1 次, 料液比分别为 1:6、1:8、1:10、1:12、1:14、1:16($m:V$), 参照 2.3.2 中处理方法进行前处理, 之后过滤浓缩, 定容至 100 mL 后进行检测, 计算 β -葡萄糖提取率, 结果见表 3。结果显示, 料液比大于 1:10($m:V$)后 β -葡萄糖的提取率趋于平稳, 综合考虑提取效果以及节约资源等因素, 确定料液比为 1:10($m:V$)。

表 1 燕麦片吸水率实验结果($n=3$)

Table 1 Experimental results of water absorption of oats ($n=3$)

序号	干重/g	湿重/g	吸水率/%	平均值/%	RSD/%
1	50	89.1	78.2		
2	50	88.9	77.8	78.2	0.5
3	50	89.3	78.6		

表 2 提取时间对 β -葡萄糖提取率的影响($n=3$)

Table 2 Effect of extraction time on the extraction rate of β -glucan ($n=3$)

提取时间/min	β -葡萄糖提取率/%	β -葡萄糖含量均值/ $(\mu\text{g}/\text{mL})$	相对标准偏差/%
30	43.6	49.5	0.43
60	55.6	63.1	0.39
90	62.7	71.2	0.44
120	62.8	71.3	0.48
150	62.7	71.2	0.44

表 3 料液比对 β -葡萄糖提取率的影响($n=3$)

Table 3 Effect of ratio of material to liquid on extraction rate of β -glucan ($n=3$)

料液比	β -葡萄糖提取率/%	β -葡萄糖含量均值/ $(\mu\text{g}/\text{mL})$	相对标准偏差/%
1:6	48.2	54.7	0.56
1:8	52.7	59.9	0.53
1:10	58.4	66.3	0.32
1:12	58.2	66.1	0.35
1:14	57.4	65.2	0.39
1:16	58.1	66.0	0.56

3.2.3 提取次数对燕麦片中 β -葡萄糖提取率的影响

称取燕麦片 3 份(每份 50 g), 固定水浴温度(60 $^{\circ}\text{C}$), 处理时间(90 min), 料液比为 1:10($m:V$), 分别提取 1、2、3、4 次, 参照 2.3.2 中处理方法进行前处理, 滤过并浓缩, 定

容至 100 mL 后进行检测。由表 4 可以看出, β -葡萄糖经过 3 次提取已经基本提取完, 结果见表 4。

3.3 正交实验设计对 β -葡萄糖水提条件的优化

依据以上单因素实验的结果, 选取加水倍数、提取时间、提取次数 3 个因素, 每个因素选择 3 个水平并按照正交表进行实验。以 β -葡萄糖的提取率、 β -葡萄糖含量为指标, 对 β -葡萄糖水提工艺进行优化, 并筛选出最佳水提工艺参数, 具体正交设计因素和水平见表 5。

准确称取 β -葡萄糖 9 份(每份 50 g), 按照 3 因素 3 水平的条件, 参照 2.3.2 中处理方法对燕麦片进行前处理, 滤液浓缩并定容至 100 mL 后进行检测, 其结果见表 6。

表 4 不同提取次数筛选结果

Table 4 Filtering results of different extraction times

提取次数(<i>n</i>)	1	2	3	4
β -葡萄糖含量/($\mu\text{g/mL}$)	47.8	63.3	68.7	70.1
提取率/%	42.1	55.7	60.5	61.7

表 5 正交设计因素和水平

Table 5 Orthogonal design factors and levels

水平	A	B	C
	加水倍数	提取时间/min	提取次数/次
1	8	60	1
2	10	90	2
3	12	120	3

表 6 正交实验设计与结果

Table 6 Orthogonal experimental design and results

试验号	A	B	C	提取率/%	β -葡聚糖含量/($\mu\text{g/mL}$)
1	1	2	3	29.5	33.5
2	1	3	1	59.4	67.5
3	1	1	2	60.0	68.1
4	2	1	2	55.9	63.5
5	2	2	3	62.5	71.0
6	2	3	1	38.8	44.1
7	3	1	3	55.1	62.3
8	3	2	1	42.0	47.7
9	3	3	2	56.5	64.2
K_1	0.829	0.809	0.748		
K_2	0.912	0.934	0.874		
K_3	0.851	0.883	0.926		
极差(<i>R</i>)	0.083	0.125	0.178		

根据表 6 的结果可知, 提取率最高为 62.5%, β -葡聚糖含量最高为 71.0 $\mu\text{g/mL}$, 由极差大小可知, 影响水提工艺各因素的作用主次为 C(提取次数), B(提取时间), A(加水量)。由表 7 方差分析结果可知, C 因素各水平的差异具有统计学意义($P < 0.05$)。水提法提取燕麦中 β -葡聚糖的最佳工艺条件为, 料液比 1:10(*m:V*), 最佳提取次数为 3 次, 每次提取时间为 90 min。

3.4 验证实验

称取燕麦片 3 份(每份 50g), 按照已经筛选出的最佳条件进行前处理并检测 β -葡萄糖含量, 计算 β -葡萄糖的提取率, 结果见表 8。由结果可知, 本次工艺条件合理可行, 重现性好。

表 7 正交实验方差分析结果

Table 7 Results of orthogonal experimental anova

方差来源	离均差平方和	自由度	F 值	P 值
A	0.004	2	1.82	0.1326
B	0.012	2	4.97	0.0734
C	0.075	2	28.12	0.0042
D(误差)	0.001	2		

表 8 验证实验结果

Table 8 Verifies the experimental results

次数	1	2	3	平均值	RSD/%
提取率/%	62.54	62.65	62.87	62.69	0.14
β -葡萄糖含量/($\mu\text{g/mL}$)	71.05	71.17	71.42	71.22	0.58

4 结论

本研究参照参考文献^[15], 用酶法对燕麦片中 β -葡萄糖的含量进行检测, 探讨提取次数、提取时间及加水量对燕麦片中 β -葡萄糖提取的影响, 并采用正交设计筛选出燕麦片前处理的最合理提取工艺条件, 即加水量为燕麦片量的 10 倍, 提取次数为 3 次, 提取时间为 90 min。 β -葡萄糖提取工艺的验证实验结果提示, β -葡萄糖的水提工艺条件合理可行, 重现性较好, 这与王海波等^[16]的研究结果基本一致, 为以后 β -葡萄糖的利用提供了参考依据。

参考文献

- [1] 石振兴, 朱莹莹, 任贵兴. 燕麦中减肥降脂的功能成分研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(7): 1567-1571.
Shi ZX, Zhu YY, Ren GX. Research progress of functional ingredients in oat for weight loss and fat reduction [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(7): 1567-1571.
- [2] 刘楠. 燕麦 β -葡萄糖的保健功能及提取工艺研究进展[J]. 现代农业,

- 2017, 9(11): 41–42.
- Liu N. Research progress of health function and extraction technology of oat-glucan [J]. *Mod Agric*, 2017, 9(11): 41–42.
- [3] 张娟, 杜先锋. 二次回归法优化燕麦 β -葡萄糖提取工艺的研究[J]. *中国食品添加剂*, 2006, 78(5): 81–85.
- Zhang J, Du XF. Research on optimization of extraction technology of oat beta glucan by quadratic regression [J]. *China Food Addit*, 2006, 78(5): 81–85.
- [4] 车日晖. β -葡萄糖的生物提取技术工艺研究[J]. *食品安全导刊*, 2017, 18(6): 97–97.
- Che RH. Biological extraction technology of oat glucan [J]. *China Food Saf Magaz*, 2017, 18(6): 97–97.
- [5] 刘博, 林亲录, 罗非君. β -葡萄糖的生理功能研究进展[J]. *粮食与油脂*, 2016, 38(2): 1–5.
- Liu B, Lin QL, Luo FJ. Research progress on physiological function of oat glucan [J]. *J Cere Oils*, 2016, 38(2): 1–5.
- [6] 林伟静, 吴广枫, 王强, 等. 燕麦全粉中 β -葡萄糖提取工艺优化[J]. *食品与机械*, 2010, 26(1): 121–124.
- Lin WJ, Wu GF, Wang Q, *et al.* Optimization of extraction process of beta glucan in whole oats flour [J]. *Food Mach*, 2010, 26(1): 121–124.
- [7] 房李艳, 朱燕, 赵亚洲, 等. β -葡萄糖提取工艺及其研究进展[J]. *饮料工业*, 2012, 18(5): 10–13.
- Fang LY, Zhu Y, Zhao YZ, *et al.* Extraction process and research progress of beta glucan [J]. *Bever Ind*, 2012, 18(5): 10–13.
- [8] 王尚玉, 舒静, 夏文水. 燕麦麸皮 β -葡萄糖的微波辅助浸提技术研究[J]. *食品工业科技*, 2005, 26(12): 143–144.
- Wang SY, Shu J, Xia WS. Microwave assisted extraction of oat bran beta glucan [J]. *Food Ind Sci Technol*, 2005, 26(12): 143–144.
- [9] 申瑞玲, 董吉林, 王章存. 裸燕麦麸皮 β -葡萄糖微波提取工艺研究[J]. *食品科学*, 2006, 22(10): 316–320.
- Shen RL, Dong JL, Wang ZC. Micro-blog extraction technology of beta-glucan from naked oat bran [J]. *Food Sci*, 2006, 22(10): 316–320.
- [10] 翟爱华, 张丽姝, 王东. 777 超声辅助提取燕麦麸皮中 β -葡萄糖的工艺研究[J]. *黑龙江八一农垦大学学报*, 2009, 9(5): 81–86.
- Zhai AH, Zhang LS, Wang D. Study on ultrasonic assisted extraction of beta-glucan from oat bran by 777 [J]. *J Heilongjiang Bayi Agric Univ*, 2009, 9(5): 81–86.
- [11] 潘妍, 何聪芬, 韩扬, 等. 发酵法提取燕麦 β -葡萄糖的初步探索[J]. *食品与发酵工业*, 2009, 35(4): 116–118.
- Pan Y, He CF, Han Y, *et al.* Preliminary study on extraction of oat beta glucan by fermentation [J]. *Food Ferm Ind*, 2009, 35(4): 116–118.
- [12] Maheshwari G, Sowrirajan S, Joseph B. Extraction and isolation of β -Glucan from grain sources-a review [J]. *Food Sci*, 2017, 82(7): 1535–1545.
- [13] 管骁, 姚惠源. 燕麦麸中 β -葡聚糖提取工艺的研究[J]. *食品科技*, 2002, 10(27): 63–65.
- Guan X, Yao HY. Study on extraction technology of beta-glucan from oat bran [J]. *Food Sci Technol*, 2002, 10(27): 63–65.
- [14] 刘焕云, 李慧荔, 温志英. 莜麦麸中 β -葡萄糖提取工艺的优化[J]. *食品科学*, 2008, 29(3): 237–240.
- Liu HY, Li HL, Wen ZY. Optimization of extraction process of beta-glucan from oat wheat bran [J]. *Food Sci*, 2008, 29(3): 237–240.
- [15] 林伟静, 吴广枫, 王强, 等. 燕麦及其制品 β -葡萄糖含量测定方法比较[J]. *食品工业科技*, 2011, 32(6): 417–419.
- Lin WJ, Wu GF, Wang Q, *et al.* Comparison of determination methods of beta glucan content in oat and its products [J]. *Food Ind Sci Technol*, 2011, 32(6): 417–419.
- [16] 汪海波, 刘大川, 谢笔钧. 燕麦中 β -葡萄糖的提取及分离纯化工艺研究[J]. *食品科学*, 2005, 25(5): 143–147.
- Wang HB, Liu DC, Xie BJ. Extraction, separation and purification of β -glucose from oats [J]. *Food Sci*, 2005, 25(5): 143–147

(责任编辑: 陈雨薇)

作者简介



孟娟娟, 硕士, 实验师, 主要研究方向
食品卫生。

E-mail: MJZ1001@126.com