

微波—酶法制备玉米抗性淀粉工艺优化

Technological Optimization of the preparation of corn resistant starch by microwave-enzymatic method

牛春艳 唐远发

NIU Chun-yan TANG Yuan-fa

(吉林农业科技学院食品工程学院, 吉林 吉林 132101)

(College of Food Engineering, Jilin Agricultural Science and Technology College, Jilin, Jilin 132101, China)

摘要:通过单因素及正交试验考察不同因素对玉米抗性淀粉产率的影响,结果表明:淀粉乳浓度 25%、辐照功率 800 W、辐照时间 240 s、置于 4 °C 回生 20 h,该条件下玉米抗性淀粉的产率最高,为 28.4%。可为今后玉米抗性淀粉的制备及在食品工业中的应用提供参考。

关键词:抗性淀粉;玉米;微波—酶法;制备

Abstract:The corn starch was used to determine the optimum technological conditions of corn resistant starch by microwave-enzymatic method. The optimal conditions were got by orthogonal experiment analyses, and we found the content of resistant starch was highest and reached to 28.4%, when treated under the following conditions, i.e. 25% of Starch slurry mass fraction, 800 W of microwave power, 240 s of microwave heating time, and cooling storage for 20 h at 4 °C. Our study might provide a new clue for the preparation of resistant starch and make benefit for the application for starch industry in the future.

Keywords: resistant starch; corn; microwave-enzymatic method; preparation

随着人们生活水平的不断提高,营养界、医学界、食品界越来越关注膳食纤维这种重要的功能性食品原料。但在低水分食品中,膳食纤维会引起其口感、品质的下降。而抗性淀粉作为低热量、高膳食纤维含量的功能性食品成分^[1-2],有助于控制体重、预防糖尿病等,对便秘、盲肠炎及痔疮等也有预防作用,还可弥补膳食纤维的缺点^[3-4],因此对其开发具有重要意义。

玉米淀粉产量大,品质好,价格低是制备抗性淀粉的理想原料。有关抗性淀粉的制备研究,国内外近年来发展较快,研究较为广泛,其制备方法主要包括以下几类:热处理

法、挤压处理法、微波辐射法、超高压处理法、超声波处理法等^[5-7],而这些常见制备方法成本较高,不利于工业生产,而且有的应用于食品领域还存在安全性问题^[8-10]。微波加热速度快,可以使食品中的水分在短时间内迅速蒸发汽化,造成体积膨胀,产生膨化效应;酶处理具有专一性和高效性。微波—酶法具有处理时间短、效率高、工艺安全等优势。前期已有人^{[11]1-14[12]}将其应用到小麦抗性淀粉和甘薯抗性淀粉的制备中。本试验拟以吉林地区产的玉米淀粉为原料,采用成本低廉、操作简便、安全性高的微波—酶法制备玉米抗性淀粉,探索其制备最佳工艺条件,为玉米抗性淀粉产品的开发提供试验依据。

1 材料与方 法

1.1 材料、试剂及仪器

1.1.1 材料与试剂

普通玉米淀粉:市售;

耐高温 α -淀粉酶:酶活 4 万 U/mL,济南德美生物技术有限公司;

葡萄糖淀粉酶:酶活 10 万 U/mL,济南德美生物技术有限公司;

盐酸、氢氧化钠:分析纯,天津市化学试剂厂。

1.1.2 主要仪器设备

电子天平:AB104-N 型,上海第二天平仪器厂;

冰箱:BCD-235YH 型,青岛海尔股份有限公司;

恒温干燥箱:HS-DHG-9070A 型,上海和晟仪器科技有限公司;

恒温水浴锅:HH-4 型,常州国华电器有限公司;

离心机:TD5A 型,长沙英泰仪器有限公司;

微波反应器:MCR-3 型,上海玛尼仪器设备有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 玉米抗性淀粉的制备

称量淀粉(3 g)→调淀粉乳→加热预糊化→微波处理→冷却室温→4 °C 放置得到淀粉凝胶→搅拌剪切→调 pH 值

基金项目:吉林教育厅“十二五”规划项目(编号:吉教科合字[2013]第 343 号)

作者简介:牛春艳(1981—),女,吉林农业科技学院讲师,硕士。

E-mail: niuchunyan2009@126.com

收稿日期:2015-11-29

7.0→加入耐高温 α -淀粉酶(90℃水浴30min,不断搅拌)→冷却→调pH值至4.5→加入葡萄糖淀粉酶(60℃,24h)→冷却→离心3次(3000r/min,20min)→弃上清液→放入100℃鼓风干燥箱中干燥→研磨→过筛→成品

1.2.2 单因素试验 通过单因素试验分别考察了淀粉乳浓度、辐射功率、辐照时间、辐射后回生时间等因素对抗性淀粉得率的影响。

(1) 淀粉乳浓度:配制淀粉乳浓度为15%,20%,25%,30%,35%5个浓度水平,固定辐照时间180s,辐照功率700W,辐照后回生时间30h,对淀粉乳浓度进行单因素试验。

(2) 辐射功率:选定辐照功率500,600,700,800,900W5个辐照功率水平,固定淀粉乳浓度25%,辐照时间180s,辐照后回生时间30h,对辐照功率进行单因素试验。

(3) 辐照时间:选定辐照时间60,120,180,240,300s5个辐照时间水平,固定淀粉乳浓度25%,辐照功率700W,辐照后回生时间30h,对辐照时间进行单因素试验。

(4) 后回生时间:选定回生时间10,20,30,40,50h5个水平,固定淀粉乳浓度25%,辐照功率700W,辐照时间180s,对辐照后回生时间进行单因素试验。

1.2.3 抗性淀粉得率计算 参照文献[11]¹⁵的方法检测抗性淀粉,按式(1)以干基计算抗性淀粉的得率。

$$RS = \frac{m_1}{m_2 \times 0.9} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

RS——抗性淀粉得率,%;

m_1 ——抗性淀粉的量,g;

m_2 ——葡萄糖的量,g;

0.9——葡萄糖换算为淀粉的系数。

2 结果与分析

2.1 单因素试验及结果分析

2.1.1 玉米淀粉乳浓度对玉米抗性淀粉得率的影响 由图1可知,玉米淀粉浓度为15%~30%时,玉米抗性淀粉得率随浓度得增大而增大,超过30%后玉米抗性淀粉的得率开始降低。研究^[10]表明淀粉乳浓度过高,淀粉粒就难以充分吸水膨胀,并且淀粉糊的黏度也会增大,不利于淀粉分子相互形成结晶。相反若淀粉乳的浓度过低,淀粉分子间形成结晶密度过大,也不利于抗性淀粉的形成。试验表明玉米淀粉乳浓度为30%时玉米抗性淀粉得率最高。

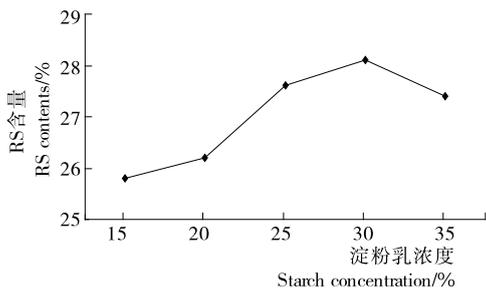


图1 淀粉乳浓度对玉米抗性淀粉得率的影响

Figure 1 Starch concentration effect on the yield of corn resistant starch

2.1.2 辐照功率对玉米抗性淀粉得率的影响 由图2可知,玉米淀粉得率随辐照功率先增加后减少,辐照功率越大其温度也就越高,但温度过高会导致淀粉分子发生降解,淀粉分子质量变小,另外RS的形成主要与直链淀粉的结晶有关,微波辐射功率过高严重影响直链淀粉分子的结晶行为,从而使得抗性淀粉含量下降。试验表明微波处理功率为800W时,玉米抗性淀粉得率最高。

2.1.3 辐照时间对玉米抗性淀粉得率的影响 由图3可知,随着辐射时间的延长,抗性淀粉得率先增加后减少。时间过短,则淀粉糊化不充分,时间过长,淀粉糊化后水分损失较多,抗性淀粉的形成均受到影响。通过试验微波时间为240s时玉米抗性淀粉得率最高。

2.1.4 回生时间对玉米抗性淀粉得率的影响 由图4可知,随着回生时间的延长,抗性淀粉得率先增加后减少。当回生过程到一定时间时,晶体开始生长,但淀粉乳在长时间的低温环境下,粘稠度也相应的提高,这就使晶体的生长受到了

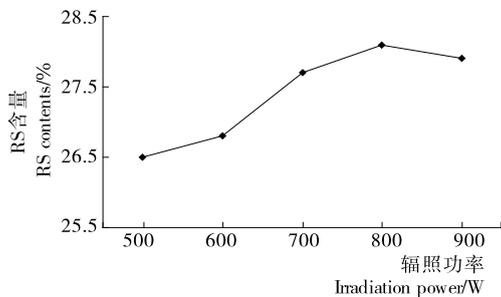


图2 辐照功率对玉米抗性淀粉得率的影响

Figure 2 Irradiation power on the yield of corn resistant starch were affected

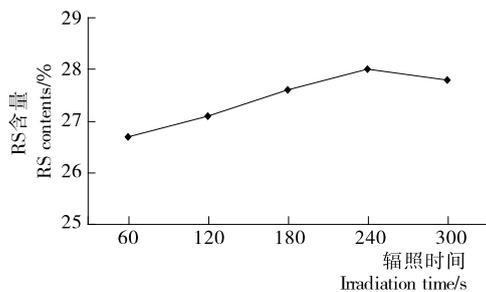


图3 辐照时间对玉米抗性淀粉得率的影响

Figure 3 Irradiation time on the yield of corn resistant starch were affected

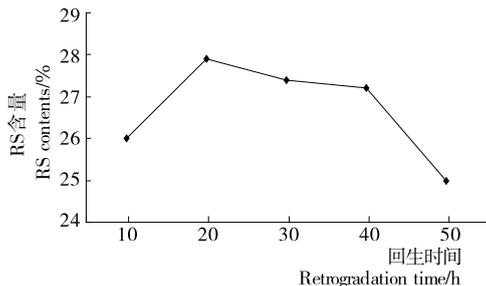


图4 回生时间对玉米抗性淀粉得率的影响

Figure 4 Time on the yield of corn resistant starch retrogradation

阻碍,所以,过长回生时间并没有使 RS 增大反而减小。本试验表明最佳回生时间为 20 h。

2.2 正交试验结果与分析

在单因素试验的基础上,以玉米抗性淀粉得率为指标,以辐照功率、辐照时间、淀粉乳浓度和回生时间为因素,选取单因素试验中各因素最佳水平及其相邻水平(见表 1)进行正交试验,确定出最佳的工艺条件。

由表 2 可知,各因素对玉米抗性淀粉得率的影响大小为 A>D>B>C,即主要影响因素为淀粉乳浓度,其次为回生时间和辐照功率,最小影响因素为辐照时间。最佳制备工艺条件为 A₂B₂C₃D₂,即淀粉乳浓度 30%,辐照功率 800 W,辐照时间 300 s,4 ℃ 回生 20 h。恰为表 2 中玉米抗性淀粉的得率最

表 1 正交试验因素水平表

Table 1 Factors orthogonal test level

试验号	A 淀粉乳 浓度/%	B 辐照 功率/W	C 辐照 时间/s	D 回生 时间/h
1	25	700	180	10
2	30	800	240	20
3	35	900	300	30

表 2 正交试验因素结果表

Table 2 Orthogonal test result table

试验号	A	B	C	D	抗性淀粉得率/%
1	1	1	1	1	26.4
2	1	2	2	2	27.1
3	1	3	3	3	26.8
4	2	1	2	3	28.0
5	2	2	3	2	28.4
6	2	3	1	1	27.8
7	3	1	3	2	27.8
8	3	2	1	3	27.3
9	3	3	2	1	26.0
k_1	26.7	27.4	27.1	26.7	
k_2	28.0	27.6	27.0	27.8	
k_3	27.0	26.8	27.7	27.3	
R	1.3	0.8	0.7	1.1	

高组。说明此即为最佳制备工艺条件,不需要进行验证实验。

3 结论

本研究在前人研究的基础上,采用微波—酶法制备玉米抗性淀粉,考察了淀粉乳浓度、辐照功率、辐照时间和回生时间对玉米抗性淀粉得率的影响,结果表明:在淀粉乳浓度 30%,辐照功率 800 W,辐照时间 300 s,4 ℃ 回生 20 h,的工艺条件下,玉米抗性淀粉的得率最高,为 28.4%。但是在制备过程中,除了本研究考察的因素以外,还有一些其他的因素如反应 pH、样品烘干方式、酶的使用温度、糊化度、酶作用时间等对抗性淀粉的具体作用还需要进一步研究。

参考文献

- [1] 唐书泽,潘元凤.微波辐射制备蚕豆抗性淀粉研究[J].食品研究与开发,2008,29(5):15-18.
- [2] 陈光,高俊鹏,薛健,等.抗性淀粉的功能特性及应用研究现状[J].吉林农业大学学报,2005,27(5):578-581.
- [3] 薛山.新型膳食纤维—抗性淀粉在食品工业中的应用及前景[J].中国高新技术企业,2009(3):86-88.
- [4] 黄志强,唐健,白永亮,等.抗性淀粉及其防治肥胖症的研究进展[J].食品与机械,2012,28(4):250-253.
- [5] 刘莎莎,李保国,郭雯丽,等.高抗性淀粉米乳饮料的稳定性研究[J].食品与机械,2013,29(6):229-231.
- [6] 刘亚伟,张杰.抗性淀粉制备工艺研究[J].食品与机械,2003(1):19-20.
- [7] 周世成,刘国琴,李琳,等.抗性淀粉的制备与应用研究进展[J].粮油食品科技,2009,17(2):51-53.
- [8] 李翠莲,方北曙,黄中培.抗性淀粉的制备及应用研究[J].湖北农业科学,2008,47(7):843-845.
- [9] 徐红华,徐丹鸿.玉米抗性淀粉的制备及其物理特性的研究[J].食品科技,2008(3):79-82.
- [10] 刘艳,周丽娜,闵伟红,等.高直链玉米抗性淀粉制备工艺的优化研究[J].安徽农业科学,2009(35):186-189.
- [11] 肖永霞.微波—酶法制备小麦抗性淀粉工艺条件优化及性质的研究[D].济南:山东轻工业学院,2009.
- [12] 朱木林,梁雯霏,李玉龙,等.微波—酶法制备甘薯抗性淀粉的工艺研究[J].食品工业科技,2014,35(16):180-183.
- [13] 王璐璐,蔡国林,朱德伟,等.球磨预处理和固态发酵对玉米秸秆饲用品质的影响[J].食品与生物技术学报,2014(11):1148-1153.
- [14] 刘元元,徐泽平.阿魏酸酯酶酶活性的分光光度法测定及影响因素的研究[J].食品工业科技,2013(13):284-288.
- [15] FERREIRA P, DIEZ N, FAULDS C B, et al. Release of ferulic acid and feruloylated oligosaccharides from sugar beet pulp by *Streptomyces tendae* [J]. Bioresource Technology, 2007, 98(8): 1522-1528.
- [16] 张麟,蔡国林,高献礼,等.粉碎及酶处理对啤酒糟理化特性的影响[J].食品与发酵工业,2013,39(12):13-18.
- [17] NIETER A, HAASE A P, LINKE D, et al. A halotolerant type A feruloyl esterase from *Pleurotus eryngii* [J]. Fungal Biology, 2014, 118(3): 348-357.

(上接第 192 页)

- [9] 林奇龄,温其标,欧仕益,等.酸解制备低聚糖阿魏酸酯的优化工艺研究[J].食品研究与开发,2012,33(6):81-85.
- [10] 姚惠源,胡敏,袁小平,等.酶法制备阿魏酰低聚糖的研究[J].食品与机械,2008,24(4):3-7.
- [11] RACHEL R S, ANDREAS B, CATRIN E T, et al. Isolation and characterization of feruloylated arabinoxylan oligosaccharides from the perennial cereal grain intermediate wheat grass (*Thinopyrum intermedium*) [J]. Carbohydrate Research, 2015, 407: 16-25.
- [12] NOBUAKI S, YOHEI T, MASAHIRO M, et al. Production of feruloylated arabino-oligosaccharides (FA-AOs) from beet fiber by hydrothermal treatment [J]. The Journal of Supercritical Fluids, 2013, 79: 84-91.
- [13] 王璐璐,蔡国林,朱德伟,等.球磨预处理和固态发酵对玉米秸