

酶解马铃薯淀粉制备脂肪模拟品的研究

丛美娟, 郭华

(湖南农业大学食品科技学院, 湖南长沙 410128)

摘要: 利用马铃薯淀粉制备酶变性淀粉, 在单因素试验的基础上选择了淀粉浆浓度、酶解温度、酶解时间进行三因素三水平的正交试验, 确定了较优的淀粉酶解工艺条件, 使酶解淀粉的DE值稍大于2。再确定酶变性淀粉的糊化温度和糊化时间, 制备用来模拟油脂的变性淀粉, 以减少食用者的热量摄入, 更加有利于人体健康。

关键词: 变性淀粉; 淀粉酶; 糊化

文章编号: 1673-9078(2012)10-1369-1373

Preparation of Fat Substitute using Enzymatic Denatured Potato Starch

CONG Mei-juan, GUO Hua

(College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Potato starch was used to prepare enzymatic denatured starch. On the basis of single factor experiments, three factors (chose concentration of starch slurry, enzymatic hydrolysis temperature and enzyme hydrolysis time) were chosen for orthogonal experiment to determine the optimum process conditions of amylase solution to keep DE value being of higher than 2. And then the pasting temperature and pasting time of enzymatic denatured starch were determined. Using enzymatic modified starch to simulate the oil in food can reduce the intake of calories and was more benefit health.

Key words: denatured starch; amy lase; gelatinization

随着生活水平的提高, 人们的饮食习惯也在改变, 在追求食品的美味与感官享受之时, 不知不觉地摄入了大量的脂肪, 而过量的脂肪摄入会引起肥胖、高血脂、高血压等一系列疾病。随着消费者对健康关注程度的日益加深, 人们也越来越意识到必须控制油脂的摄入量。但是油脂能赋予食品良好的风味、质构与组织状态, 柔滑细腻的口感也符合人们的饮食习惯, 因此, 利用其它低能量物质来模拟油脂是一个可行的办法。

油脂模拟品是指在食品中可以模拟油脂的口感、黏度和组织状态等物理特性, 但不能等量代替油脂的一类物质^[1]。它分为多种, 包括蛋白质类油脂模拟品和碳水化合物类油脂模拟品。而碳水化合物类油脂模拟品可以分为胶体型、淀粉型、纤维素型、半纤维素型、葡聚糖型以及混合型^[2]。在国外已有少量被应用到食品制造上, 而且有的已被美国FDA准许使用^[3]。

淀粉型油脂模拟品是淀粉经酸解或酶解等化学改性后制得的产品^[4], 其DE值一般为2~6^[5]。国内某些

学者研究了不同DE值的脂肪替代品的凝胶强度, 发现DE值越低, 越能在较高温度下形成凝胶, 并且凝胶强度随着DE值的减小而增加^[6]。凝胶结构可截留大量水, 水的流动性使变性淀粉的感官与质构类似脂肪, 从而起到替代的作用^[7-8]。本文将马铃薯淀粉用酶轻度水解后, 保持DE值2左右, 选择增重率、吸水率、吸油率、回生现象几个测定指标来确定部分糊化的工艺条件, 再进行了乳化性的测定, 以制备能部分替代油脂的变性淀粉, 适应消费者对低脂食品的需求。

1 材料与方法

1.1 材料、仪器设备与试剂

1.1.1 试验材料

马铃薯淀粉, 长沙市马王堆农资贸易市场购得; 水酶法菜籽油, 由湖南农业大学油脂工艺实验室提供; α -淀粉酶(酶活24000 U/mL, 适用温度50~70℃) 湖南津市湖州礼来有限公司出品。

1.1.2 主要仪器设备

SH2-82A型水浴恒温振荡器, 上海比朗仪器有限公司; DRP-9082型电热恒温干燥箱, 上海森信实验仪器有限公司; TGL-16C型高速离心机, 上海安亭科学仪器厂; E02140型电子分析天平, 梅特勒-托利多仪器有限公司; DF-101S型集热式恒温加热磁力搅拌

收稿日期: 2012-05-30

基金项目: 湖南农业大学基金资助项目(2009WD36)

作者简介: 丛美娟(1988-), 女, 硕士研究生, 从事粮油资源化学方向研究

通讯作者: 郭华(1956-), 女, 教授, 硕士生导师, 从事食品分析与粮油加工方向研究

器, 巩义市予华仪器有限责任公司; TD25-WS 型湘仪多管架自动平衡离心机, 上海卢湘仪离心机仪器有限公司; SGC200 型高剪切实验室乳化机, 上海尚贵流体设备有限公司。

1.1.3 主要试剂

氢氧化钠、盐酸、五水合硫酸铜、酒石酸钾钠、次甲基蓝、亚铁氰化钾、葡萄糖、95%乙醇、单甘酯等, 以上试剂皆为分析纯。

1.2 试验方法

1.2.1 酶解糊化工艺流程

淀粉→加水调浆→加酶→适当温度酶解→离心→加 95%乙醇和水→调温保温→离心→干燥研磨→成品

主要操作要点说明:

加酶: 对每一份淀粉浆, 加入 0.1200 g α -淀粉酶。

适当温度酶解: 置于恒温水浴振荡器中加热振荡。

离心: 流程中的两次离心分别控制在 3000 r/min 离心 10 min 和 4000 r/min 离心 10 min。

加入 95%乙醇: 高浓度醇的作用有两个, 一是使 α -淀粉酶活降低; 二是使淀粉颗粒分散, 防止温度过高引起成团。

干燥: 放入电热干燥器中, 42±3 °C 干燥 3.5 h。

1.2.2 酶解工艺条件的确定

1.2.2.1 淀粉酶解单因素试验

(1) 不同淀粉浆浓度对马铃薯淀粉水解的影响

分别称取 15.00 g、17.50 g、20.00 g、22.50 g、25.00 g 马铃薯淀粉, 配制成 15%、17.50%、20%、22.50%、25%的淀粉浆, 加入 0.1200 g 酶, 置 50 °C 水浴锅中酶解 20 min, 取出后过滤, 弃去初滤液。准确吸取 10.0 mL 滤液加入到 250 mL 容量瓶中, 用水定容至刻度。采用反滴定法^[9]测定水解液中还原糖的量, 作为评价指标。

(2) 不同酶解温度对马铃薯淀粉水解的影响

取 20.00 g 马铃薯淀粉, 配置成 20%的淀粉浆, 加入 0.1200 g 酶, 分别置于 40 °C、45 °C、50 °C、55 °C、60 °C 水浴锅中酶解 20 min, 其他操作同上。

(3) 不同酶解时间对马铃薯淀粉水解的影响

取 20.00 g 马铃薯淀粉, 配置成 20%的淀粉浆, 加入 0.1200 g 酶, 分别置于 50 °C 水浴锅中酶解 10 min、15 min、20 min、25 min、30 min, 其他操作同上。

(4) 不同酶浓度对马铃薯淀粉水解的影响

取 20.00 g 马铃薯淀粉, 配置成 20%的淀粉浆, 加入 0.0400 g、0.0800 g、0.1200 g、0.1600 g、0.2000 g 酶, 分别置于 50 °C 水浴锅中酶解 20 min, 其他操作同上。

1.2.2.2 优化酶解条件的正交试验

经过单因素试验, 选取淀粉浆浓度、酶解温度和酶解时间三因素作为指标, 做三因素三水平的正交试验, 以 DE 值为检测指标。试验因素水平设计表如下:

表 1 正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal test design

水平	因素		
	A (淀粉浆浓度/%)	B (酶解温度/°C)	C (酶解时间/min)
1	18	48	18
2	20	50	20
3	22	52	22

1.2.3 酶变性淀粉的糊化条件的确定

1.2.3.1 糊化温度的选择

为了使酶解淀粉能够更好的模拟油脂, 需要进一步加热使其部分糊化。因此在正交试验确定的酶解条件下完成酶解后, 离心去除上清液和表面的部分酶, 向 45 g 淀粉酶解物中加入 30 mL 95%的乙醇和 5 mL 水, 分别在 55 °C、60 °C、65 °C、70 °C、75 °C、80 °C 的恒温振荡水浴锅中, 保温 10 min。取出后离心干燥研磨成粉末。

分别称取 2.0 g 样品, 加入 10 mL 水, 搅拌均匀后, 放入 60 °C 恒温振荡水浴锅中, 保温 30 min, 取出后, 弃去上清液。称量记录质量。按下列公式计算增重率:

$$\text{增重率}(\%) = (\text{离心后剩余固体质量} - \text{样品质量}) / \text{样品重量} \times 100\%$$

1.2.3.2 糊化时间的测定

在上述试验确定的糊化温度下, 选择糊化时间为 5 min、10 min、15 min、20 min, 以吸油率、吸水率、回生现象三个指标进行糊化性能的测定比较, 试验操作如下:

(1) 酶变性淀粉的吸油率的测定

分别称取 0.50 g 样品, 加入 2.50 g 食用油, 搅拌 1 min, 静置 30 min。置离心机上 10000 r/min 离心 10 min, 称量游离出的油的质量。按下式进行计算:

$$\text{吸油率}(\text{g/g}) = (2.5 - \text{游离油的质量}) / 0.50$$

(2) 酶变性淀粉的吸水率的测定

脂肪模拟品能模拟脂肪的一个主要原因是它在水中能够形成类似于脂肪外观的凝胶^[8]。换句话说, 酶变性淀粉吸水越多, 表明此淀粉可以结合的水越多, 越容易形成凝胶, 能够更好地模拟替代脂肪。

分别称取 0.50 g 样品, 加入 2.50 g 水, 在 50 °C 的水浴振荡器内振摇 10 min。取出后, 在 10000 r/min 的条件下, 离心 10 min, 弃去上清液, 称取湿沉淀的质量, 计算吸水率。

$$\text{吸水率}(\%) = (\text{湿沉淀的质量} - 0.50) / 0.50$$

(3) 酶变性淀粉回生现象的测定^[10]

称取一定量的样品，配置成 10% 的淀粉乳，于 70 °C 的水浴中加热并保温 5 min，冷却至室温，将淀粉糊放入具塞刻度试管中，室温下静置 0.5 d、1 d，分别记录上清液的体积，在总体积一定的情况下，上清液的体积越大，则凝沉性越大，回生现象也就越明显。

1.2.4 乳化性能的测定

酶变性淀粉在模拟脂肪时，其性能并不能与油脂完全等同。为了达到较好的模拟效果，通常加入乳化剂，使油与淀粉两者相互融合，形成类似脂肪状的凝胶。本试验选取单甘酯为乳化剂，通过测定乳化性，判断淀粉对脂肪的模拟程度。按上述工艺制备出酶变性淀粉，用分析天平精确称取 0.50 g 制品，加入 25 mL 蒸馏水，置于沸水浴中加热糊化，保温 5 min，冷却之后，分别添加 0.5%、1.0%、1.5%、2.0% (m/V) 的单甘酯和 5 mL 水酶法制取的菜籽油的混合物，搅拌均匀后，分别放在 50 °C、60 °C 的恒温水浴锅中保温 20 min，取出后均质 (3000 r/min)，每次 30 s，均质 2 次。将乳化液转移到离心管中，以 3500 r/min 离心 10 min，量取并记录乳化层的和液体的总高度。

乳化能力(EA)% = 管中乳化层的高度 / 管中液体的总高度

2 结果与分析

2.1 酶解的工艺条件的确定

2.1.1 单因素实验结果

从图 1 数据可以看出：①随着淀粉乳浓度的增加，DE 值从 2.1 下降到 1.84。表明随着底物浓度的减少，淀粉颗粒吸水膨胀，分子间氢键受到破坏，有利于酶对淀粉分子的水解，所以底物浓度较低时 DE 值较大。②在酶解反应的 10 min 到 30 min 时间段内，DE 值变化比较平稳。表明水解时间越长，DE 值越大，即还原糖含量越高。③当酶解温度高于 50 °C，DE 值增长幅度较大。由于所选酶的适宜温度为 50~70 °C，因此温度的升高有利于反应。④酶的用量为 0.12 g 时，DE 值接近 2。此 DE 值的淀粉比较符合油脂模拟用淀粉的要求，故选择酶的用量为 1.2 mg/g 淀粉乳。

2.1.2 正交试验结果与分析

采用极差分析的方法得出 $R_B > R_A > R_C$ ，即各影响因素主次顺序为：酶解温度 > 淀粉浆浓度 > 酶解时间。试验中希望得到 DE 值稍大于 2 的产品，可以看出实验号 2 和实验号 3 符合此要求。

因为 $F_{0.05}(2,2)=19.00$ ， F_A 和 F_B 均大于 $F_{0.05}(2,2)$ ，而只有 F_C 小于 $F_{0.05}(2,2)$ ，所以 A、B 因素差异显著，C 因素差异不显著。据方差分析结果与 F 值大小判断，

A、B、C 三因素主次顺序为 $B > A > C$ ，这与极差分析结果一致。通过以上分析，得出当淀粉浆浓度为 18%、酶解温度在 50 °C~52 °C 之间、酶解时间在 20~22 min 时，可以得到 DE 值稍大于 2 的酶解淀粉。

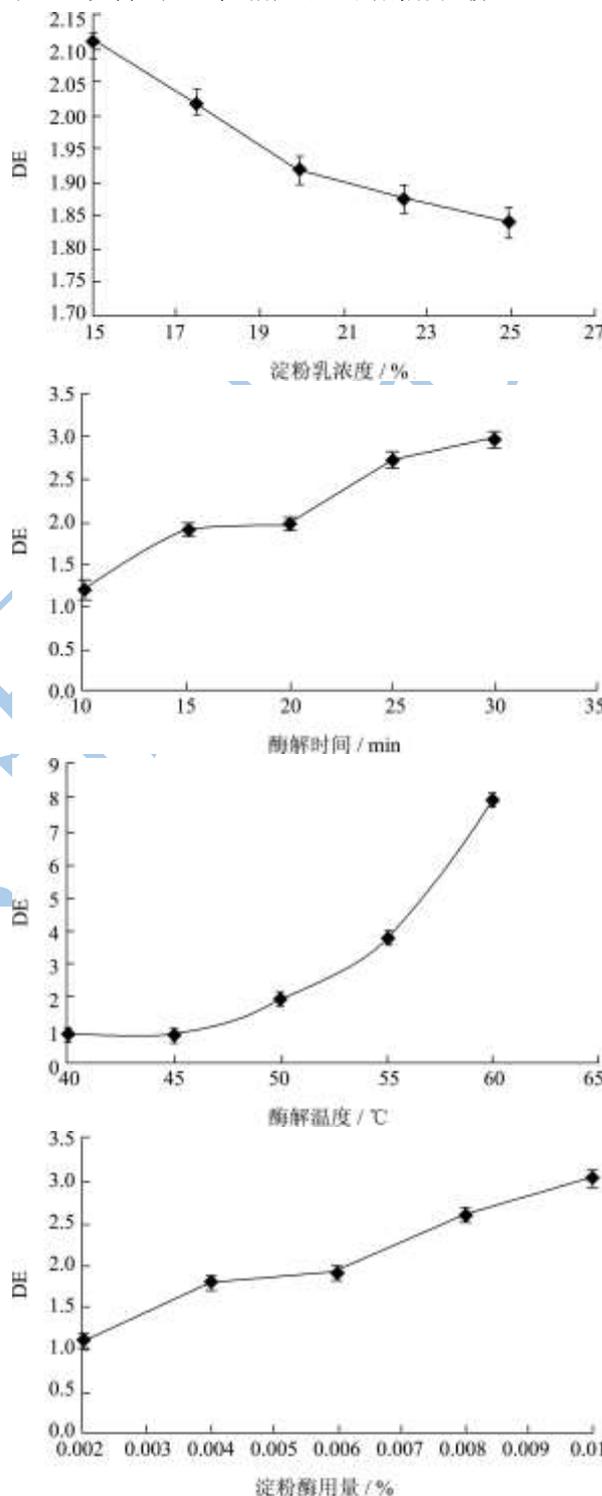


图 1 单因素对水解的影响

Fig.1 Effect of single factors on DE value

由此确定酶解马铃薯淀粉工艺的条件为：淀粉浆浓度为 18%，酶解温度为 52 °C，酶解时间为 20 min。由于此条件不在正交表所列条件内，需要进行验证试

验。故按照上面确定的优化酶解条件,重复试验3次,结果见表4。

表2 正交试验结果

Table 2 Results of orthogonal experiment

试验号	A	B	C	DE/%
1	1	1	1	1.3599
2	1	2	2	2.067
3	1	3	3	2.1562
4	2	1	2	1.4198
5	2	2	3	1.7628
6	2	3	1	1.6103
7	3	1	3	1.4208
8	3	2	1	1.6394
9	3	3	2	1.8496
K ₁	5.5831	4.2005	4.6096	
K ₂	4.7929	5.4692	5.3364	15.2858
K ₃	4.9098	5.6161	5.3398	
k ₁	1.8610	1.4002	1.5365	
k ₂	1.5976	1.8231	1.7788	5.0952
k ₃	1.6366	1.8720	1.7799	
R	0.2634	0.4718	0.2434	0.9786

表3 正交试验方差分析表

Table 3 The Anova table of the orthogonal experiment

变异来源	SS	df	MS	F
A	0.1230	2	0.0615	19.2188*
B	0.4056	2	0.2028	63.3750*
C	0.1197	2	0.0599	18.7188
误差	0.0064	2	0.0032	
总变异	0.6547	8		

表4 验证试验结果

Table 4 The Result of verification tests

试验次数	1	2	3
DE值	2.130	2.137	2.128

表4数据说明,按照正交试验确定的优化条件进行酶解试验,可以达到所需的酶解程度。

2.2 酶变性淀粉的糊化工艺条件确定

2.2.1 糊化温度的选择

表5 温度对增重率的影响

Table 5 The influence of temperature on weight increase rate

温度/℃	55	60	65	70	75	80
增重率/%	53.73	54.42	54.73	60.03	60.42	62.86

从表5中数据可以看出,随着糊化温度的升高,样品的增重率增加。增重率也反映了样品与水结合的能力的大小。增重率越大,越易结合水,而水结合得越多,模拟脂肪时产品的出品量越大,同时减少了单

位质量的能量,因此糊化温度选择80℃。

2.2.2 糊化时间的确定

表6 糊化时间对各指标的影响

Table 6 The influence of gelatinization time on each index

样品名称	检测指标		回生现象	
	吸油率/%	吸水率/%	静置0.5d上清液体积/mL	静置1d上清液体积/mL
糊化5min样	1.318	64.1	8.43	8.47
糊化10min样	1.327	80.2	7.63	7.65
糊化15min样	1.506	83.7	7.54	7.58
糊化20min样	1.540	85.2	6.77	6.80

将4个试样的三个指标进行比较发现,随着加热糊化时间延长,吸油率和吸水率都会增大。这是因为随着时间的延长,淀粉的糊化程度增高,水分子破坏了淀粉分子间的氢键,使之更易润胀溶于水。加上淀粉酶解后表面呈多孔状,增加了比表面积,吸附能力增强。在回生现象的测定中,上清液体积越大,则表明回生现象越明显。而本试验期望的是得到吸水率高,吸油率低,回生现象弱的样品。综合以上三项指标的结果,确定工艺中糊化时间为10min。

2.3 乳化性能的测定

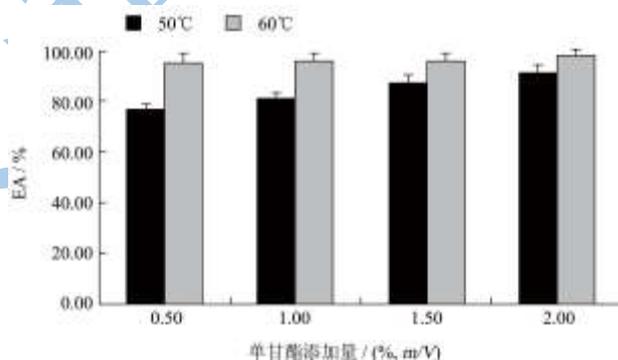


图2 温度和单甘酯用量对乳化的影响

Fig.2 Effect of temperature and glyceryl monostearate content on emulsion

从图2中数据可以看出,淀粉在60℃时的乳化性普遍高于50℃的乳化性,基本上都保持在95%以上。随着单甘酯的量的增加,乳化性会有轻微的增加。在加入乳化剂复配的时候,温度可以设在60℃,单甘酯的添加量为2%,在此条件下,制备的乳状液口感润滑、色泽呈乳黄色、组织状态细腻,类似奶油。

3 结论

3.1 通过单因素和正交试验,得知酶解温度、淀粉浆浓度、酶解时间都对淀粉水解有影响,其中酶解温度为显著因素。得到酶解马铃薯淀粉的适宜工艺条件为:淀粉浆浓度为18%,酶解温度52℃,酶解时间20min,

在此条件下可以使淀粉酶解后的 DE 值保持在稍大于 2。

3.2 酶解工艺确定之后,对淀粉进行了部分糊化试验。以增重率为检测指标,确定糊化温度为 80 ℃。综合对变性淀粉的吸水率、吸油率、回生现象三个指标的比较,选择糊化时间为 10 min。

3.3 按照工艺流程制备出了马铃薯酶变性淀粉。通过与乳化剂等复配试验发现,制品在外观、口感、颜色、质地等方面类似奶油,可以用在面包等高脂食品中替代部分油脂。

参考文献

- [1] Donald E, Fat replacers: where do we go from here? [J]. Food Technology, 1998, 52(3): 84-97
- [2] 刘永, 周家华, 曾颖. 碳水化合物型脂肪替代品的研究进展 [J]. 食品科技, 2002, 2: 40-41
- [3] 朱燕华. 低热量油脂的发展现状 [J]. 食品工业, 1992, 5: 8-11
- [4] 徐正康, 黄立新. 中国淀粉水解工业发展及其展望思考 [J]. 现代食品科技, 2009, 8: 855-857
- [5] 杨玉玲, 许时婴. 淀粉为基质的脂肪替代品 [J]. 食品工业科技, 2002, 12: 85-87
- [6] 王俊芳, 刘来亨, 等. 变性淀粉作油脂替代物工艺条件的确定 [J]. 粮食科技与经济, 2002, 3: 35-36
- [7] 杨玉玲, 许时婴, 王璋. 粳米为基质的脂肪替代品的凝胶性质 [J]. 中国粮油学报, 2003, 5: 8-11
- [8] 杨玉玲, 许时婴. 利用粳米为基质的脂肪替代品制备低脂火腿肠 [J]. 食品科学, 2006, 8: 162-164
- [9] 中华人民共和国国家卫生部. GB/T5009.7-2008. 食品中还原糖的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008
- [10] 冒寿平主编. 生化技术与生化产品开发 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002