

张军合,饶平凡,王星丽,等. 小麦 B 淀粉的液化工艺研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):366-368.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.115

小麦 B 淀粉的液化工艺研究

张军合,饶平凡,王星丽,胡蕊薪

(河南科技学院食品学院,河南新乡 453003)

摘要:为了对三相卧螺法生产谷朊粉的下脚料 B 淀粉浆进行综合开发利用,通过测定反应前后反应液的 DE 值,研究温度、时间、加酶量对 B 淀粉浆液化的影响,找出最适反应条件。结果表明:在液化过程中,DE 值先逐渐升高、之后保持相对稳定,最佳液化条件为温度 95.45 ℃、加酶量 33.55 U/g(干基)、反应时间 40 min,DE 值达到 26.27%。

关键词:小麦 B 淀粉;液化;DE 值

中图分类号: TS201.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0366-03

随着我国食品工业的发展,小麦淀粉的需求量日益增加;小麦淀粉提取工艺的特点,决定了其剩余物中存在破碎的细胞壁、流失的面筋碎片、未被吸附的小淀粉粒、戊聚糖以及溶解在其中的色素成分,即所谓的 B 淀粉^[1-3]。小麦 B 淀粉是小麦原料制备淀粉工业的下脚料,别称尾淀粉(tailings)、淤渣淀粉等,其含量达到小麦中淀粉总含量的 1/3 以上,最大比例可占小麦面粉量的 1/5^[4-5]。

小麦 B 淀粉的主要成分是和蛋白质结合在一起的淀粉,二者不易分离,给蛋白质的纯化和淀粉的回收利用带来了难度;同时戊聚糖作为能量物质,不易被单胃动物体内分泌的消化酶分解利用而造成营养障碍^[6-7],限制了其综合利用。目前,关于 B 淀粉高效利用的途径很少,大量的直接排放又会带来严重的环境问题。因此,如何变废为宝,对 B 淀粉进行高效利用,实现经济效益和环境效益的“双赢”成为亟需解决的问题^[8-9],以 B 淀粉浆为原料直接发酵利用是一个不错的选择^[10]。

本试验研究 B 淀粉液化条件,对温度、加酶量和时间 3 个因素进行了分析,研究液化过程中各 DE 值的变化规律,在此基础上通过响应面分析探索优化工艺条件^[11-12],为 B 淀粉的后续发酵利用提供依据。

1 材料与与方法

1.1 试验材料

中鹤集团三相卧螺法生产谷朊粉的 B 淀粉浆。

1.2 主要试验试剂

氢氧化钠、3,5-二硝基水杨酸(天津市德恩化学试剂有限公司);酒石酸钠钾(天津市博迪化工股份有限公司);亚硫

酸钠、葡萄糖、氯化钾(天津市科密欧化学试剂厂);盐酸(河南省郑州派尼化学试剂厂); α -耐高温淀粉酶(酶活 2 万 U/mL,河南省郑州市福源生物科技有限公司)。

1.3 主要试验仪器

LT 502 型电子天平(江苏省常熟市天量责任有限公司);722N 型可见分光光度计[精科(上海)仪器有限公司];HH-4 型恒温水浴锅(江苏省金坛市中大仪器厂);电冰箱(中国海尔集团);滤纸(浙江省杭州特种纸业业有限公司);pH 计(上海盛磁仪器有限公司);电磁炉(中国美的集团);干燥箱(浙江省余姚仪器有限公司)。

1.4 样品处理

水分含量由 105 ℃恒质量法^[13]测定。将小麦 B 淀粉从冰箱中拿出,解冻后搅拌均匀,取一定量于培养皿上并记录数据,放入干燥箱中,40 ℃干燥 30 min,105 ℃干燥,直至质量相差小于 0.002 g,得出 B 淀粉含量。原浆中干物质含量见表 1。

表 1 原浆中干物质含量

序号	原料质量(g)	干质量(g)	百分含量(%)
1	44.15	17.01	38.53
2	41.07	15.81	16.45
3	42.69	38.50	38.53

1.5 DE 值的测定

采用 DNS 法^[14]绘制标准曲线。

$$DE = (C \times V) / (1000m) \times 100\%$$

式中:C 为标准曲线求得的还原糖浓度,mg/mL;V 为稀释后体积,mL;m 为 B 淀粉质量,g。

2 结果与分析

影响小麦 B 淀粉液化程度(以葡萄糖值表示)的因素很多,主要有小麦 B 淀粉的组成、小麦 B 淀粉浆料的浓度、加酶量、反应时间、反应温度和与小麦 B 淀粉浆料的反应 pH 值等^[15]。本研究考察了小麦 B 淀粉加酶量、反应时间和反应温度 3 个因素对小麦 B 淀粉液化程度的影响,反应的 pH 值采用厂家提供的最佳 pH 值。

2.1 单因素试验

2.1.1 温度对液化结果的影响 调小麦 B 淀粉浆 pH 值为

收稿日期:2014-11-05

基金项目:国家级大学生创新训练计划(编号:201310467051);河南省教育厅科学技术重点研究项目(编号:14A550013);河南省高校科技创新团队支持计划(编号:13IRTSTHN006);河南省新乡市重点科技攻关计划(编号:ZG14029)。

作者简介:张军合(1972—),男,河南淇县人,博士,副教授,主要从事淀粉科学与工艺研究。Tel:(0373)3040038;E-mail:zjh335@126.com。

6.3~6.4, 稀释浆料浓度为 27%^[16], 加 α -耐高温淀粉酶的量 33 U/g(干基), α -耐高温淀粉酶使淀粉浆黏度迅速下降, 淀粉失去原来黏稠状, 产生液化现象^[16], 反应时间为 30 min, 反应温度分别为 91、93、95、97、99℃。

由图 1 可知, 随着温度的升高, *DE* 值增大, 即酶的活性增加; 当温度达到 95℃ 时, *DE* 值达到最大, 随后由于高温的影响, 酶活性下降直至消失, 因此 *DE* 值下降。 α -耐高温淀粉酶的最适温度为 95℃, 为了充分验证所有可能, 将响应面试验中的温度变化范围定为 90~100℃。

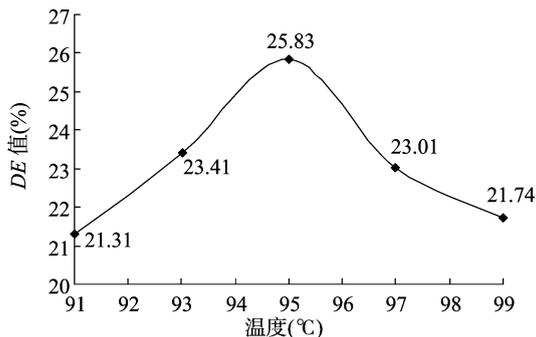


图1 温度对液化结果的影响

2.1.2 加酶量对液化结果的影响 B 淀粉浆 pH 值为 6.3~6.4, 反应温度为 95℃, 加蒸馏水稀释浆料浓度为 27%^[17], 反应时间为 30 min, 加 α -耐高温淀粉酶的量分别为 27、30、33、36、39、42 U/g(干基)。由图 2 可知, 加酶量在 27~36 U/g(干基)时, 由于酶和底物的接触概率不断加大, *DE* 值逐渐递增; 随着酶量的增加, 底物被完全饱和, 即使加酶量持续升高, *DE* 值不会增加。将响应面试验中加 α -耐高温淀粉酶的范围定为 30~36 U/g(干基)。

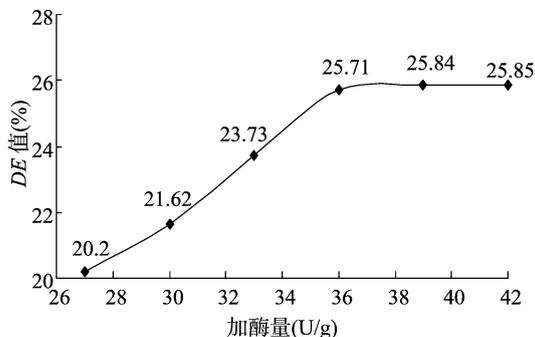


图2 加酶量对液化结果的影响

2.1.3 时间对液化结果的影响 调小麦 B 淀粉浆 pH 值为 6.3~6.4, 结合“2.1.1”节和“2.1.2”节的结果设置反应温度为 95℃、加酶量为 33 U/g, 加蒸馏水稀释浆料浓度为 27%^[16], 反应时间分别为 10、20、30、40、50、60 min^[15]。由图 3 可知, 10~40 min 递增幅度较大, 之后递增幅度减小, 考虑到生产周期和生产成本, 将响应面中的时间定为 20~40 min。

2.2 响应面试验

根据上述试验结果选择反应温度、加酶量、反应时间 3 个影响因素, 通过设计专家软件 8.0 (Design - Expert Software 8.0) 设计 3 因素 3 水平的试验。响应面试验因素水平表和试验安排见表 2 和表 3。

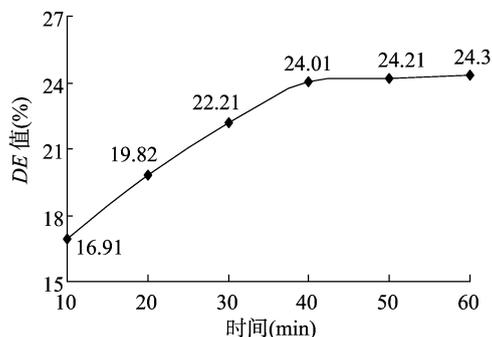


图3 时间对液化结果的影响

表2 响应面试验因素水平

因素	最低水平	中间水平	最高水平
温度 A(°C)	90	95	100
加酶量 B(U/g)	30	33	36
反应时间 C(min)	20	30	40

表3 响应面试验安排与结果

试验序号	温度(°C)	加酶量(U/g)	反应时间(min)	DE(%)
1	95	30	20	22.0
2	95	33	30	25.08
3	100	30	30	21.84
4	90	30	30	22.0
5	90	33	20	21.69
6	90	33	40	24.31
7	95	36	40	25.39
8	95	36	20	25.32
9	95	30	40	26.0
10	95	33	30	25.57
11	100	36	30	24.89
12	95	33	30	25.0
13	90	36	30	24.8
14	100	33	40	25.11
15	95	33	30	25.57
16	100	33	20	21.58
17	95	33	30	25.79

以液化液的 *DE* 值为指标, 通过 Design - Expert 8.0 对表 3 中的试验数据进行分析后得到数学模型如下:

$$DE = 25.40 + 0.078 \times A + 1.07 \times B + 1.28 \times C + 0.062 \times A \times B + 0.23 \times A \times C - 0.98 \times B \times C - 1.76 \times A^2 - 0.26B^2 - 0.47 \times C^2.$$

式中: *A* 为温度; *B* 为加酶量; *C* 为反应时间。从表 4 可知, 在本试验设定的区域范围内, 加酶量、反应时间、加酶量与反应时间交互作用的 *P* 值分别为 0.001 2、0.000 4、0.011 2, 因此, 三者对液化结果影响显著, 温度的 *P* 值为 0.714 5, 即温度对提取率的影响并不十分显著。

响应面 2 种因素得出 3 个立体图形, 如图 4、图 5 和图 6 所示, 能清晰地看出温度、反应时间、加酶量之间的关系。

通过 Design - Expert Software 8.0 软件优化得到的最佳液化工艺条件如下: 温度为 95.31℃、加酶量为 36 U/g(干基)、时间为 33.31 min, 理论液化 *DE* 值为 26.2678% (实现可能

表4 响应面试验结果方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
Model	41.36	9	4.60	13.88	0.001 1
A - 温度	0.048	1	0.048	0.15	0.714 5
B - 加酶量	9.16	1	9.16	27.66	0.001 2
C - 反应时间	13.06	1	13.06	39.43	0.000 4
AB	0.016	1	0.016	0.047	0.834 2
AC	0.21	1	0.21	0.63	0.455 1
BC	3.86	1	3.86	11.66	0.011 2
A ²	13.08	1	13.08	39.49	0.000 4
B ²	0.28	1	0.28	0.84	0.389 5
C ²	0.92	1	0.92	2.78	0.139 6
残差	2.32	7	0.33		
总差	43.68	16			

注: P值小于0.05,即该因素对响应值的影响显著。

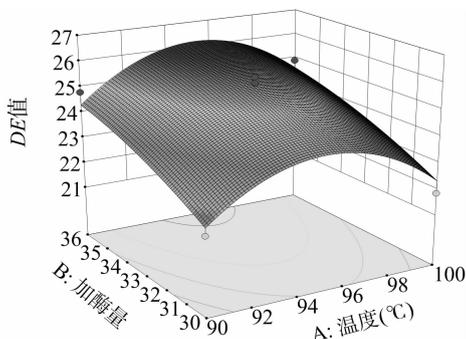


图4 加酶量与温度共同对液化结果的影响

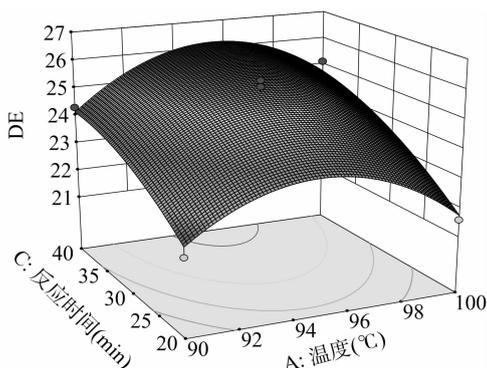


图5 反应时间与温度共同对液化结果的影响

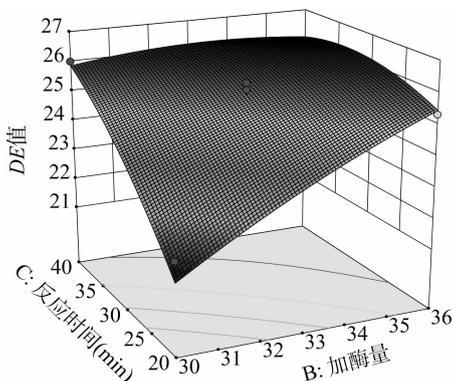


图6 反应时间与加酶量共同对液化结果的影响

性100%)。

验证试验结果(表5)显示,实际的平均提取率与理论提取率极为接近,因此本试验优化的工艺条件是切实可行的。

表5 最佳工艺条件验证

试验编号	DE值 (%)
1	26.27
2	26.24
3	26.32
平均	26.28

参考文献:

- [1] 荆彦平,刘大同,郝亚芳,等. 胚乳淀粉体分离的简易方法[J]. 江苏农业科学,2014,42(4):73-74.
- [2] Whistler R L. Methods in carbohydrate chemistry[M]. Academic Press,1965.
- [3] Chiotelli E, Meste M L. Effect of small and large wheat starch granules on thermomechanical behavior of starch[J]. Cereal Chemistry,2002,79(2):286-293.
- [4] 吴加根. 谷物与大豆食品工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社,1995.
- [5] Peng M, Gao M, Abdel-Aal A, et al. Separation and characterization of A- and B-type starch granules in wheat endosperm[J]. Cereal Chemistry,1999,76(3):375-379.
- [6] 王良东. 小麦B淀粉开发利用的研究进展[J]. 粮食与饲料工业,2004(1):19-20.
- [7] Ariette M, Peter A M. Origins of the poor filtration characteristics of wheat starch hydrolysates[J]. Cereal Chemistry,1998,75(3):289-293.
- [8] 杨劲峰,赵继红. 小麦淀粉生产废水资源化及处理技术研究[J]. 粮食与油脂,2009(2):6-8.
- [9] 金树人,黄继红. 中国小麦淀粉生产的发展与前景[J]. 广西轻工业,2005(4):5-8,4.
- [10] 王新春. 小麦淀粉废水生物处理生产酵母蛋白的研究[J]. 发酵科技通讯,2008,37(3):20-21.
- [11] 亢潘潘,胡秋林. 响应曲面法优化小麦淀粉制备麦芽糖浆糖化工艺的研究[J]. 武汉工业学院学报,2012,31(2):5-9,14.
- [12] 亢潘潘,胡秋林. 酸-酶联用液化法制备小麦淀粉麦芽糖浆的工艺研究[J]. 武汉工业学院学报,2012,31(1):8-12,17.
- [13] 柯惠玲,李庆龙. 谷物品质分析[M]. 武汉:湖北科学技术出版社,2008.
- [14] 刘俊红,谢朝晖,马雪芹,等. 生物乙醇原料——艾蒿纤维素降解优化工艺研究[J]. 中国酿造,2011(10):58-61.
- [15] 房健,陈洪兴,李朝霞,等. 酶法水解小麦B淀粉及其制备焦糖色素的研究[J]. 中国调味品,2006,1(11):46-49.
- [16] 余斌. 小麦B淀粉糖制备技术的研究及其麦芽糊精在蛋糕中的应用[D]. 无锡:江南大学,2008.
- [17] 顾正彪,王良东. 小麦A淀粉和B淀粉的比较[J]. 中国粮油学报,2004,19(6):27-30,42.