

酶法制备燕麦浆工艺研究

曹盼, 朱科学*, 彭伟, 周惠明
(江南大学食品学院, 江苏无锡 214122)

摘要:以可溶性固形物含量为指标,对 α -淀粉酶酶解燕麦制备燕麦浆的工艺进行优化。结果表明,当加酶量为6u/g燕麦,温度为55℃,时间为45min,料液比为1:8(w:w)时得到的燕麦浆的可溶性固形物含量最高,达到17.24g/100mL。然后又研究了淀粉水解程度对燕麦浆粘度、色泽和稳定性的影响,发现当DE值达到50%时,燕麦浆的粘度、色泽、稳定性基本不再变化。

关键词:燕麦浆,酶解,可溶性固形物,DE值,品质

Optimization of enzymatic processing technology of oat milk

CAO Pan, ZHU Ke-xue*, PENG Wei, ZHOU Hui-ming

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The processing technology of oat milk treated by α -amylase was studied. The optimum conditions were obtained by orthogonal array design methods and the results showed as follows: hydrolysis time 45min, dosage of α -amylase 6u/(g oat), temperature 55℃, the ratio of oat to water 1:8 (w:w). Under such conditions, the soluble solid content was 17.24g/100mL. The effects of different degree of hydrolysis on the viscosity, color and stability were also researched, these properties were stable and no longer changed when DE value achieved 50%.

Key words: oat milk; enzymatic; soluble solid content; DE value; quality

中图分类号: TS210.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2012)08-0309-05

燕麦在人类八大粮食作物中总产量居第五位^[1],主要生产国有加拿大、美国、中国、俄罗斯和澳大利亚等。我国燕麦的品种大部分是裸燕麦,主要分布在内蒙古、山西、宁夏和吉林等地,虽然种植历史悠久,产量居世界第八位^[2],但在应用研究方面尚处于起步阶段。随着人们饮食观念的改变,燕麦因其丰富的营养和独特的保健功能受到了人们的青睐,发展前景广阔。燕麦是谷类食品中最好的全价营养食品之一,蛋白质、脂肪、矿物质、维生素含量均较高,人体必需的8种氨基酸含量高且平衡。另外,燕麦中的水溶性 β -葡聚糖具有降血脂、降血糖、增强免疫力、抗氧化等功效,营养保健价值较高^[1]。目前在欧美、日本,以燕麦为原料的纯谷物饮料,与牛奶、豆类复配的饮料、发酵饮料(燕麦啤酒)等已经比较普遍,如燕麦豆浆、燕麦牛奶等^[2],但是燕麦浆的制备一直存在较大的技术难度。主要是由于燕麦中的淀粉易与 β -葡聚糖形成粘度很大的胶体^[3],甚至是凝胶;蛋白质易沉淀;淀粉在贮藏过程中出现老化而形成团块、口感变粗、风味减弱^[4]等。本实验拟通过 α -淀粉酶水解淀粉,以提高燕麦浆的可溶性固形物含量,提高原料利用率,并研究不同淀粉水解程度对燕麦浆粘度、色泽、稳定性的影响,制备出口感细腻、组织稳定的燕麦浆。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

燕麦 河南永城弥诺食品有限公司提供; α -淀粉酶(酶活1200u/mL) 无锡市雪梅酶制剂科技有限公司;羧甲基纤维素钠、海藻酸钠、黄原胶 广州越秀添加剂有限公司;3,5-二硝基水杨酸、D-葡萄糖、氢氧化钠、酒石酸钾钠、苯酚、亚硫酸钠 化学纯,国药集团化学试剂有限公司。

MZF-4L超微粉碎机 桓台东奇粉体设备有限公司;AL204电子天平 上海梅特勒公司;WAY-2WJ阿贝折光仪 上海易测仪器设备有限公司;UV-2800紫外可见分光光度计 Unico公司;THS-10精密型超级恒温槽 宁波天恒仪器厂;CR-400色差计 Onica Minolta公司;AR-1000流变仪 英国TA公司;RJ-LDL-50G低速大容量多管离心机 无锡瑞江公司;GZX-9246 MBE数显鼓风干燥箱 上海博讯实业有限公司医疗设备厂。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程 清理烘烤燕麦→超微粉碎30min→糊化→酶解→灭酶→离心→上清液→均质→调配→均质→预熟、灌装→灭菌→冷却→质检→成品

1.2.2 操作要点

1.2.2.1 清理与烘烤 首先剔除燕麦中的沙石、杂质,然后将燕麦在远红外烤箱中180℃处理30min,冷却后包装,置于干燥处,备用。

1.2.2.2 粉碎 将烘烤过的燕麦在超微粉碎机中粉碎30min。

收稿日期:2011-07-14 *通讯联系人

作者简介:曹盼(1987-),女,硕士研究生,研究方向:方便食品及其品质改良。

1.2.2.3 加水糊化 将燕麦粉和水按一定比例混合, 70℃糊化 10min。

1.2.2.4 酶解 燕麦粉和水按照不同的料液比(1:10, 1:15, 1:20, 1:25, 1:30)混合在 70℃糊化 10min, 糊化之后的燕麦浆加入不同量的酶(0.2、0.4、0.6、0.8、1、2、4、8、16、32u/g 燕麦)在一定温度(45、50、55、60、65、70、75℃)条件下酶解不同时间(10、20、30、40、50、60min), 得到酶解液。然后根据单因素实验结果设计 $L_{27}(3^{13})$ 正交实验, 因素水平表见表 1。由于酶解温度、酶解时间和料液比均会影响到酶的催化速度以及酶的稳定性, 因此, 以加酶量为主, 考察了 AB, AC, AD 的交互作用。

表 1 α -淀粉酶酶解正交实验因素水平表

Table 1 Factors and levels in the α -amylase orthogonal array design

水平	因素			
	A 加酶量 (u/g 燕麦)	B 温度 (℃)	C 时间 (min)	D 料液比 (w:w)
1	6	50	15	1:8
2	8	55	30	1:10
3	10	60	45	1:12

1.2.2.5 离心 将灭酶后的酶解液 3000r/min 离心 20min, 取上清液, 测定可溶性固形物含量和 DE 值。

1.2.3 测定方法

1.2.3.1 水溶性还原糖的测定 标准曲线的制作: 取 0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2mL 浓度为 1mg/mL 的葡萄糖标准溶液, 再分别加入对应体积的蒸馏水, 使其总体积为 2.0mL, 分别置于 25mL 比色管中, 各加入 DNS 试剂(3,5-二硝基水杨酸溶液) 1.5mL, 将各管摇匀, 在沸水浴中加热 5min, 取出后立即用流水冷却至室温, 用蒸馏水定容至 25mL, 摇匀。以空白调零, 在 540nm 处测定吸光度, 绘制标准曲线。

样品中还原糖含量的测定及计算: 取样液 2mL, 按上述方法处理, 然后测定其在 540nm 处的吸光度, 由标准曲线方程计算。

1.2.3.2 可溶性固形物的测定 折光法^[5]。在 20℃时, 以蒸馏水校正折光仪的折光率为 1.3330, 相当于干物质(固形物)含量为零。用玻璃棒加少量样品(1~2 滴)于固定的棱镜面上, 立即闭合棱镜。调节棱镜的螺旋使明暗分界线对准在十字线上, 从标尺上读取折光率(读准至 0.0001)。重复 3 次, 取 3 次测定结果的平均值, 即为样品的干物质含量。

1.2.3.3 DE 值的测定 $DE(\text{以葡萄糖计, \%}) = \text{还原糖含量} / \text{总干物质的含量} \times 100\%$

1.2.3.4 粘度的测定 取适量摇匀的燕麦浆, 按仪器要求加样, 选取 40mm 平板, 在 25℃, 剪切速率 200s^{-1} 条件下测定样品粘度。重复 3 次, 取 3 次测定结果的平均值。

1.2.3.5 色泽的测定 在比色皿中加入适量摇匀的燕麦浆, 然后将 CR-400 色差计的探头对准透光面进行测定, 在不同位置测定 3 次, 取 3 次测定结果的平均值。

1.2.3.6 离心沉淀率 SR 准确称取一定样品置于离心管中, 以 4500r/min 离心 20min, 倾去上清液, 倒置 30min, 准确称取沉淀质量, 以沉淀率 SR

(sedimentation rate) 表示体系稳定性, SR 越大, 稳定性越差。重复 3 次, 取 3 次测定结果的平均值。

$$SR(\%) = (m_1/m_2) \times 100\%$$

式中, m_1 : 样品溶液离心后沉淀物的质量(g); m_2 : 样品溶液离心前的质量(g)。

2 结果与讨论

2.1 酶解时间对燕麦浆可溶性固形物含量的影响

选取料液比 1:10, 酶解温度 60℃, 加酶量为 4u/g 燕麦, 考察酶解时间对可溶性固形物含量的影响, 结果如图 1 所示。

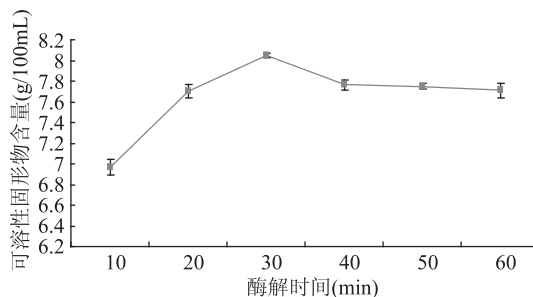


图 1 α -淀粉酶酶解时间对可溶性固形物含量的影响

Fig.1 The effect of α -amylase hydrolysis time on soluble solid content

由图 1 可以看出, 随着酶解时间的延长, 可溶性固形物含量先增大后减小。酶解时间为 30min 时最大, 当酶解时间超过 30min 时, 可溶性固形物含量略微下降。

α -淀粉酶作用于淀粉时, 将随机地从分子内部切开 α -1,4-糖苷键, 使淀粉水解生成糊精和一些还原糖, 很短的作用时间就能迅速降低淀粉溶液的粘度。在燕麦浆的生产中, 可溶性固形物含量的增加一部分是由于不溶性的淀粉大分子被水解成了可溶性的糊精和还原糖小分子, 另一方面是由于蛋白质等物质的溶出。随着液化时间的延长, 底物逐渐减少, 酶解速度减慢, 而且酶解产物的积累对酶也会有抑制作用^[6-7], 因此 DE 值将不再增加。汪正洁^[8]在酶解大米时发现, 酶解时间超过 20min 时, 米乳饮料的 DE 值即不再增加。DE 值不再增加, 可溶性的糊精和还原糖也将不再增加; 但随着酶解时间的延长, 已经溶出的蛋白质在高温条件下长时间处理, 蛋白质反而结团凝集沉淀, 在离心时被带入沉淀中, 导致蛋白质的损失, 最终导致可溶性固形物总量降低。因此酶解时间控制在 30min 较好。

2.2 料液比对燕麦浆可溶性固形物含量的影响

选取酶解时间 30min, 酶解温度 60℃, 加酶量 2u/g 燕麦, 考察料液比对可溶性固形物含量的影响, 结果如图 2 所示。

从图 2 可看出, 可溶性固形物含量随着料液比的提高, 逐渐下降, 这是因为可溶性固形物溶出速率远低于料液比中水的增加速率。而可溶性固形物溶出率先增加后下降, 这可能是因为较低底物浓度时, 酶分子只能与部分底物相结合, 随着底物浓度增加, 结合的酶越多, 直到饱和。此后进一步增加底物浓度反应速度不再提高, 且会因底物浓度过高而减

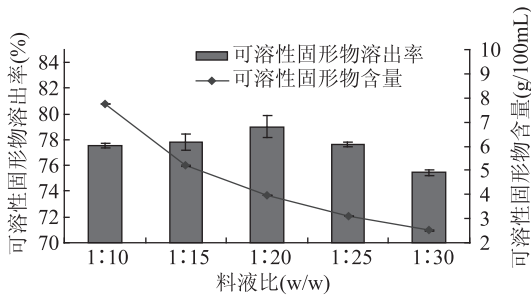


图2 料液比对可溶性固形物的影响

Fig.2 The effect of solid-to-liquid ratio on the soluble solid

少酶与底物结合的几率,降低反应速度^[9]。随着料液比的提高,底物浓度逐渐降低,因此反应速度变慢,淀粉水解程度降低。但是料液比持续增大会使燕麦浆的燕麦风味不足,失去天然谷物原有的浓厚质感和香味,营养价值也下降,因此不能无限制地提高料液比。实验发现,当料液比从1:10增加到1:20时,可溶性固形物溶出率只增加了约1.5%,但是可溶性固形物含量却下降了约2倍,因此综合考虑,实验确定燕麦浆的料液比为1:10。

2.3 酶解温度对燕麦浆可溶性固形物含量的影响

选取酶解时间30min,料液比1:10,加酶量2u/g燕麦,考察酶解温度对可溶性固形物含量的影响,结果如图3所示。

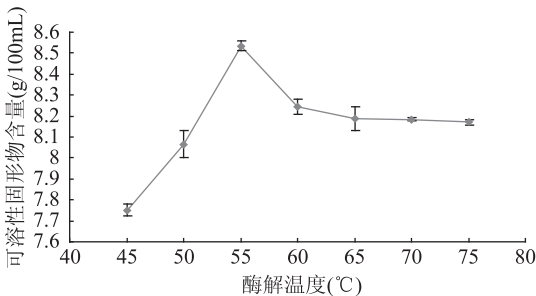


图3 酶解温度对可溶性固形物含量的影响

Fig.3 The effect of α -amylase hydrolysis temperature on soluble solid content

从图3可以看出,随着酶解温度的提高,可溶性固形物含量先上升然后逐渐降低。从45°C到55°C,可溶性固形物含量迅速上升,在55°C时达到最大;从55°C到60°C,可溶性固形物含量迅速下降,而再提高酶解温度,可溶性固形物含量下降缓慢,基本保持不变。这可能是因为使用的 α -淀粉酶的最适作用温度约在55°C左右,此时淀粉的水解程度较大,随着温度的升高,酶活力逐渐下降,淀粉水解程度降低,因此可溶性固形物含量也逐渐降低。实验酶解温度控制在55°C。

2.4 加酶量对燕麦浆可溶性固形物含量的影响

选取酶解时间30min,料液比1:10,酶解温度55°C,考察加酶量对可溶性固形物含量的影响,结果如图4所示。

从图4可以看出,当加酶量从0.2u/g燕麦增加到1.0u/g燕麦时,可溶性固形物含量增加缓慢,然后从1.0u/g燕麦增加到2.0u/g燕麦时,可溶性固形物含量迅速增加,在加酶量达到8u/g燕麦时,可溶性

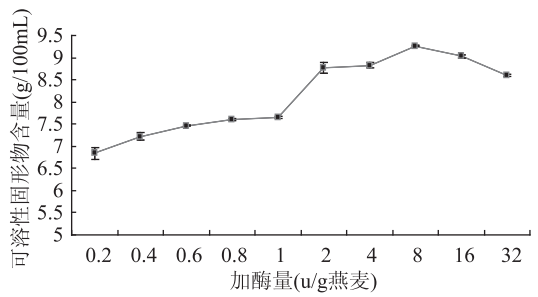


图4 加酶量对可溶性固形物含量的影响

Fig.4 The effect of α -amylase concentration on soluble solid content

固形物含量达到最大,然后再提高加酶量对可溶性固形物含量影响不大。这可能是因为底物浓度一定的情况下,加酶量达到一定程度后,随着酶量的增加,单位酶作用底物减少了,淀粉的水解程度也随之降低;而且加酶量也影响着生产成本。饶国华^[10]的研究表明,当酶浓度从4%提高到5%时,提取率也出现下降的现象。因此实验选择加酶量为8u/g燕麦。

2.5 正交实验

根据单因素实验结果,采用四因素三水平即 $L_{27}(3^4)$ 进行正交实验,因素水平见表1,正交实验方案及结果见表2。

从表2和表3可以看出,对可溶性固形物影响次序为料液比>时间>温度>加酶量,料液比和时间的的影响均达到了显著水平;而且因素之间的交互作用不明显,可以忽略,因此最佳条件为 $A_1B_2C_3D_1$,即加酶量6u/g燕麦,温度55°C,时间45min,料液比1:8,此时可溶性固形物含量为17.24g/100mL。对DE值影响次序为加酶量>时间>料液比>温度,但只有加酶量的影响达到了显著水平,虽然加酶量和温度的交互作用影响也较大,但还未达到显著水平,因此可以主要考虑加酶量对DE值的影响。最佳条件为: $A_2B_1C_1D_2$,即加酶量8u/g燕麦,温度50°C,时间15min,料液比1:10,此时DE值68.82%。在实际生产中,应该根据生产目的(高固形物含量还是高DE值)来选取相应的工艺条件。

2.6 淀粉水解程度对燕麦浆品质的影响

2.6.1 淀粉水解程度对燕麦浆粘度的影响 取不同淀粉水解程度的燕麦浆在25°C,剪切速率为200s⁻¹的条件下测定其粘度,结果如图5所示。

由图5可知,随着淀粉水解程度的加深,粘度迅速下降,DE值达50%时,变化趋于平缓。这是因为淀粉是由直链淀粉和支链淀粉平行密接形成的网囊,水分子不易进入网囊,也不易从网囊流出,而淀粉酶把淀粉分子迅速断裂成糊精、麦芽糖或葡萄糖小分子,水分子就容易进出,淀粉浆的粘度也随之急剧降低^[11]。

从Stocks定律^[12]可知,饮料中微粒的沉降速度与蛋白质颗粒直径的平方、介质和蛋白质的密度差成正比,与介质粘度成反比。沉降速度越小,悬浮液的动力稳定性越好。一些植物蛋白饮料发生的非酸败沉淀分层现象,多是由于其粘度过小,导致沉降速度较大,破坏了乳状液的沉降平衡而造成的。实验

表2 正交实验方案及结果

Table 2 Orthogonal array design matrix and experimental results of the solid content and DE value

实验号	A	B	(AB) ₁	(AB) ₂	C	(AC) ₁	(AC) ₂	(AD) ₂	D	(AD) ₁	可溶性固形物含量 (g/100mL)	DE 值 (%)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14.48	37.85
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	9.99	35.90
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	9.19	45.56
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	10.83	41.00
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	7.7	36.80
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	17.24	38.16
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	9.05	35.63
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	14.13	35.78
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	9.38	37.92
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	9.83	68.82
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	7.27	63.77
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	16.1	65.13
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	8.53	51.83
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	13.47	57.80
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	11.43	68.45
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	12.39	63.58
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	9.11	58.60
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	8.43	63.45
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	8.01	48.61
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	12.09	49.77
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	11.25	54.84
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	14.77	57.93
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	9.72	52.77
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	10.07	54.08
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	9.97	51.59
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	7.51	51.06
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	13.54	54.29
k ₁	11.332	10.912	10.906	10.901	10.873	11.071	11.008	11.312	14.246	11.224		
k ₂	10.729	11.529	11.110	10.783	10.110	10.826	11.170	10.537	10.168	10.861		
k ₃	10.770	10.390	10.816	11.147	11.848	10.934	10.653	10.982	8.418	10.746		
R	0.603	1.139	0.294	0.364	1.738	0.245	0.517	0.775	5.828	0.478		
k' ₁	38.289	52.250	52.191	50.481	50.760	51.679	50.873	51.268	51.143	50.044		
k' ₂	62.381	50.980	52.291	50.534	49.139	50.658	51.516	50.651	52.210	50.564		
k' ₃	52.771	50.211	48.959	52.426	53.542	51.104	51.052	51.522	50.088	52.872		
R'	24.092	2.039	3.332	1.945	4.403	1.021	0.643	0.871	2.122	2.868		

表3 方差分析表

Table 3 Variance analysis of the solid content and DE value

方差来源	可溶性固形物					DE 值				
	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性 ($\alpha=0.05$)	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性 ($\alpha=0.05$)
A	2.045	2	1.046	5.140		2647.534	2	67.821	5.140	*
B	5.850	2	2.991	5.140		19.102	2	0.489	5.140	
AB	1.029	4	0.263	5.140		86.753	4	1.111	5.140	
C	13.656	2	6.983	5.140	*	89.226	2	2.286	5.140	
AC	1.529	4	0.391	5.140		6.709	4	0.086	5.140	
D	160.961	2	82.305	5.140	*	20.267	2	0.519	5.140	
AD	3.851	4	0.984	5.140		45.177	4	0.579	5.140	
误差	5.87	6				117.11	6			

发现,酶解后的燕麦浆,即使酶解程度很小,粘度也迅速下降;再提高酶解程度,粘度虽继续下降,但幅度较小。这是因为酶解之后的燕麦浆粘度差别不大,都很小,因此在燕麦饮料加工中,应加入一些增稠剂来提高燕麦浆的粘度,来提高燕麦浆的稳定性。

2.6.2 淀粉水解程度对燕麦浆色泽的影响 随着淀粉水解程度的加深,燕麦浆的颜色也逐渐变深。用色差计测定不同 DE 值的燕麦浆,结果见图 6。

从图 6 可以看出,燕麦浆的 L* 随着 DE 值的增大而减小,但是减小幅度很小;b* 随着 DE 值增大而增大,增幅也不大;DE 值达 50% 时,两者变化均趋于平缓。说明燕麦浆的明度在逐渐降低,而黄色的程度越来越深,这与直观观察结果一致。在实验中发现,经过酶解后,燕麦浆的颜色变深,不再是较暗的白色,而是变成了很浅的褐色,可能是由于美拉德反应所致。

2.6.3 淀粉水解程度对燕麦浆稳定性的影响 酶解

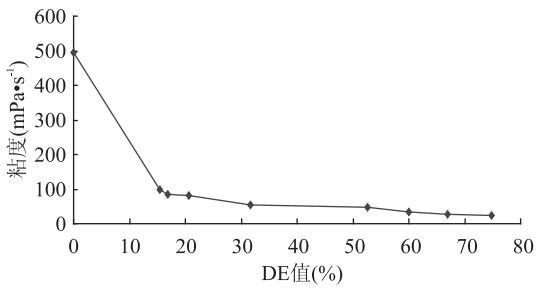


图5 淀粉水解程度对燕麦浆粘度的影响
Fig.5 The effect of different hydrolyze level on the oat milk viscosity

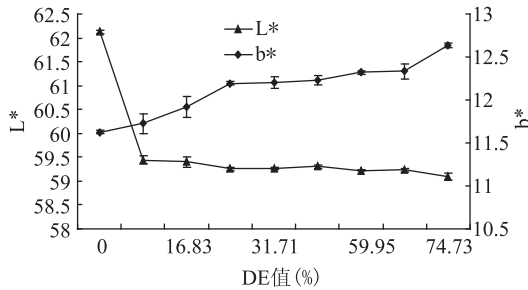


图6 淀粉水解程度对燕麦浆色泽的影响
Fig.6 The effect of different hydrolyze level on the oat milk color

之后的燕麦浆粘度都比较小,沉淀量相差不大,因此本实验在燕麦浆中加入一定量的复合稳定剂^[13]后在4500r/min离心20min,计算其离心沉淀率,结果见图7。

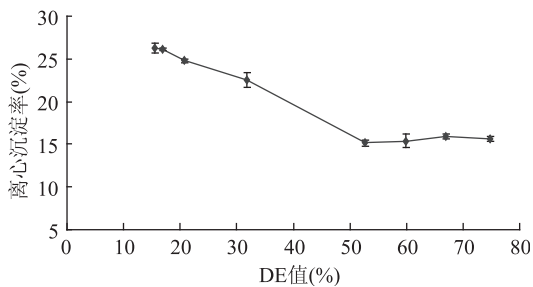


图7 淀粉水解程度对燕麦浆离心沉淀率的影响
Fig.7 The effect of different hydrolyze level on the oat milk centrifugal sedimentation rate

由图7可知,离心沉淀率随着淀粉水解DE值的增大先逐渐下降,当DE值超过50%时,燕麦浆的离心沉淀率基本不再下降。因此,当淀粉水解程度达

到50%时,在后期贮藏过程中淀粉老化将不再对饮料体系的稳定构成威胁。

3 结论

对 α -淀粉酶酶解制备燕麦浆工艺参数进行优化,通过对加酶量、酶解时间、酶解温度、料液比的单因素及正交实验结果的分析讨论,得出了制备燕麦浆的最佳酶解工艺。本实验主要以可溶性固形物为考察指标,结果表明,加酶量为6u/g燕麦,温度为55℃,时间为45min,料液比为1:8,此时得到的燕麦浆的可溶性固形物含量17.24g/100mL。同时研究了淀粉水解程度对燕麦浆粘度、色泽、稳定性的影响,发现当淀粉水解DE值达到50%时,燕麦浆的粘度、色泽和稳定性的变化均很小,基本保持不变。

参考文献

- [1]胡新中,魏益民,任长忠.燕麦品质与加工[M].北京:科学出版社,2009:7.
- [2]周素梅,申瑞玲.燕麦的营养及其加工利用[M].北京:化学工业出版社,2009:117.
- [3]徐康,傅亮,孙颖莺,等.酶法制备燕麦乳饮料的工艺研究[J].食品与机械,2009,25(4):138-140.
- [4]鲁卉,姚远,高景阳.液态谷物饮料原淀粉抗老化问题探讨[J].饮料工业,2010,13(6):26-29.
- [5]大连轻工业学院等合编.食品分析[M].北京:中国轻工业出版社,1995.
- [6]高群玉,黄立新,黄农荣.耐高温 α -淀粉酶作用于谷物粉液化水解性质的研究[J].中国粮油学报,2001,16(6):1-4.
- [7]Ramesh MV, Lonsane BK.Characteristic and novel feather of thermostable α -amylase produced by Bacillus licheniformis M27 under Solid-state fermentation[J].Starch,1990,162:277-285.
- [8]汪正洁.米乳饮料生产工艺研究[D].武汉:华中农业大学,2005.
- [9]张斌.酶法制备全赤豆饮料[D].南昌:南昌大学,2005.
- [10]饶国华.酸性红枣松仁复合蛋白饮料加工工艺研究[D].西安:陕西师范大学,2003.
- [11]陈奇.防止高淀粉质饮料沉淀的方法[J].食品与机械,2000(2):29-30.
- [12]周建均.酸性含乳果汁饮料稳定性探讨[J].饮料工业,2001,4(6):17-21.
- [13]Viturawong Y, Achayuthakan P, Suphantharika M. Gelatinization and rheological properties of rice starch/xanthan mixtures: Effects of molecular weight of xanthan and different salts [J].Food Chemistry,2008,111:106-114.

(上接第308页)

- [7]Zheng SQ, Jiang F, Gao HY.Preliminary observations on the antifatigue effects of longan (Dimocarpus longan Lour) seed polysaccharides[J].Phytother Res,2010,24(4):622-624.
- [8]涂佳,邓学良,李志海,等.响应面法优化野生毛葡萄中原花青素醇提工艺的实验[J].湖南林业科技,2010,37(1):1-6.
- [9]洪新,唐克,牟晓刚,等.葡萄籽中原花青素铁盐催化比色法的测定条件研究[J].河南工业大学学报:自然科学版,2009,30(6):41-46.
- [10]贾佳,杨磊,祖元刚.落叶松树皮原花青素的匀浆提取及响应面法优化[J].林产化学与工业,2009(3):78-84.

- [11]李华,肖付才,袁春龙,等.铁盐催化比色法测定葡萄籽超微粉中原花青素[J].食品研究与开发,2007,28(9):114-117.
- [12]秦玉玲,车凤斌,李疆,等.新疆特色果品中原花青素含量的分析比较[J].新疆农业科学,2009,46(3):484-487.
- [13]张瑜,张换换,李志洲.红毛丹果皮中原花青素提取及其抗氧化性[J].食品研究与开发,2011,32(1):188-192.
- [14]侍朋宝,陈海菊,柴菊华,等.番茄红素提取工艺参数的研究[J].食品研究与开发,2009,30(11):9-12.
- [15]李琼,何纯莲,李志光,等.响应面优化百合多糖提取条件[J].食品研究与开发,2010,31(12):37-41.