

一种褐色酸奶的研制

马志梅, 褚少兴, 康云峰, 曹佳琪 (石家庄市兄弟伊兰食品配料有限公司, 河北石家庄 050800)

摘要 [目的] 解决市场上褐色酸奶出现的口感稀薄、风味不足、乳清析出等技术问题。[方法] 以牛奶和葡萄糖为原料, 经过热处理发生美拉德反应, 接种乳酸菌发酵制成褐色酸奶产品。考察葡萄糖添加量、褐变工艺、复合稳定剂、菌种对褐色酸奶品质的影响。[结果] 褐色酸奶的最优配方为葡萄糖最适添加量 5%, 褐变参数 95 °C、120 min, 复合稳定剂添加量 0.3%, 接种 Yo-C571-F 菌种。[结论] 该研究能够给低温乳企工业化生产褐色酸奶提供指导和帮助。

关键词 褐色酸奶; 葡萄糖; 稳定剂; 褐变工艺

中图分类号 S879.1; TS252.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)33-0090-04

Development of a Brown Yoghurt

MA Zhi-mei, CHU Shao-xing, KANG Yun-feng et al (Shijiazhuang Brothers Eland Ingredient Co. Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050800)

Abstract [Objective] The aim was to solve problems of brown yoghurt in market, such as thin texture, lack of flavor, and precipitation of whey. [Method] With milk and glucose as raw materials, after heat treatment of the Maillard reaction, inoculating lactic acid bacteria for fermentation, brown yoghurt products were obtained. Effects of glucose added amount, browning technique, compound stabilizer, strains on quality of brown yoghurt were investigated. [Result] The optimal formula of brown yoghurt was as following: glucose 5%, browning parameters 95 °C, 120 min, compound stabilizer 0.3%, inoculating strain Yo-C571-F. [Conclusion] The study can provide guidance and help for milk enterprises to produce brown yoghurt in low temperature.

Key words Brown yoghurt; Glucose; Stabilizer; Browning technique

随着生活水平的不断提高, 人们对于食品口味和营养的要求也越来越高。酸奶以其独特的风味和营养价值受到越来越多消费者的青睐^[1]。相关研究显示^[2], 2009—2014 年我国酸奶市场总销售量大幅度增长。褐色酸奶是近两年兴起的新品类, 与传统酸奶最大的区别是色泽, 该产品不添加色素, 是通过工艺、配料加工形成暖色调, 并带有独特焦甜的风味。

褐色酸奶作为酸奶家族中的一个新品类, 国内市场上已经见到有烧酸奶、熟酸奶、俄罗斯风味酸奶, 但是缺少对其系统地研究, 市场上的产品质量极不稳定, 常见的问题有产品析水、沙质感、风味不足等。国外相关的类似加工技术的产品有日本的养乐多、俄罗斯的格瓦斯等, 相同之处就是产品的加工过程利用美拉德反应生成自然的颜色和焦甜风味。养乐多产品也是采用牛奶和葡萄糖经过美拉德反应, 接种乳酸菌发酵再调配而成的一种乳饮料^[3]。格瓦斯则是面包屑接种酵母菌、乳酸菌发酵的一种生物饮品^[4]。目前, 对牛奶经过褐变接种发酵剂制成酸牛奶产品的研究很少, 笔者通过

对褐色酸奶大料、菌种、稳定剂、工艺的研究, 结合感官评定和稳定性考察, 确定最优的褐色酸奶配方和加工工艺。

1 材料与方法

1.1 材料 原料及主要试剂: 无抗鲜牛乳、白砂糖(食品级), 市售; 葡萄糖, 山东西王糖业有限公司; XD 复配乳化增稠剂, 石家庄市兄弟伊兰食品配料有限公司; 直投式发酵剂 A, 科汉森有限公司; 直投式发酵剂 B, 丹尼斯克有限公司; 直投式发酵剂 C, 一然生物科技有限公司; 其他试剂均为分析纯。

主要仪器: 电子天平; pH 计, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; 试验型 APV 高压均质机, 丹麦 APV 公司; 搅拌器, 德国 IKA 公司; Brookfield DV-II 黏度计, 美国博力非公司; 电热恒温培养箱, 上海跃进医疗器械有限公司; 杀菌锅; 超净工作台; Turbiscan Tower 垂直扫描分散稳定性分析仪, 法国 Formulacion 公司。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程。褐色酸奶具体加工工艺流程见图 1。

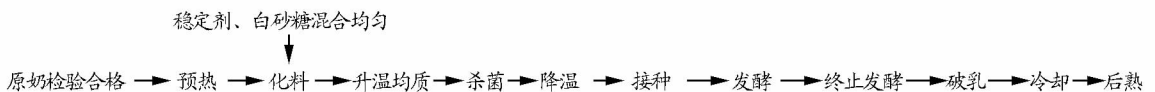


图 1 褐色酸奶加工工艺流程

Fig. 1 The processing technological course of brown yoghurt

1.2.2 操作要点。

1.2.2.1 原料乳。符合 GB19301—2010《生乳 食品安全国家标准》, 由于原料乳不同季节脂肪和蛋白质的含量会发生变化, 同时影响酸奶的质地、口感和风味, 所以要求新鲜的液态乳必须标准化或强化, 即脂肪或非脂乳固体含量达到国家

标准。

1.2.2.2 稳定剂的添加^[3]。在酸牛奶中添加稳定剂的主要目的是增强和保持酸乳的良好特性, 如质地、结构、稠度、外观和口感。酸乳凝乳在生产过程中常常遭受机械处理, 如破乳搅拌、冷却器泵送、灌装机泵送、长保质期酸乳发酵后进行热处理, 结果会使酸乳黏度降低或者在一定程度上出现乳清分离。因此, 稳定剂的加入能够改善这些问题。稳定剂需要与白糖干混均匀, 防止结块。采用 55~60 °C 的热奶高速搅

作者简介 马志梅(1981-), 女, 河北定州人, 高级工程师, 硕士, 从事乳品科学与技术研究。

收稿日期 2016-09-21

拌 15 min 至完全溶解。

1.2.2.3 均质^[5]。均质能够把脂肪球打碎,一些酪蛋白胶粒打碎与新形成的脂肪球结合,使乳体系更稳定,防止酸乳在发酵过程中形成“油脂层”。均质温度在 60~65℃,压力在 15~20 MPa。

1.2.2.4 杀菌^[5-6]。酸奶加工工艺中杀菌的主要作用概括如下:破坏或杀灭致病的和其他不良的微生物;产生酸乳发酵剂的促进/抑制因子;乳清蛋白变性,改善产品的组织结构,提高产品稠度和防止乳清析出;蛋白质和葡萄糖长时间在高温条件下发生美拉德反应,使酸奶产生特有的风味和色泽,也是褐色酸奶生产中最为关键的工艺点。杀菌的工艺参数设定 95℃,120 min。

1.2.2.5 接种发酵。接种是造成酸乳微生物污染的主要环节之一,要严格操作程序,防止细菌、霉菌、酵母、噬菌体及其他微生物的污染。为了保证菌种的均匀一致,接种前用灭菌好的生理盐水稀释菌粉,用移液枪接种。杀菌后牛奶降温至 42~43℃,接入菌粉,并充分搅拌均匀,放置生化培养箱发酵。

1.2.2.6 终止发酵。发酵终点以产品的 pH 计,pH 在 4.5~4.6 终止发酵。

1.2.2.7 破乳冷却。冷却是用来控制发酵剂及其酶的代谢

活性的,产品到达发酵终点凝乳冷却立即开始,用冰水给酸奶降温至 20~25℃,120 r/min 搅拌 10 min 破乳。

1.2.2.8 冷却、后熟^[4-6]。由于酸乳菌种在 10℃ 左右生长活性受限,因此冷却的目的是尽快将凝乳温度从 42℃ 降到 10℃ 以下,以控制产品的最终酸度。冷藏除了控制后酸,还有一个目的就是产生酸乳香味物质,改善酸奶的硬度,酸乳的风味是多种风味物质互相平衡的结果,香味物质呈现的高峰期在终止发酵后 12 h,酸乳冷藏条件是 4℃,时间 12~24 h。

1.2.3 发酵过程监测。将接种后的牛奶灌装至 Turbiscan 检测盒中,设定恒温为 42℃。监测从牛奶到酸奶的整个凝胶过程,监测跟踪时间为 14 h,每 10 min 扫描 1 次。同时在线跟踪产品的 pH,分析 Turbiscan 曲线与 pH 的对应关系。

在线 pH 监测,每 5 min 读数 1 次,监测 14 h。

1.2.4 表观黏度的测试。所有的样品都保存在 4℃ 冰箱冷藏,在测量黏度的时候能保持同一温度。用博力非黏度计 3 号转子 30 r/min 测量黏度,30 s 读数。

1.2.5 产品的感官评价。褐色酸奶的感官评价采用评分制,从以下 3 个方面:风味(包括甜度、酸度、发酵香气、粉味、异味)、质构(包括稠厚感、黏口感和顺滑感)和外观(包括颜色、组织状态)进行评估,评分标准见表 1。理想的产品分数最高,存在缺陷的方面不同程度地扣分。

表 1 褐色酸奶的感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation standard of Brown yoghurt

评价指标 Evaluation Indicator	权重 Weight	评分标准 Evaluation standard//分				
		非常强 Very strong	强 Strong	一般 General	较轻 Relatively light	很轻 Very light
风味 Aroma	20	10	8	6	4	2
稠厚感 Thick feeling	10	20	16	12	8	4
黏口感 Sticky texture	10	20	16	12	8	2
顺滑感 Smooth feeling	10	20	16	12	8	2
色泽 Colour and lustre	30	10	8	6	4	2
组织状态 Organization state	20	20	8	6	4	2

在对样品进行 12 h 冷藏和 24 h 所需温度储存(制作后 36 h)之后进行评估。品评小组人员 7 人,由石家庄市兄弟伊兰食品配料有限公司专业技术人员组成。

2 结果与分析

2.1 不同菌种对褐色酸奶品质的影响 酸乳发酵剂是酸乳生产的核心原料。根据对产品口感和风味的要求可以选温和度不同,产胞外多糖不同的菌种。传统的发酵剂是由嗜热链球菌(ST)和保加利亚乳杆菌(LB)构成^[5]。该研究采用河北一然生物科技的直投式发酵剂。筛选 3 款发酵剂,监测发酵过程,并进行感官评价,最终筛选出褐色酸奶最适的发酵剂。

2.1.1 发酵过程监测。酸奶的发酵过程通常采用监测 pH 来反映酪蛋白胶粒的凝胶过程,但是监测 pH(从 6.5 到 4.5)只能获得较少的数据。该研究采用 Turbiscan 监测酸奶的发酵过程,Turbiscan Tower 是采用近红外光源,通过检测样品的透射光和背散射光的光强值变化,反映样品体系的变化。应

用在酸奶发酵过程的监测能够直观地看到酸奶的凝胶点、发酵过程以及发酵稳定期。

从图 2 可以看出 3 个菌种的差异,最高曲线是 Yo-C342-F,4 h 到达凝胶点,基本进入平稳期,2~4 h 进入快速变化期,说明该发酵剂产酸速度非常快;中间曲线是 Yo-C571-F 前期发酵过程比较缓慢,达到拐角点(凝胶点)需要 6 h,8 h 以后进入平稳期;最下方是 Yo-C351-F 曲线,乳酸菌的生长速度与 Yo-C342-F 接近。曲线最终的高度不同,代表凝胶的硬度不同,Yo-C342-F 曲线发酵速度快,凝胶硬度大,曲线高;Yo-C571-F 最终产品凝胶硬度居中,Yo-C351-F 硬度最小。

为验证图 2 的分析结果,同时在线监测 3 个菌种发酵过程的 pH,综合图 2、图 3 可以看出产品的 pH 与 Turbiscan 有对应关系,Yo-C571-F 的前期发酵速度缓慢,相比较图 2 Turbiscan 曲线能够很详细地监测酸牛奶的凝胶过程,两者结合可以分析酸牛奶的发酵过程。

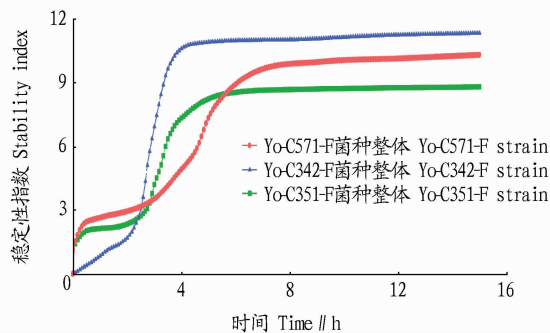


图2 菌种的发酵过程监测

Fig. 2 Monitoring of strain fermentation process

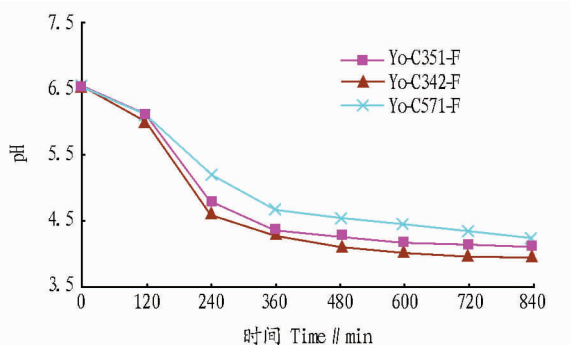


图3 菌种发酵过程 pH 监测曲线

Fig. 3 The pH monitoring curve of strain fermentation process

表2 不同菌种感官评价结果

Table 2 Sensory evaluation of different strains

菌种型号 Strain No.	风味 Aroma	稠厚感 Thick feeling	黏口感 Sticky texture	顺滑感 Smooth feeling	色泽 Colour and lustre	组织状态 Organization state	合计得分 Total
Yo - C342 - F	16	6	6	8	30	18	84
Yo - C351 - F	12	6	6	6	30	16	76
Yo - C571 - F	20	8	8	8	30	18	92

表3 影响褐色酸奶品质的 $L_9(3^4)$ 正交试验因素水平设计Table 3 Factors and levels of $L_9(3^4)$ orthogonal test of influencing quality of brown yoghurt

水平 Levels	因素 Factors		
	葡萄糖添加量(A) Added amount of glucose//%	褐变温度(B) Browning temperature// $^{\circ}\text{C}$	褐变时间(C) Browning time//min
1	3	92	90
2	5	95	120
3	7	98	150

品口感偏稀,很容易析水。该研究使用的 XD 复配稳定剂主要成分是变性淀粉、琼脂、瓜尔胶、双乙酰酒石酸单双甘油酯。设计不同的添加量,通过理化指标检测和感官评价,确定最适用量。

由图4可以看出,复配稳定剂在一定添加量范围内可以增加产品黏度,添加达到一定量,黏度反而会降低,分析原因可能是胶体的添加量过大阻碍了乳蛋白凝胶网络的形成,黏度不能提升。通过图4得出褐色酸奶稳定剂的添加量范围

2.1.2 不同发酵剂的感官评价。由表2可以看出,不同的菌种在风味和口感上差异显著,在色泽和组织状态上差异不大。综合评价得出, Yo - C571 - F 菌种在风味、稠厚度和顺滑感方面最优。从图2可以看出, Yo - C571 - F 的长酸速度慢,发酵时间长,产品醇香浓郁,口感顺滑。

2.2 葡萄糖添加量与褐变时间和温度的关系 影响美拉德反应的主要因素有 pH、温度、糖的种类和浓度以及金属离子^[3]。褐色酸奶的独特风味和色泽取决于美拉德反应的程度,而反应的程度与产品的颜色直接相关,即颜色越深美拉德反应程度越高,风味越浓郁。实际生产中长时间热处理温度通常在 90 ~ 95 $^{\circ}\text{C}$ ^[7],该研究考察葡萄糖添加量、反应温度、反应时间的影响,设计正交试验,试验因素水平设计见表3,试验结果见表4。

产品感官评价的差异性主要体现在风味和色泽上。由表4分析,褐变的温度对产品感官评价影响最大,影响的重要性大小排序依次为褐变温度、葡萄糖添加量、褐变时间。由表4得出最佳组合为 $A_2B_2C_3$,但通过表4比较得出, C_2 和 C_3 对应的 K 值比较接近,考虑到生产效率和成本的问题,可以把 C 的参数优化为 C_2 ,优化后的最佳组合为 $A_2B_2C_2$,即葡萄糖的添加量为 5%,褐变温度为 95 $^{\circ}\text{C}$,褐变时间 120 min。

2.3 稳定剂对褐色酸奶品质的影响 褐色酸奶在加工过程中需要 95 $^{\circ}\text{C}$ 、120 min 的褐变反应,蛋白质结构发生变化,成

为 0.2% ~ 0.4%。

表4 影响褐色酸奶品质的 $L_9(3^4)$ 正交试验分析结果Table 4 The results of $L_9(3^4)$ orthogonal test of influencing quality of brown yoghurt

试验号 Test No.	因素 Factors			感官评价 Sensory evaluation 分
	A	B	C	
1	1	1	1	60
2	1	2	2	74
3	1	3	3	68
4	2	1	2	62
5	2	2	3	90
6	2	3	1	76
7	3	1	3	64
8	3	2	1	66
9	3	3	2	78
K_1	67.333	62.000	67.333	
K_2	76.000	76.667	71.333	
K_3	69.333	74.000	74.000	
R	8.667	14.667	6.667	

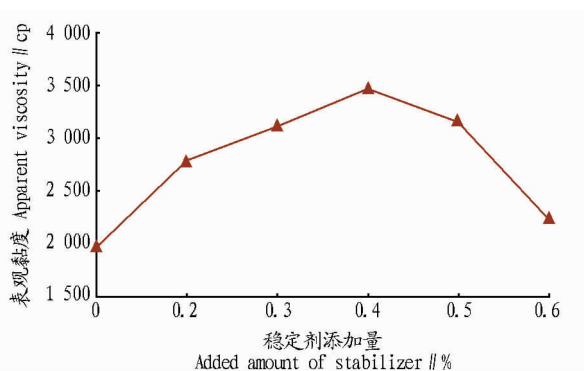


图4 稳定剂添加量对酸奶黏度的影响

Fig. 4 Effects of stabilizer added amount on yoghurt viscosity

添加复配稳定剂能够增加蛋白质凝胶的密度,促进乳蛋白凝胶的形成,使网络更加紧密,体系的连续性增强,直接表现为感官评价的稠度和顺滑感提升^[8-10]。该试验在稳定剂添加量为0、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%时,所得褐色酸奶感官评价得分依次为70、84、90、80、76、72分。不添加稳定剂的空白样品,口感粗糙、稠厚度低;添加量到0.4%,酸奶口感偏稠,风味释放性偏差。综合成本分析,褐色酸奶稳定剂添加量0.3%时产品稠度和顺滑感最优。

2.3.1 优化配方制作的酸奶保质期内的评价。为验证以上结论,按研究选择最佳的葡萄糖添加量、最适菌种和稳定剂添加量,在95℃、120 min褐变工艺条件下制作的褐色酸奶在保质期21 d检测黏度、酸度的变化和感官评价。并取未添加稳定剂样品作为空白样,市场购买的褐色酸奶为对对照。

2.3.2 保质期内产品黏度的变化。黏度是搅拌型酸奶生产过程中最重要的控制项目之一,是反应酸奶质量好坏的重要指标^[11-13]。从图5中可以看出,酸奶在储藏过程中黏度呈现先上升后下降的趋势。比较添加稳定剂后酸奶的回黏较大,放置28 d后黏度开始出现轻微下降。空白样品放置21 d后黏度开始下降。复配稳定剂的添加,提高了酸奶的表现黏度,延缓了酸奶黏度下降的时间,提升了酸奶在储存期内的稳定性。

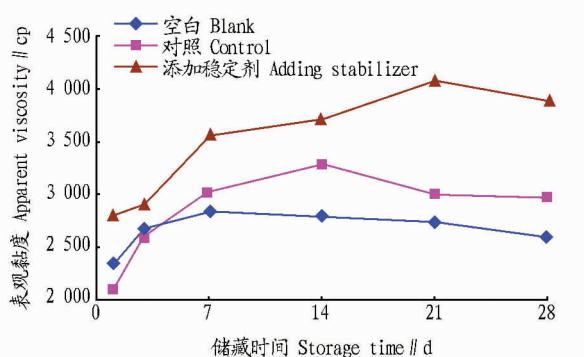


图5 褐色酸奶在储存过程中表现黏度的变化

Fig. 5 The change of brown yoghurt apparent viscosity in storage process

2.3.3 保质期内的感官评价。从图6可以看出,酸奶在1~3 d品评时效果最佳,7 d以后随着乳酸菌的生长,酸味和口感都发生变化,相比较市售产品和添加稳定剂方案,保质期

内变化较小,都在可接收的范围内。相比较不添加稳定剂的空白样品保质期内的口感变化较大。

综合试验数据分析,采用上述方法确定的葡萄糖用量及褐变工艺参数、菌种、稳定剂用量优化制作的褐色酸奶呈暖褐色焦甜味,醇香风味浓郁,口感稠厚顺滑,优于市售对照样品。

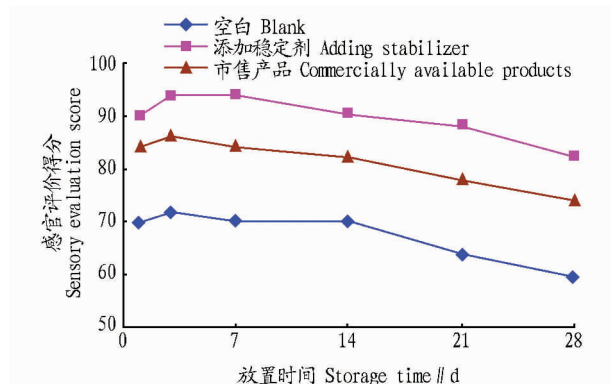


图6 褐色酸奶在储存过程中感官评价

Fig. 6 Sensory evaluation of brown yoghurt in storage process

3 结论与讨论

该试验通过对发酵过程的监测和产品感官评价分析,确定最佳菌种采用一然生物的Yo-C571-F,该菌种发酵的酸奶产品醇香浓郁与焦甜味相得益彰。使用Turbiscan分析检测牛乳的凝胶过程,可以对发酵过程做详细的记录分析。

通过葡萄糖添加量、褐变温度、褐变时间的正交试验结果得出,褐变温度对产品的风味和色泽影响最大,确定葡萄糖最适添加量为5%,褐变温度为95℃,时间120 min。

采用石家庄市兄弟伊兰食品配料有限公司褐色酸奶专用稳定剂,能够提升产品的稠度和顺滑感,最适添加量0.3%。与市场上同类产品比较,在提升产品黏度和感官评价方面都优于对照产品。

该研究做出的褐色酸奶在21 d保质期内表现黏度和感官评定指标稳定,焦甜味浓郁,口感浓厚顺滑,可为褐色酸奶的工业化生产提供指导和帮助。褐色酸奶风味和稳定性的提升,使该品类更具特色,必将成为我国乳业酸奶市场发展的一大亮点。

参考文献

- [1] 宗宪峰. 酸奶的营养价值与保健功能[J]. 中国食物与营养, 2008(9): 60-61.
- [2] 冯伟芳. 中国乳业酸奶市场新风尚[J]. 中国乳业, 2015(8): 28-31.
- [3] 田建军, 张开屏, 刘静, 等. 养乐多酸奶配方的研究[J]. 中国酿造, 2011(12): 179-183.
- [4] 隋春光, 褚洋洋. 格瓦斯生产工艺的研究现状[J]. 包装与食品机械, 2013, 31(2): 60-62.
- [5] 陈历俊, 乔为仓. 酸乳加工与质量控制[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2010.
- [6] 泰米迈 A Y, 罗宾逊 P K. 酸乳科学与技术[M]. 姜竹茂, 译. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [7] 王延平, 赵谋明, 彭志英, 等. 美拉德反应产物研究进展[J]. 食品科学, 1999(1): 15-19.
- [8] 徐致远, 吴艳, 郭本恒, 等. 一种褐色益生菌乳饮料的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 242-244.

表4 低脂榛仁蛋白饮料的正交试验结果

Table 4 The orthogonal test result of low-fat hazelnut protein beverage

试验号 Test No.	因素 Factors					感官评分 Sensory scoring //分
	榛仁粕(A) Hazelnut meal	脱脂奶粉(B) Dried skimmed milk	白砂糖(C) Sugar	稳定剂(D) Stabilizer	乳化剂(E) Emulsifier	
1	1	1	1	1	1	78
2	1	2	2	2	2	80
3	1	3	3	3	3	91
4	1	4	4	4	4	93
5	2	1	2	3	4	75
6	2	2	1	4	3	79
7	2	3	4	1	2	94
8	2	4	3	2	1	82
9	3	1	3	4	2	86
10	3	2	4	3	1	95
11	3	3	1	2	4	82
12	3	4	2	1	3	80
13	4	1	4	2	3	96
14	4	2	3	1	4	90
15	4	3	2	4	1	82
16	4	4	1	3	2	77
k_1	85.50	83.75	79.00	85.50	84.26	
k_2	82.50	86.00	79.25	85.00	84.25	
k_3	85.75	87.25	87.25	84.50	86.50	
k_4	86.25	83.00	94.50	85.00	85.00	
极差(R)	3.75	4.25	15.50	1.00	2.25	

3 结论与讨论

榛仁粕是榛仁加工过程中的主要副产物,其中含有丰富的蛋白质,并且带有浓郁的榛仁香气,可用来加工产品,提高了榛仁副产物的利用率。以榛仁粕为主要原料的榛仁蛋白饮料具有榛仁特有的香味,组织状态细腻,口感柔和。其最佳配方是榛仁粕添加量 11.00%,脱脂奶粉添加量 4.00%,白砂糖添加量 4.00%,稳定剂总添加量 0.09%,乳化剂添加量 0.07%,该产品中蛋白质的含量达到了 1.94%,具有很高的营养价值,是一款低成本的高档健康饮品。

目前许多坚果果壳在加工过程中都被当做废弃物焚烧,但是许多研究表明,坚果果壳中含有丰富的营养成分,如多酚、黄酮、蛋白质、功能性多糖等,这些物质具有很高的营养价值,以后可以优化提取这些活性物质的工艺,用于功能性食品的开发,从而提高坚果资源的利用率。

参考文献

- [1] 侯智霞,原牡丹,刘雪梅,等.我国榛子生产研究概况[J].经济林研究,2008,26(2):123-126.
- [2] DEMIRBAS A. Partly chemical analysis of liquid fraction of flash pyrolysis products from biomass in the presence of sodium carbonate[J]. Energ Con-

vers Manage,2002,43(14):1801-1809.

- [3] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会.固体饮料卫生标准:GB7101—2003[M].北京:中国标准出版社,2004.
- [4] JAYA S,DAS H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties [J]. Journal of food engineering,2004,63(2):125-134.
- [5] 李宁,苏淑钗,景淼,等.榛子的国内外研究概况[J].山东林业科技,2011,41(1):96-98.
- [6] ERDOGAN V,AYGUN A. Fatty acid composition and physical properties of Turkish tree hazel nuts[J]. Chem Nat Compd,2005,41(4):378-381.
- [7] 全梦卓,赵文恩.榛子的综合利用[J].广州化工,2013,41(21):28-30.
- [8] 张成军.实验设计与数据处理[M].北京:化学工业出版社,2009:8-82.
- [9] 杨李.山药花生露的加工工艺研究[D].保定:河北农业大学,2013:16-18.
- [10] CHILDS J L,DRAKE MARYANNE. Consumer perception of astringency in clear acidic whey protein beverages[J]. Journal of food science,2011,75(9):513-521.
- [11] 吴晓菊,谢亚利.大豆巴旦木植物蛋白饮料的工艺研究[J].农产品加工,2013(8):34-35.
- [12] JACOBSON J. Beverage survey finds high protein, natural are top trends [J]. Dairy foods,2015,11:6.
- [13] DAVID S,LIVNEY Y D. Potato protein based nanovehicles for health promoting hydrophobic bioactives in clear beverages [J]. Food hydrocolloids,2016,57:229-235.

(上接第93页)

- [9] 徐致远,周凌华,王荫榆.卡拉胶、瓜儿豆胶与果胶复配在酸奶中的应用[J].乳业科学与技术,2009,32(6):259-262.
- [10] 李志国,李娟.变性淀粉的性质及在搅拌型酸奶中的应用[J].中国食品添加剂,2005(5):91-94.
- [11] EVERETT D W,MCLEOD R E. Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim milk yoghurt[J]. International dairy

journal,2005,15(11):1175-1183.

- [12] HELLINGS C,SOMSEN D J,KOENRAADS J P J M. Viscosity of stirred yoghurt: Modern techniques useful in analysis and improving routine measurements[J]. Neth Milk Dairy J,1986,40:217-240.
- [13] 沈辉.酸乳发酵凝乳过程中的理化性质和生物活性[J].无锡轻工大学学报,2000,19(5):443-445.