

以全蛋为原料制备双蛋白发酵乳工艺优化

吕凯波^{1,2}, 巢诚², 张星雨², 夏卿², 徐文广², 陈静², 张芳芳²

(1. 天津科技大学 生物工程学院, 天津 300457; 2. 武汉工商学院 环境与生物工程学院, 湖北 武汉 430065)

摘要: 采用单因素试验和正交试验法研制双蛋白发酵乳。结果表明: 鸡蛋酶解液、豆浆、牛奶体积比为 1:3:1 时效果较好; 蔗糖添加量为 7% (质量分数)、发酵菌接种量为 10%、发酵温度为 43 °C、发酵时间 5 h 时制备发酵乳感官评分较高, 为 90.68±0.11。向双蛋白发酵乳中添加 D-异抗坏血酸钠 0.10%、β-环糊精 0.20%、羧甲基纤维素钠 0.15%、卡拉胶 0.10% 时制得成品, 感官评分较高, 为 95.42±0.45。产品理化分析结果为持水率(57.45±0.06)%, 酸度(83.67±0.57)°T, 脂肪含量(2.66±0.04) g/100 g, 非脂肪固体含量(9.22±0.06) g/100 g, 蛋白质含量(2.60±0.01) g/100 g, 多肽含量(0.45±0.01) mg/g, 符合 GB 19302—2010《食品安全国家标准 发酵乳》要求。

关键词: 双蛋白; 发酵乳; 正交试验; 工艺; 全蛋

Preparation of Double Protein Fermented Milk from Whole Eggs

LÜ Kaibo^{1,2}, CHAO Cheng², ZHANG Xingyu², XIA Qing², XU Wenguang², CHEN Jing², ZHANG Fangfang²

(1. College of Biological Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China;

2. School of Environmental and Biological Engineering, Wuhan Technology and Business University, Wuhan 430065, Hubei, China)

Abstract: The preparation conditions of double protein fermented milk were studied by single factor and orthogonal experiments. The results showed that the effect was better when the volume ratio of egg enzymolysis solution, soybean milk and milk was 1:3:1. The best sensory quality of the fermented milk was scored 90.68±0.11 points when the fermentation was carried out with sucrose addition of 7% (mass fraction) and inoculation amount of 10% at 43 °C for 5 h. With the addition of sodium D-isoascorbate at 0.10%, β-cyclodextrin at 0.20%, carboxymethyl cellulose sodium at 0.15%, and carrageenan at 0.10%, the double protein fermented milk had the best sensory quality, which was scored 95.42±0.45 points. The product showed the water holding capacity of (57.45±0.06)%, the acidity of (83.67±0.57)°T, fat content of (2.66±0.04) g/100 g, non-fat solid content of (9.22±0.06) g/100 g, protein content of (2.60±0.01) g/100 g, and polypeptide content of (0.45±0.01) mg/g, which was in line with request of GB 19302—2010 'National food safety standard Fermented Milk'.

Key words: double protein; fermented milk; orthogonal test; technology; whole egg

引文格式:

吕凯波, 巢诚, 张星雨, 等. 以全蛋为原料制备双蛋白发酵乳工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(5): 145-151.

LÜ Kaibo, CHAO Cheng, ZHANG Xingyu, et al. Preparation of Double Protein Fermented Milk from Whole Eggs[J]. Food Research and Development, 2024, 45(5): 145-151.

双蛋白食品是以优质动植物蛋白为主要营养基料配制研发的新型营养食品^[1],《国民营养计划(2017-2030年)》指出要着力发展双蛋白食品,实施“中国特色双蛋白工程”^[2-3]。双蛋白食品具有促进肌肉蛋白的合成、增强免疫力、调节骨脂代谢等功效^[4-5],而蛋白质

分子经过发酵更易被人们消化和吸收,具有改善肠道健康、缓解乳糖不耐症等功能^[6-8]。鸡蛋中含有丰富的蛋白质,生物价可达 94%,营养学家称之为标准蛋白质^[9-10]。鸡蛋煮熟并酶解后具有较强抗氧化能力并能有效减少过敏反应^[11-12],是蛋白质食品的优质原料。

基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划项目(202213242009); 武汉工商学院科学研究项目(A2021005)

作者简介: 吕凯波(1982—),女(汉),教授,博士在读,研究方向: 食品生物技术。

近几年国内对双蛋白食品的研究逐渐增多,如大豆玉米双蛋白^[13]、刺梨双蛋白奶制品^[14]、花生双蛋白发酵乳^[15]等,多是在豆乳和牛乳的基础上添加其他植物蛋白或适量风味物质调配而成,产品原料和加工方式比较单一,以鸡蛋或其酶解液作为原料制备双蛋白食品工艺鲜有报道。

牛奶中钙含量高,能有效弥补鸡蛋液中钙含量较低的问题;鸡蛋通过酶解后与豆浆混合发酵可有效掩盖蛋腥味,解决豆浆中蛋氨酸不足的问题。鸡蛋酶解液、豆浆、牛奶共同作为原料,其发酵产品既能具有高钙高蛋白的营养性又能具有较好的口感。本试验以鸡蛋酶解液、豆浆和牛奶为原料,通过单因素和正交试验得出最佳发酵条件,以期丰富新产品研发提供新思路。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黄豆(十月稻田黄豆)、鸡蛋、全脂灭菌纯牛奶:市售;中性蛋白酶(5万U/g):圣斯德有限公司;佰生优酸奶发酵菌(嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌、瑞士乳杆菌质量比为10:3:4):善恩康生物科技(苏州)有限公司;石油醚(分析纯):天津市永大化学有限公司;D-异抗坏血酸钠、 β -环糊精、羧甲基纤维素钠、卡拉胶(均为食品级):富康生物有限公司;硼酸、氨水、氢氧化钠、硫酸、盐酸、酚酞(均为分析纯):天津市凯通化学试剂有限公司;甲基红、亚甲基蓝、七水硫酸钴(均为分析纯):天津市百世化工有限公司;硫酸铜(分析纯):天津市河北区

海晶精细化工厂;硫酸钾(分析纯):北京亚太龙兴化工有限公司;甘氨酸-甘氨酸-酪氨酸-精氨酸(glycine-glycine-tyrosine-arginine, Gly-Gly-Tyr-Arg)标准品(纯度 $\geq 95\%$):Sigma公司;胰蛋白酶(2000U/g):杭州三叶生物化工厂;Protamex复合蛋白酶(150000U/g):Novozyme公司。

1.2 仪器与设备

DJ12B-A605SG豆浆机:九阳股份有限公司;JM2002电子分析天平:上海轩澄仪器有限公司;HN25S恒温培养箱:北京市恒诺利兴科技有限公司;UV-9100紫外可见分光光度计:北京瑞利分析仪器公司;BO220恒温水浴锅:上海试验仪器厂有限公司;GZX-9420MBE电热恒温鼓风干燥箱:上海博迅实业有限公司医疗设备厂;LD5-2A低速离心机:北京医用离心机厂。

1.3 试验方法

1.3.1 酶解液的制备

鸡蛋洗净煮熟后冷却剥壳碾碎,与水按质量比3:7(即鸡蛋质量分数为30%)混合搅拌均匀过50目筛,按0.3g/100mL比例加入中性蛋白酶,50℃下酶解2h,95℃灭活30min后得到鸡蛋酶解液备用^[16]。

1.3.2 豆浆的制备

将黄豆干豆浸泡24h后,干豆与水按质量比1:8放入豆浆机煮沸研磨,冷却过滤得到豆浆备用^[16]。

1.3.3 发酵乳制备工艺

将鸡蛋酶解液、豆浆和牛奶按一定比例混合制备双蛋白发酵原料液,发酵制得双蛋白发酵乳,加入添加剂调配得到成品^[16]。具体工艺见图1。

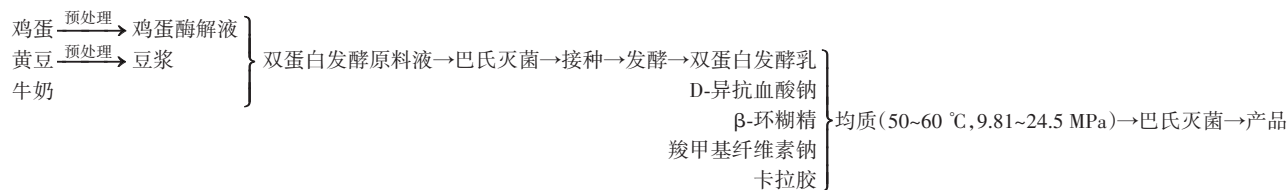


图1 发酵乳制备工艺

Fig.1 Preparation process of fermented milk

1.3.4 双蛋白发酵乳发酵工艺研究

1.3.4.1 鸡蛋酶解液、豆浆、牛奶比例筛选

在蔗糖添加量为8%(质量分数)、发酵菌接种量为12%、发酵温度为40℃、发酵时间为4h条件下发酵,考察鸡蛋酶解液、豆浆、牛奶不同占比对感官评分的影响。

1.3.4.2 发酵单因素试验

在鸡蛋酶解液、豆浆、牛奶体积比为1:3:1时,考察蔗糖添加量、发酵菌接种量、发酵温度、发酵时间4个因素对双蛋白发酵乳感官评分的影响。

蔗糖添加量的影响:在发酵菌接种量为12%、发

温度为40℃、发酵时间为4h条件下,考察蔗糖添加量(6%、7%、8%、9%、10%)(质量分数)对感官评分的影响。

发酵菌接种量的影响:在蔗糖添加量为8%(质量分数)、发酵温度为40℃、发酵时间为4h条件下,考察发酵菌接种量(6%、8%、10%、12%、14%)对感官评分的影响。

发酵温度的影响:在蔗糖添加量为8%(质量分数)、发酵菌接种量为12%、发酵时间为4h条件下,考察发酵温度(39、41、43、45、47℃)对感官评分的影响。

发酵时间的影响:在蔗糖添加量为8%(质量分数)、发酵菌接种量为12%、发酵温度为40℃条件下,考察发酵时间(2、3、4、5、6h)对感官评分的影响。

1.3.4.3 发酵正交试验设计

根据单因素试验结果,选择蔗糖添加量、发酵菌接种量和发酵时间 3 个因素,以感官评分作为考察指标,按表 1 设计 L₉(3³)的正交试验,确定最佳发酵工艺。

表 1 正交试验因素与水平
Table 1 Factors and levels of orthogonal test

水平	因素		
	A 蔗糖添加量/%	B 发酵菌接种量/%	C 发酵时间/h
1	7	10	4
2	8	12	5
3	9	14	6

1.3.5 双蛋白发酵乳的调配

经反复筛选,加入 D-异抗坏血酸钠 0.10%、β-环糊精 0.15%、羧甲基纤维素钠 0.20%、卡拉胶 0.10%,将其中一个因素添加量设置为 0.10%、0.15%、0.20%,其他因素不变,考察其持水率、感官评分、酸度,以感官评分为指标确定添加剂的用量。

1.3.6 感官评价

每次组织品评人 10 名,男女各半,参照文献[17]并稍作修改制定评分标准,见表 2,从色泽、气味与滋味、组织状态、杂质四方面对产品品质进行评价,采用百分制计算评价结果^[18]。

表 2 发酵乳的感官评价标准
Table 2 Sensory evaluation criteria of fermented milk

感官指标	评分标准	分数
色泽	色泽均匀一致,呈产品特色	8~10
	色泽过淡,或色泽过深	4~<8
	色泽异常	<4
气味与滋味	鸡蛋特有的风味适中,酸甜度适中	51~60
	鸡蛋风味过重蛋腥味,酸甜适中	41~<51
	特殊风味不足,酸甜协调	31~<41
	无特殊风味有豆腥味或奶腥味,酸甜不协调	20~<31
	有其他异味,如臭味、霉味等且味道酸甜不协调	<20
组织状态	组织均匀细腻,表面光洁,无乳清析出	15~20
	组织较均匀,少量乳清析出	10~<15
	产品分层,大量乳清析出	<10
杂质	纯净一致,无其他异物	5~10
	有明显可见异物	<5

1.3.7 产品品质分析指标

持水率的测定参照文献[18]的方法并稍作修改,取 10 mL 样品放入离心管,离心管质量记 w_1 (g),加入样品后的质量记为 w_2 (g),离心速度为 6 000 r/min,离心 10 min,静置 10 min,吸去上清液,此时质量记为 w_3 (g)。持水率(M ,%)计算公式如下。

$$M=(w_3-w_1)/(w_2-w_1)\times 100$$

酸度参照 GB 5009.239—2016《食品安全国家标准 食品酸度的测定》^[19]中的方法进行测定。

脂肪含量参照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》^[20]中索氏抽提法进行测定。

非脂乳固体含量参照 GB 5413.39—2010《食品安全国家标准 乳和乳制品中非脂乳固体的测定》^[21]进行测定。

蛋白质含量参照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》^[22]中凯氏定氮法进行测定。

多肽含量的测定:参照文献[23]的方法测定,用三氯乙酸法沉淀大分子蛋白质离心过滤后,在上清液中加入双缩脲试剂,540 nm 下测定其 OD 值,测得 Gly-Gly-Tyr-Arg 四肽标准曲线为 $y=0.368 1x+0.001 2$ ($R^2=0.999 7$),根据标准曲线计算多肽含量。

1.4 数据处理

试验重复 3 次,结果以平均值和标准差表示,采用 Excel 2016 计算作图,SPSS 27 统计分析数据。

2 结果与分析

2.1 双蛋白发酵液制备及发酵工艺优化

2.1.1 鸡蛋酶解液、豆浆、牛奶体积比筛选

在蔗糖添加量为 8%(质量分数)、发酵菌接种量为 12%、发酵温度为 40 ℃、发酵时间为 4 h 条件下,根据 1.3.3 制备双蛋白发酵乳,其感官评分见表 3。

由表 3 可知,当鸡蛋酶解液添加量占比 40% 以上时,改变另外两个原料比例,评分均在 75.00 分以下,表现为气味与滋味较差,可能是因为酶解液过多使发酵乳具有明显蛋腥味。

当鸡蛋酶解液添加量占比 40% 以下且豆浆占比 40% 以下时,其气味与滋味得分变化不明显,但组织状态得分较高。可能是鸡蛋中低密度脂蛋白、卵黄球蛋

表 3 双蛋白发酵液组成比例及感官评分结果

Table 3 Composition ratio and sensory evaluation of the double protein fermented milk

编号	鸡蛋酶解液/mL	豆浆/mL	牛奶/mL	体积比	色泽	气味与滋味	组织状态	杂质	总分
1	80	10	10	8:1:1	7.21±0.33	43.10±0.54	14.39±0.33	8.20±0.21	72.90±1.41
2	60	20	20	3:1:1	7.11±0.43	42.20±0.38	15.59±0.41	7.20±0.29	72.10±1.51
3	40	40	20	2:2:1	6.02±0.21	37.30±0.27	14.58±0.23	6.90±0.35	64.80±1.06
4	40	30	30	4:3:3	7.05±0.34	43.10±0.29	15.14±0.33	8.01±0.78	73.30±1.74

续表 3 双蛋白发酵液组成比例及感官评分结果

Continue table 3 Composition ratio and sensory evaluation of the double protein fermented milk

编号	鸡蛋酶解液/mL	豆浆/mL	牛奶/mL	体积比	色泽	气味与滋味	组织状态	杂质	总分
5	40	20	40	2:1:2	7.04±0.36	53.30±0.34	11.66±0.36	8.20±0.39	80.20±1.45
6	30	40	30	3:4:3	7.20±0.42	52.40±0.36	11.10±0.43	9.30±0.22	80.00±1.43
7	30	30	40	3:3:4	6.00±0.18	42.20±0.45	15.85±0.26	7.90±0.44	71.95±1.33
8	20	60	20	1:3:1	7.12±0.29	53.10±0.35	11.78±0.45	8.00±0.52	80.00±1.61
9	20	40	40	1:2:2	7.01±0.61	43.10±0.41	15.39±0.28	8.00±0.13	73.50±1.43
10	20	20	60	1:1:3	5.10±0.33	42.20±0.19	14.40±0.42	7.10±0.25	68.80±1.19
11	10	80	10	1:8:1	6.20±0.43	48.90±0.52	13.10±0.43	8.00±0.29	76.20±1.67
12	10	10	80	1:1:8	6.30±0.27	41.10±0.35	15.50±0.44	7.20±0.30	70.10±1.36

白等会在加热变性过程中增强分子间疏水作用,形成凝胶,因此发酵乳状态均一,组织状态得分较高^[24]。当鸡蛋酶解液添加量占占比 40% 以下且豆浆占比 40% 以上时,其牛奶与鸡蛋酶解液加入量相等,发酵乳气味与滋味、杂质得分较优,而组织状态得分较低。推测可能是牛奶与鸡蛋等量混合,鸡蛋酶解液中干物质含量高,体系不能很好地其起到稀释作用,致使组织状态不均一。

当鸡蛋酶解液添加量占比 40% 时,豆浆与牛奶在不同比例下得分变化较大,当三者体积比为 2:1:2 时,杂质得分较高,因此此比例下鸡蛋酶解液与牛奶等量混合,稀释了鸡蛋酶解液中的干物质,故杂质减少;当三者体积比为 2:2:1 时气味与滋味分值较低,此比例下虽然酸甜不协调但具有特殊风味,推测是因为鸡蛋酶解液与豆浆发酵后形成了特殊风味,但牛奶含量较少,总体系不能满足发酵菌所需营养,使得发酵后所得发酵乳酸味过大;当三者体积比为 2:1:2 时,得到感官较好的发酵乳。

综合上述情况,第 5、6、8 组总分相对较高,但考虑到原料制作成本问题,豆浆成本价格相比另外两种原料价格更低廉,且发酵乳的组织状态可以通过后期调配得到改善,故选取第 8 组,即鸡蛋酶解液:豆浆:牛奶体积比为 1:3:1 进行后续试验。

2.1.2 双蛋白发酵液的发酵工艺

按 1.3.4 的方法制备发酵乳,考察蔗糖添加量、发酵菌接种量、发酵温度、发酵时间对感官评分的影响,结果如图 2~图 5 所示。

由图 2 可知,随蔗糖添加量的增加感官评分先上升后下降,当蔗糖添加量在 8%(质量分数)时感官评分最高为 80.53。发酵过程中菌种保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌将碳源适量水解成有机酸,发酵乳酸甜得当,口感更好^[25]。当加入蔗糖过高时,体系产生较高渗透压,抑制发酵菌种的生长繁殖,发酵能力下降,产品滋味和组织形态变差,使感官评分下降。故选取蔗糖添加量 7%、8%、9%(质量分数)进行后续试验。

由图 3 可知,在发酵菌接种量为 10% 时感官评分

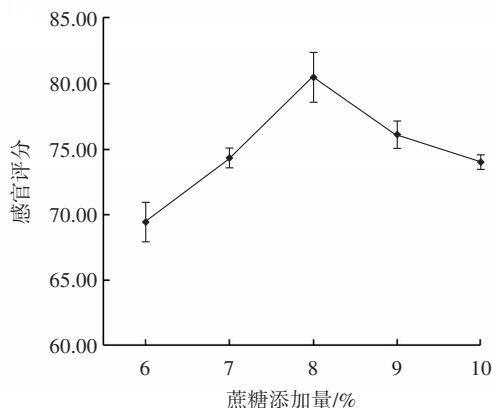


图 2 蔗糖添加量对感官评分的影响

Fig.2 Effect of sucrose supplementation on sensory evaluation

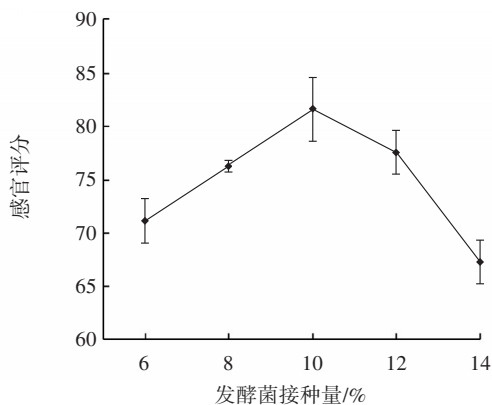


图 3 发酵菌接种量对感官评分的影响

Fig.3 Effect of fermentative bacteria inoculation amount on sensory evaluation

最高为 81.63,随后迅速下降。发酵菌接种量较少时,发酵产酸量较低,影响整体口感层次;而发酵菌接种量过多,体系酸度过大,造成发酵乳口感较差的同时产品组织状态有分层现象,感官评分较低^[26]。故发酵菌接种量在 10% 左右较为适宜。

由图 4 可知,发酵温度在 43 °C 时感官评分最高为 82.86,随后快速下降,一般发酵乳的最适温度为 42 °C 左右^[25-26],但 Hu 等^[27]研究发现加有大豆蛋白的发酵乳

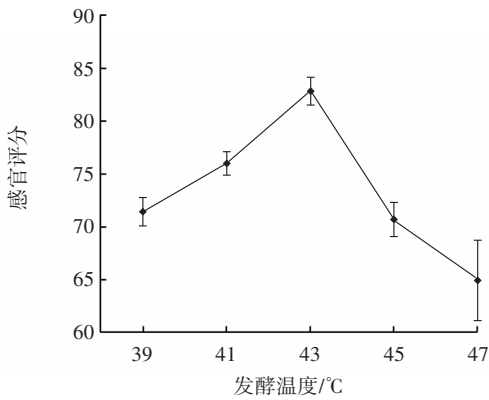


图 4 发酵温度对感官评分的影响

Fig.4 Effect of fermentation temperature on sensory evaluation

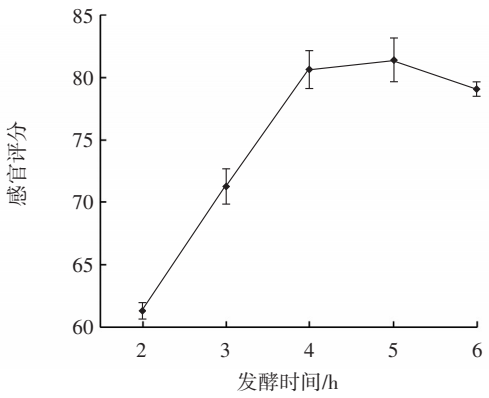


图 5 发酵时间对感官评分的影响

Fig.5 Effect of fermentation time on sensory evaluation

最佳发酵温度高于普通牛奶发酵乳,双歧杆菌与嗜热链球菌加入豆浆后菌群改变,导致发酵最适温度增加。由于鸡蛋液在高温下其表面疏水性和乳化稳定性增强^[28],因此发酵乳感官评分上升。故发酵温度为 43℃时呈现出来产品的口感和气味更佳。

由图 5 可知,发酵时间为 5 h 时,发酵乳的感官评分达到最高值为 81.33,之后逐渐减小。这是因为发酵时间较短,鸡蛋中仍有少量的具有刺激性气味的三甲胺;而在长时间发酵后鸡蛋液蛋白质溶解度下降^[28],有少数颗粒悬浮被视为杂质,感官评分降低。故选取发酵时间 4~6 h 较为适宜。

2.1.3 发酵正交试验

研究发现双蛋白乳制品发酵温度一般高于 42℃^[27],在温度更高的条件下鸡蛋液发酵后的乳化稳定性增强而感官评价更好^[28],同时考虑到所选菌种中嗜热链球菌占比较大,故固定发酵温度为 43℃,其他 3 个因素进行正交试验,结果见表 4、表 5。

由表 4 和表 5 可知,发酵时间对感官评分影响最大,影响因素主次为 C>A>B,即发酵时间>蔗糖添加量>发酵菌接种量,发酵时间影响显著,蔗糖添加量和接种量影响不显著。最优发酵组合为 A₁B₁C₂,即蔗糖添加

表 4 发酵正交试验设计的结果分析

Table 4 Fermentation results of the orthogonal design

试验号	A 蔗糖添加量	B 发酵菌接种量	C 发酵时间	感官评分
1	1	1	3	75.38±1.22
2	1	2	1	78.93±1.31
3	1	3	2	85.23±1.46
4	2	1	1	75.45±1.45
5	2	2	2	85.54±1.26
6	2	3	3	65.03±1.38
7	3	1	2	79.88±1.47
8	3	2	3	65.40±1.56
9	3	3	1	69.72±1.55
k ₁	79.85	76.90	74.70	
k ₂	75.34	76.62	83.55	
k ₃	71.67	73.33	68.60	
R	8.18	3.58	14.95	

表 5 正交试验方差分析

Table 5 Analysis of variance of orthogonal test

项目	第 III 类平方和	自由度	平均值平方	F	P	显著性
A 蔗糖添加量	100.716	2	50.358	12.581	0.074	
B 接种量	23.739	2	11.869	2.965	0.252	
C 发酵时间	338.895	2	169.447	42.332	0.023	*
误差	8.006	2	4.003			

注: *表示影响显著, P<0.05。

量为 7%(质量分数)、发酵菌接种量为 10%、发酵时间为 5 h。此工艺条件下制备的发酵乳色泽均匀,具有双蛋白发酵乳特有的滋味与气味,酸甜度适中,组织均匀细腻,纯净一致,感官评分为 90.54,持水率为 43.22%,酸度为 83.00 °T,感官评分优于正交试验第 5 组。根据正交试验结果,以 k 值最优条件重复 3 次验证试验,得到感官评分为 90.68±0.11,持水率为 (43.52±0.43)%,酸度为 (83.50±0.50) °T。

2.2 双蛋白发酵乳的调配

按照 1.3.5 的方法确定添加剂的用量,试验结果见表 6。

表 6 调配试验结果与分析

Table 6 Blending test results

添加剂	添加量/%	持水率/%	感官评分	酸度/°T
D-异抗坏血酸钠	0.10	53.03±0.35	95.32±0.22	84.10±0.33
	0.15	52.43±0.25	84.89±0.50	70.12±1.00
	0.20	52.37±0.32	80.11±0.18	66.23±0.00
β-环糊精	0.10	53.28±0.42	90.21±0.34	74.46±0.67
	0.15	53.03±0.23	92.22±0.55	82.31±0.57
	0.20	53.30±0.27	94.95±0.48	80.20±0.33

续表6 调配试验结果与分析

Continue table 6 Blending test results

添加剂	添加量/%	持水率/%	感官评分	酸度/ $^{\circ}$ T
羧甲基纤维素钠	0.10	50.20 $\pm$ 0.25	94.10 $\pm$ 0.26	76.35 $\pm$ 1.35
	0.15	49.93 $\pm$ 0.24	94.24 $\pm$ 0.33	80.15 $\pm$ 0.59
	0.20	49.37 $\pm$ 0.38	94.23 $\pm$ 0.45	84.54 $\pm$ 0.33
卡拉胶	0.10	56.09 $\pm$ 0.45	93.25 $\pm$ 0.52	82.50 $\pm$ 1.00
	0.15	55.32 $\pm$ 0.30	91.35 $\pm$ 0.49	78.26 $\pm$ 0.57
	0.20	55.71 $\pm$ 0.37	90.21 $\pm$ 0.48	81.47 $\pm$ 0.50

由表6可知,添加量为D-异抗坏血酸钠0.10%、 β -环糊精0.20%、羧甲基纤维素钠0.10%、卡拉胶0.10%

表7 产品品质分析

Table 7 Product quality

组别	感官评分	持水率/%	酸度/ $^{\circ}$ T	脂肪含量/ (g/100 g)	非脂乳固体含量/ (g/100 g)	蛋白质含量/ (g/100 g)	多肽含量/ (mg/g)
1	95.57	57.50	84.00	2.68	9.22	2.59	0.46
2	94.92	57.45	83.00	2.62	9.16	2.63	0.44
3	95.78	57.39	84.00	2.69	9.28	2.58	0.46
平均值 $\pm$ 标准差	95.42 $\pm$ 0.45	57.45 $\pm$ 0.06	83.67 $\pm$ 0.57	2.66 $\pm$ 0.04	9.22 $\pm$ 0.06	2.60 $\pm$ 0.01	0.45 $\pm$ 0.01

由表7可知,加入添加剂后产品感官评分为95.42 $\pm$ 0.45,持水率为(57.45 $\pm$ 0.06)%,酸度为(83.67 $\pm$ 0.57) $^{\circ}$ T,脂肪含量为(2.66 $\pm$ 0.04) g/100 g,非脂乳固体含量为(9.22 $\pm$ 0.06)g/100 g,蛋白质含量为(2.60 $\pm$ 0.01)g/100 g,多肽含量为(0.45 $\pm$ 0.01) mg/g,符合GB 19302—2010《食品安全国家标准 发酵乳》^[29]中对风味发酵乳的规定(脂肪含量 $\geq$ 2.5 g/100 g,蛋白质含量 $\geq$ 2.3 g/100 g,酸度 $\geq$ 70.0 $^{\circ}$ T)。成品色泽均匀一致,乳黄色,奶味浓郁,酸甜度适中,组织均匀细腻,无乳清析出,无明显异物。

3 结论

采用单因素试验和正交试验研制双蛋白发酵乳。结果表明:鸡蛋酶解液、豆浆、牛奶体积比为1:3:1时效果较好;蔗糖添加量为7%(质量分数)、发酵菌接种量为10%、发酵温度为43 $^{\circ}$ C、发酵时间5 h时制备发酵乳感官评分最佳,为90.68 $\pm$ 0.11,持水率为(43.52 $\pm$ 0.43)%,酸度为(83.50 $\pm$ 0.50) $^{\circ}$ T,发酵时间对感官评分影响最大。向双蛋白发酵乳中添加D-异抗坏血酸钠0.10%、 β -环糊精0.20%、羧甲基纤维素钠0.15%、卡拉胶0.10%时制得成品,其感官评分最佳为95.42 $\pm$ 0.45。

本试验研制双蛋白发酵乳成品色泽均一,颜色为乳黄色,酸度适中,组织均匀细腻,具有发酵乳特有的滋味、气味。产品经过品质分析,其酸度、脂肪含量及蛋白质含量符合GB 19302—2010《食品安全国家标准 发酵乳》中对风味发酵乳的规定,是一款新型全蛋双蛋白营养健康食品。

时持水率最优;添加量为D-异抗坏血酸钠0.10%、 β -环糊精0.20%、羧甲基纤维素钠0.15%、卡拉胶0.10%时感官评分最优;添加量为D-异抗坏血酸钠0.10%、 β -环糊精0.15%、羧甲基纤维素钠0.20%、卡拉胶0.10%时酸度最优。以感官评分为最终指标,最优添加组合为D-异抗坏血酸钠0.10%、 β -环糊精0.20%、羧甲基纤维素钠0.15%、卡拉胶0.10%,此时产品酸甜适中,口感优良。最优条件重复3次做验证试验,感官评分为95.42 $\pm$ 0.45,持水率为(57.45 $\pm$ 0.06)%,酸度为(83.67 $\pm$ 0.57) $^{\circ}$ T。

2.3 产品品质分析

按最优条件制得最终成品,并对其进行品质分析,结果见表7。

参考文献:

- [1] 王罗,魏威,孙露,等.双蛋白营养特性及其在饮料中的开发应用研究进展[J].食品工业,2021,42(11):263-266.
WANG Luo, WEI Wei, SUN Lu, et al. Research progress on nutritional characteristics of dual-protein and its development and application in beverage[J]. Food Industry, 2021, 42(11): 263-266.
- [2] 国务院办公厅.国务院办公厅关于印发国民营养计划(2017-2030年)的通知[EB/OL].[2017-07-13].https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/13/content_5210134.htm.
General Office of the State Council. Notice of the General Office of the State Council on the issuance of the National Nutrition Plan (2017-2030)[EB/OL].[2017-07-13].https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/13/content_5210134.htm.
- [3] 姚丽娜,郑波,陶文初,等.不同储藏条件下中性双蛋白饮品中维生素的光热稳定性分析[J].现代食品科技,2022,38(8):174-182.
YAO Lina, ZHENG Bo, TAO Wenchu, et al. Photothermal stability analysis of vitamins in neutral double protein drinks under different storage conditions[J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(8): 174-182.
- [4] MULET-CABERO A I, TORCELLO-GÓMEZ A, SAHA S, et al. Impact of caseins and whey proteins ratio and lipid content on *in vitro* digestion and *ex vivo* absorption[J]. Food Chemistry, 2020, 319: 126514.
- [5] NIU Y M, YANG H B, YU Z Y, et al. Intervention with the bone-associated tumor vicious cycle through dual-protein therapeutics for treatment of skeletal-related events and bone metastases[J]. ACS Nano, 2022, 16(2): 2209-2223.
- [6] BAEK J G, SHIM S M, KWON D Y, et al. Metabolite profiling of *Cheonggukjang*, a fermented soybean paste, inoculated with various *Bacillus* strains during fermentation[J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 2010, 74(9): 1860-1868.

- [7] ACUÑA L, MORERO R D, BELLOMIO A. Development of wide-spectrum hybrid bacteriocins for food biopreservation[J]. Food and Bioprocess Technology, 2011, 4(6): 1029-1049.
- [8] SAITO Y, MURATA N, NOMA T, et al. Relationship of a special acidified milk protein drink with cognitive performance: A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study in healthy young adults[J]. Nutrients, 2018, 10(5): 574.
- [9] MATSUOKA R, SUGANO M. Health functions of egg protein[J]. Foods, 2022, 11(15): 2309.
- [10] PUGLISI M J, FERNANDEZ M L. The health benefits of egg protein[J]. Nutrients, 2022, 14(14): 2904.
- [11] 徐明生. 鸡蛋卵白蛋白酶解物抗氧化肽研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2006.
- XU Mingsheng. Study on antioxidation peptides of hydrolysates from hen egg ovalbumin[D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2006.
- [12] BIRD J A, CLARK A, DOUGHERTY I, et al. Baked egg oral immunotherapy desensitizes baked egg allergic children to lightly cooked egg[J]. The Journal of Allergy and Clinical Immunology in Practice, 2019, 7(2): 667-669.e4.
- [13] 林琳, 何欢, 王赫, 等. 蛋白质质量评价在大豆玉米双蛋白食品开发中的应用[J]. 粮食加工, 2022, 47(3): 65-68.
- LIN Lin, HE Huan, WANG He, et al. Application of protein quality evaluation in the development of soybean and corn dual protein food[J]. Grain Processing, 2022, 47(3): 65-68.
- [14] 王倩玉, 杨琦, 黄国梁, 等. 刺梨双蛋白奶茶饮料的研制[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(12): 59-65, 71.
- WANG Qianyu, YANG Qi, HUANG Guoliang, et al. Development of thorn pear double protein milk tea beverage[J]. Storage and Process, 2021, 21(12): 59-65, 71.
- [15] 童芳. 花生酸奶的制备、营养成分及品质研究[D]. 重庆: 西南大学, 2020.
- TONG Fang. Preparation, nutrition and quality of peanut yogurt[D]. Chongqing: Southwest University, 2020.
- [16] 吕凯波, 梁小桥, 杨立, 等. 一种双蛋白发酵乳及其制备方法: CN112293497B[P]. 2023-01-03.
- LÜ Kaibo, LIANG Xiaoqiao, YANG Li, et al. Dual-protein-fermented milk and preparation method therefor: CN112293497B[P]. 2023-01-03.
- [17] 刘婕, 姜竹茂, 杨宝雨, 等. 玫瑰希腊式酸奶生产工艺研究[J]. 中国食品添加剂, 2018(2): 161-165.
- LIU Jie, JIANG Zhumao, YANG Baoyu, et al. Study on rose Greek yoghurt processing[J]. China Food Additives, 2018(2): 161-165.
- [18] 龚乃超, 吕凯波. 红花籽粕酶解液蛋白饮料产品开发[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(12): 122-125.
- GONG Naichao, LÜ Kaibo. Properties and product development of safflower seed meal enzymatic hydrolysate[J]. Food Research and Development, 2019, 40(12): 122-125.
- [19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品酸度的测定: GB 5009.239—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard Determination of acidity in food: GB 5009.239—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定: GB 5009.6—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, China Food and Drug Administration. National food safety standard Determination of fat in foods: GB 5009.6—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [21] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 乳和乳制品中非脂乳固体的测定: GB 5413.39—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- Ministry of Health of the People's Republic of China. National food safety standard Determination of nonfat total milk solids in milk and milk products: GB 5413.39—2010[S]. Beijing: Standards Press of China, 2010.
- [22] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, China Food and Drug Administration. National food safety standard Determination of protein in foods: GB 5009.5—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [23] 鲁伟, 任国谱, 宋俊梅. 蛋白水解液中多肽含量的测定方法[J]. 食品科学, 2005, 26(7): 169-171.
- LU Wei, REN Guopu, SONG Junmei. Determination of content of peptides in protein hydrolysates[J]. Food Science, 2005, 26(7): 169-171.
- [24] 张映萍, 杨慧娟, 张晋, 等. 鸡蛋蛋白质凝胶特性影响因素的研究进展[J]. 食品工业科技, 2021, 42(6): 343-347, 356.
- ZHANG Yingping, YANG Huijuan, ZHANG Jin, et al. Research progress on the factors affecting the characteristics of egg protein gel[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(6): 343-347, 356.
- [25] XU G X, YANG R Q, YIN B X, et al. Effects of *Lycium barbarum* polysaccharides on properties of fermented milk gel and optimization of *Lycium barbarum* polysaccharides yogurt process[J]. Journal of Food and Nutrition Sciences, 2022, 10(3): 80.
- [26] 贺小贤, 姚娇娇, 周欣, 等. 凝固型李子酸奶发酵条件优化[J]. 中国酿造, 2019, 38(10): 179-183.
- HE Xiaoxian, YAO Jiaojiao, ZHOU Xin, et al. Optimization of fermentation conditions of set-style plum yogurt[J]. China Brewing, 2019, 38(10): 179-183.
- [27] HU G G, LIU J, WANG Y H, et al. Applications of plant protein in the dairy industry[J]. Foods, 2022, 11(8): 1067.
- [28] 乔立文, 杨新宇, 杨严俊. 热处理对于鸡蛋全蛋液功能性质的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(11): 134-137.
- QIAO Liwen, YANG Xinyu, YANG Yanjun. Effect of heat-treatment on the functional properties of liquid whole egg[J]. Science and Technology of Food Industry, 2011, 32(11): 134-137.
- [29] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 发酵乳: GB 19302—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- Ministry of Health of the People's Republic of China. National food safety standard Fermented milk: GB 19302—2010[S]. Beijing: Standards Press of China, 2010.

加工编辑: 张岩蔚

收稿日期: 2022-12-20