

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.03.020

# 荞麦降糖酸奶的研制

黄 瑞, 刘敦华

(宁夏大学 农学院, 银川 750000)

**摘 要:** 荞麦富含蛋白质、维生素、矿物质等众多营养物质, 特别是生物类黄酮、手性肌醇、高活性蛋白等降糖因子的含量明显高于其它粮食作物。旨在为糖尿病人群开发具有降糖作用的保健食品, 使酸奶和荞麦得到更好的结合, 以保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌按 1:1 混合作为生产菌种。采用单因素实验和正交实验对酸奶发酵工艺进行研究, 实验结果表明, 苦荞牛乳混合发酵酸奶的最佳工艺条件为苦荞浆添加量 30%、木糖醇添加量 8%。稳定剂添加复配比例 CMC 0.15%、卡拉胶 0.10%、黄原胶 0.05%, 菌种添加量 3%, 发酵时间 4 h。同时在后熟过程中添加降糖因子, 手性肌醇为 6.55  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 黄酮类化合物 0.526  $\text{mg}/\text{mL}$ , 荞麦蛋白 0.12  $\text{g}/\text{mL}$ 。

**关键词:** 荞麦; 降糖因子; 手性肌醇; 黄酮类化合物; 荞麦蛋白; 发酵酸奶

中图分类号: TS252.54 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)03-0129-06

## Development of buckwheat hypoglycemic yogurt

HUANG Rui, LIU Dun-hua

(Ningxia University, Agricultural college, Yinchuan, Ninxia 750000, China)

**Abstract:** Buckwheat is rich in protein, vitamins, minerals and many other nutrients, especially has higher content of bioflavonoids, chiral inositol, high activity protein and other hypoglycemic factors than other food crops. The purpose of this experiment is to develop health food with hypoglycemic effect for diabetic population so that yogurt and buckwheat can get a better combination. Bulgarian lactobacillus and Streptococcus thermophilus were mixed at 1:1 as production strains. Single factor test and orthogonal test were used to optimize the yogurt fermentation conditions. The results showed that the optimum technological conditions of fermented yogurt with Tartary buckwheat milk was 30% of tartary buckwheat pulp, 8% of xylitol and 3% of production strains with a 4 hours' fermentation. The compounding ratio of stabilizer was 0.15% of CMC, 0.10% of carrageenan and 0.05% of xanthan. At the same time, the hypoglycemic factor including 6.55  $\mu\text{g}/\text{mL}$  of chiral inositol was, 0.526  $\text{mg}/\text{mL}$  of flavonoids and 0.12  $\text{g}/\text{mL}$  of buckwheat protein was added in the post-ripening process.

**Key words:** buckwheat; hypoglycemic; chiral inositol; flavonoids and; buckwheat protein; fermentend yoghurt

荞麦又称荞子, 属于双子叶蓼科植物, 生育期短、耐瘠薄、抗逆境能力强, 《本草纲目》记载: 苦荞性味苦、平、寒, 有益气力, 续精神, 利耳目, 有降气宽肠健胃作用<sup>[1]</sup>。荞麦富含蛋白质、

淀粉、脂肪、粗纤维、维生素、矿物质, 特别是生物类黄酮(以芦丁为主)、手性肌醇、高活性蛋白等降糖因子的含量明显高于其它粮食作物<sup>[2-3]</sup>。

糖尿病是一种严重危害人类健康的疾病。全世界糖尿病的发病率为 3%~5%, 50 岁以上的人均发病率为 10%, 随着人们饮食结构的改变及人口老龄化的加剧, 糖尿病的发病率明显上升, 据统计, 2013 年, 中国糖尿病患者人数达 1.14 亿,

收稿日期: 2019-12-24

作者简介: 黄瑞, 1992 年出生, 女, 助理工程师, 研究方向为食品加工与安全。

通讯作者: 刘敦华, 1964 年出生, 男, 教授, 研究方向为食品质量安全控制技术与研究。

占全世界患者的 1/3, 60 岁以上的人口中 20% 都有糖尿病, 并有年轻化的趋势。糖尿病是终生性疾病, 若控制不当, 可引起心血管疾病、肾病、神经病变、消化道疾病等多种并发症, 累及全身各个系统, 避免和控制并发症的最好办法就是控制血糖水平, 而口服降糖药物都有副作用, 因此寻找开发具有降糖作用的保健食品, 已成为人们普遍关注热点<sup>[4]</sup>。目前市场上已有荞麦面粉、荞麦米、荞麦挂面等荞麦制品, 但产品的种类不够丰富且没有充分发挥出荞麦药食同源的保健作用。魏决等以苦荞为原料研制了苦荞可溶性膳食纤维营养饮品<sup>[5]</sup>。卞小稳等研制了富含芦丁的苦荞啤酒<sup>[6]</sup>。本文用荞麦及荞麦降糖因子与牛奶结合, 既利用了荞麦中丰富的蛋白质、粗纤维、维生素、矿物质等营养物质, 又通过添加荞麦降糖因子加强降糖功效, 研制出具有降糖作用的保健酸奶, 不但有营养性和保健性, 而且口感好, 适合糖尿病人食用<sup>[7]</sup>。降糖因子的提取工艺、原料较为简单, 可适用于工业化生产, 成本在可控范围内。目前荞麦降糖酸奶在市面上较为少见, 市场前景十分广阔。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

荞麦粉: 新华百货超市; 乙醇(分析纯): 上海国药集团化学试剂有限公司; 手性肌醇标准品: 江苏艾康生物医药研发有限公司; 芦丁标准品: 湖北拓楚慷元医药化工有限公司; 荞麦蛋白标准品: 上海科敏生物科技有限公司; 醋酸钠缓冲液: 山东丰泰生物科技有限公司; 高碘酸钠溶液: 上海麦克林生化科技有限公司;  $\text{AlCl}_3$  溶液: 上海泽叶生物科技有限公司;  $\text{KAc}$  溶液: 北京华夏远洋科技有限公司; 考马斯亮蓝溶液: 上海阿拉丁生化科技股份有限公司。

鲜牛奶: 夏进乳业。

菌种: 保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌: 南京邦诺生物科技有限公司。

甜味剂: 木糖醇: 河南千志商贸。

稳定剂: 羧甲基纤维素钠: CMC, 郑州食全食美; 卡拉胶: 河南商丘山家人; 黄原胶: 郑州食全食美。

降糖因子: 手性肌醇、黄酮类化合物: 芦丁; 荞麦蛋白: 人工粗提。

### 1.2 实验设备

IKA RV10 旋转蒸发仪: 艾卡(广州)仪器设备有限公司; ADP210C 真空干燥箱: 浚和(上海)仪器有限公司; GH-100 恒温器: 杭州佑宁仪器有限公司, 控温精度 $\pm 0.3$ ; Sigma 3-15 离心沉降机: 德国 Sigma 实验室离心机股份有限公司; LGJ-S20 真空冷冻干燥机: 北京四环起航科技有限公司; LDZF-75 II 灭菌锅: 西安禾普生物科技有限公司; TU-1950 紫外-可见分光光度计: 北京普析分析仪器有限公司等。

### 1.3 降糖因子的提取

#### 1.3.1 D-手性肌醇的提取

参考王利军、刘晓燕等研究<sup>[8-9]</sup>, 用 80% 乙醇, 料液比 1 : 20, 于 50 条件下提取 1 h, 过滤得到滤液; 滤渣以 1 : 30 料液比在微波功率 245 W, 90 s 条件下进行二次提取, 合并滤液, 用旋转蒸发仪去除乙醇, 进行浓缩。

#### 1.3.2 黄酮类化合物的提取

用 60% 乙醇, 料液比 1 : 20, 于 70 条件下每 1 h 提取一次, 提取三次, 合并滤液, 用旋转蒸发仪去除乙醇, 进行浓缩干燥<sup>[10-11]</sup>。

#### 1.3.3 荞麦蛋白的提取

荞麦粉与碱液加热振荡提取, 料液比为 1 : 20, 在 50、pH11 下浸提 3 h, 3 000 r/min 下离心 5 min, 取上清液, 调至蛋白质等电点 ( $\text{pI}=3.8$ ), 离心后得沉淀, 用去离子水洗至中性, 然后真空冷冻干燥, 得到荞麦粗蛋白<sup>[12-13]</sup>。

### 1.4 降糖因子的含量测定

#### 1.4.1 D-手性肌醇的含量测定

准确配制 0.05、0.10、0.15、0.20、0.25、0.30、0.35 mmol/L D-手性肌醇标准溶液, 各取 2 mL, 分别加入 4 mL pH 4.5 醋酸钠缓冲液和 1.2 mL 0.01 mol/L 高碘酸钠溶液, 以 3.2 mL 水和 4 mL pH 4.5 醋酸钠缓冲液为参比液, 于 260 nm 处测吸光度。以肌醇浓度 ( $X$ ) 为横坐标, 吸光度值 ( $Y$ ) 为纵坐标制作标准曲线, 其回归方程  $Y=1.222\ 57X+0.002$ , 相关系数  $R^2=0.999\ 2$ 。

将粗提物配制成 10 mL 的溶液, 摇匀。取

2 mL 加入 4 mL pH 4.5 醋酸钠缓冲液和 1.2 mL 0.01 mol/L 高碘酸钠溶液,以 3.2 mL 水和 4 mL pH 4.5 醋酸钠缓冲液为参比液,于 260 nm 处测吸光度值<sup>[14]</sup>。测得手性肌醇含量为 0.13 mmol/L。

#### 1.4.2 黄酮类化合物芦丁的含量测定

准确吸取芦丁标准溶液 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mL,分别加入 10 mL 容量瓶中,加 AlCl<sub>3</sub> 溶液 2 mL, KAc 溶液 3 mL,用 60%乙醇定容,摇匀,放置 30 min,后于 418 nm 处测吸光度值,以芦丁浓度 (X) 为横坐标,吸光度值 (Y) 为纵坐标制作标准曲线,其回归方程  $Y=32.765X-0.215$ ,相关系数  $R^2=0.9999$ 。

将粗提物配制成 10 mL 的溶液,摇匀,取 1 mL 加 AlCl<sub>3</sub> 溶液 2 mL, KAc 溶液 3 mL,用 60%乙醇定容于 10 mL 容量瓶中,摇匀,放置 30 min,后于 418 nm 处测吸光度值<sup>[15]</sup>。测得芦丁含量为 8.94 μg/mL。

#### 1.4.3 粗提荞麦蛋白含量的测定

将预先配制的考马斯亮蓝溶液分别加入 5 mL 至 1~6 号试管中,再将浓度分别为 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mg/mL 的荞麦蛋白标准溶液各吸取 0.1 mL,分别注入 1~5 号试管中,静置 5 min,6 号试管调节零点,于 595 nm 处测吸光度值,记录 1~5 号试管的吸光值,以荞麦蛋白标准溶液浓度 (X) 为横坐标,吸光度值 (Y) 为纵坐标制作标准曲线,其回归方程  $Y=7.7329X+0.1142$ ,相关系数  $R^2=0.9277$ 。

将粗提物配制成 10 mL 的溶液,摇匀。测定时,空白管为 5 mL 考马斯亮蓝溶液,测定管为 5 mL 考马斯亮蓝溶液加入 0.1 mL 待测样品,在 595 nm 下,进行比色,计算<sup>[16]</sup>。测得荞麦蛋白含量为 0.45 mg/mL。

### 1.5 降糖酸奶的制作

#### 1.5.1 基本工艺流程



#### 1.5.2 工艺操作要点

将荞麦粉用炒锅小火炒出荞麦香味备用,在沸水中调入炒熟的荞麦粉,调成均匀浆状,后放入沸水浴中进行熟化,灭菌处理。

将牛奶先加热到 50 ℃,加入 30%荞麦浆与牛奶混合,再加入 8%木糖醇的比例加入,稳定剂 CMC:卡拉胶:黄原胶=0.15%:0.10%:0.05%的比例一起进行调配、混匀,然后过 120 目尼龙网筛,去除不溶性杂质。

将牛奶混合液预热到 60~65 ℃,转移至杀菌锅,杀菌温度 105 ℃,杀菌 30 min,进一步杀死混合液中的有害微生物。

将混合液冷却至 40 ℃,液滴不烫手背即可,按 3%的接种量接入事先扩大培养好的混合菌种(为了菌种能更好的适应实验环境条件,须先将菌种放在与实验相同料浆比例中进行驯化,扩大培养出适宜在混合液中生长的发酵剂),搅拌均匀。然后装入已杀菌的酸奶杯,密封放入 42 ℃恒温培养箱 4 h。

酸度达到 85~90 °T,停止发酵,将凝固好的荞麦酸奶放入 4 ℃以下的冰箱中冷藏保持 12 h,

利于风味的进一步形成<sup>[17-18]</sup>。然后加入提取出的降糖因子,搅拌均匀。

#### 1.6 降糖酸奶的感官评定

感官评价组由有经验的感官评价人员组成,对荞麦酸奶的感官评价采用评分的方法。感官评价的指标包括滋味气味(35分)、组织状态(35分)、色泽(20分)、颗粒(10分)<sup>[19-20]</sup>。各个感官指标的评分标准见表 1,总分为各指标得分之和。

#### 1.6 单因素实验

以菌种添加量(%)、木糖醇添加量(%)、荞麦浆添加量(%)、发酵时间(h)作为影响因素,分别探究各因素对荞麦酸奶产品工艺的优化影响。

#### 1.7 正交实验

在单因素实验得出的结论前提下,基本确定了制作苦荞麦酸奶的最佳工艺参数范围,本实验进一步对制作苦荞麦酸奶的工艺参数进行优化,以菌种添加量、木糖醇添加量、荞麦浆添加量和发酵时间为主要影响因素,设计 4 因素 3 水平正交实验,因素水平见表 2。

表 1 荞麦酸奶感官评分标准

评价项目	评价指标	评分标准/分
色泽	色泽均匀一致, 淡黄色, 有光泽	15~20
	色泽较深, 均匀一致	10~15
	色泽灰暗, 不均匀	0~10
组织状态	凝结状态良好, 无分层, 质地均匀, 无乳清析出, 粘稠度适中, 口感细腻	30~35
	凝结状态尚好, 有少量乳清析出, 无分层, 口感较细腻	25~30
	凝结状态不佳, 有较多乳清析出, 口感较粗糙, 有分层现象	
	酸甜可口, 具有浓郁的酸奶风味, 清香荞麦味, 无异味	0~25
滋味	酸甜适中, 有良好的酸奶风味, 有荞麦味, 无异味	30~35
	过酸过甜, 有不良滋味, 无明显异	
	无肉眼可见颗粒	25~30
	有少量明显颗粒	0~25
颗粒	有明显颗粒	8~10
		5~8
		0~5

表 2 正交因素水平

水平	因素			
	菌种添加量 /%(A)	木糖醇添加量 /%(B)	荞麦浆添加量 /%(C)	发酵时间 /h(D)
1	2	7	20	3
2	3	8	25	4
3	4	9	30	5

经过查阅文献确定手性肌醇、黄酮类化合物、荞麦蛋白添加量分别为 5.5 μg/mL、0.4 mg/mL、0.1 g/mL 时具有降糖功能<sup>[21-22]</sup>。为了提高降糖效果, 选用复合添加降糖因子进行实验, 以不同的比例混合添加后, 对荞麦酸奶进行感官评价, 以感官评价得分为标准, 确定降糖因子的最佳组合。降糖因子实验因素水平见表 3。

表 3 降糖因子实验因素水平

水平	因素		
	手性肌醇 / (μg/mL)(A)	黄酮类化合物 / (mg/mL)(B)	荞麦蛋白 / (g/mL)(C)
1	5.5	0.4	0.10
2	6.5	0.5	0.12
3	7.5	0.6	0.14

## 2 结果与讨论

### 2.1 菌种添加量的确定

菌种的添加量影响酸奶发酵时间、风味和口

感, 选用接种量 1%、2%、3%、4%、5%进行实验, 以产品开始凝固时间为指标判断适宜菌种添加量。

从图 1 可以看出, 随着接种量的增加, 发酵时间缩短, 但发酵时间过短, 不利于酸奶风味的形成。通过对 2%、3%、4%三组数据进行单因素方差分析, F 大于 F crit, 数据存在差异。因此, 选用接种量为 2%、3%、4%的三个水平进行正交实验, 对发酵工艺进行研究。

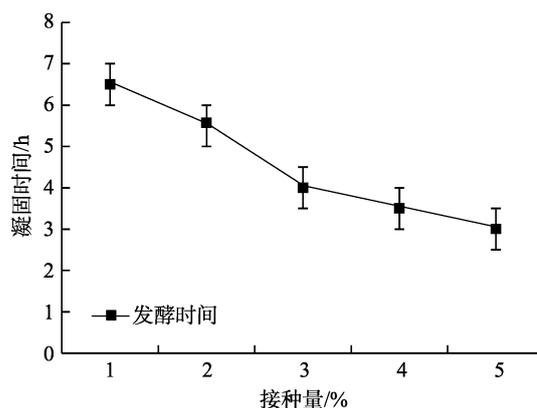


图 1 菌种添加量与样品开始凝固时间关系

### 2.2 木糖醇添加量的确定

木糖醇添加量可直接影响制品风味。其甜味与乳酸发酵产生的酸味形成酸奶的酸甜风味。合适的酸甜比例对酸奶制品具有重要意义<sup>[16]</sup>。为确定木糖醇的添加量, 选 5%、6%、7%、8%、9%五个水平, 在接种量为 3%、温度为 42 条件下发酵 4 h, 对苦荞保健酸奶的感官品质进行综合评定, 感官评定标准见表 2。

由图 2 可以看出, 当木糖醇添加量为 7%、8%、9%时, 酸奶的品质较好, 通过对 7%、8%、9%三组数据进行单因素方差分析, F 大于 F crit, 数据

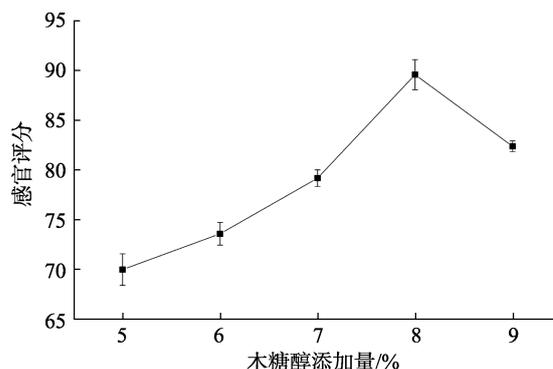


图 2 木糖醇添加量对酸奶品质的影响

存在差异。故正交实验中选用此三个水平进行发酵工艺研究。

### 2.3 荞麦浆添加量的确定

苦荞浆的添加量会直接影响制品的苦荞风味，是影响酸奶发酵效果的重要因素。选用苦荞浆添加量为 10%、15%、20%、25%、30% 的混合乳，在接种量为 3%、温度为 42 的条件下发酵 4 h，对苦荞保健酸奶的感官品质进行综合评定。

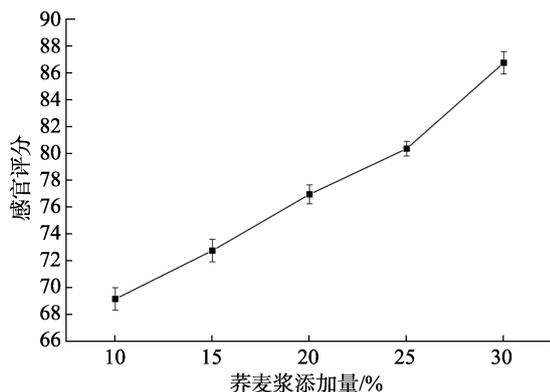


图 3 荞麦浆含量对产品品质的影响

从图 3 可以看出，在 10% 的添加量下，苦荞麦的麦香味不是很突出，感官评分较低。在 30% 时，荞麦酸奶既有浓郁的酸奶味，也有人们可接受的苦荞麦的麦香味，质地均匀，粘稠度适中，酸甜可口，感官评分为最高 85 分。通过对 20%、25%、30% 三组数据进行单因素方差分析， $F$  大于  $F_{crit}$ ，数据存在差异，综合考虑产品的营养和感官品质，因此在正交实验中选用苦荞浆含量为 20%、25%、30% 这三个水平进行发酵工艺研究。

### 2.4 发酵时间的确定

发酵时间的选择在酸奶制作中具有重要意义，会直接影响酸奶的风味与口感。嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌的最适生长温度为 37~42，选择温度 42 进行发酵实验，选择发酵时间 1 h、2 h、3 h、4 h、5 h，研究 pH 值随时间变化的情况。每隔 30 min 测 1 次 pH 值。

从图 4 可以看出，在 42 温度条件下，前 2 h pH 下降缓慢，酸含量随之上升也慢；2 h 以后 pH 下降迅速，酸含量直线上升，5 h 就可发酵至终点（发酵终点 pH 为 4.3~4.4），通过对 3 h、4 h、5 h 三组数据进行单因素方差分析， $F$  大于  $F_{crit}$ ，数据存在差异，因此在正交实验中选用发酵时

间 3 h、4 h、5 h 进行发酵工艺研究。

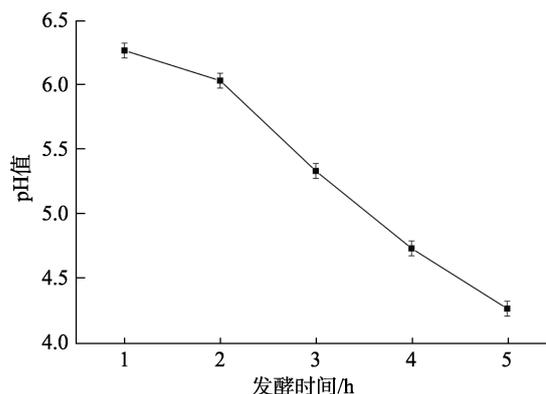


图 4 不同发酵时间下 pH 值变化

### 2.5 正交实验

以单因素实验结果为基础，设计四因素三水平正交实验，最终得出荞麦酸奶加工工艺的较佳条件，结果见表 4。

表 4 荞麦酸奶配方因子正交实验结果与极差分析

正交组	水平				评分结果
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	77
2	1	2	2	2	80
3	1	3	3	3	75
4	2	1	2	3	84
5	2	2	3	1	91
6	2	3	1	2	86
7	3	1	3	2	76
8	3	2	1	3	73
9	3	3	2	1	69
$K_1$	232	237	236	237	
$K_2$	261	244	233	242	
$K_3$	218	230	242	232	
$k_1$	77.3	79	78.7	79	
$k_2$	87	81.3	77.7	80.7	
$k_3$	72.7	76.7	80.7	77.3	
R	14.3	4.6	3	3.4	

表 4 通过极差分析看出，影响荞麦酸奶感官品质的各因素大小依次为：菌种添加量 (A) > 木糖醇添加量 (B) > 发酵时间 (D) > 荞麦添加量 (C)，其中，接种量对产品品质的影响最大，其次为木糖醇添加量。从正交实验中得到最为理想的工艺条件是： $A_2B_2C_3D_2$ ，即菌种添加量为 3%，木糖醇添加量为 8%，荞麦添加量 30%，发酵时间 4 h，此时荞麦酸奶的感官评分最高。

在荞麦酸奶中添加降糖因子是对酸奶降糖效果的进一步加强<sup>[23]</sup>, 在酸奶后熟的过程中添加从荞麦干粉中提取出的降糖因子。设计三因素三水平正交实验得出较佳组合, 降糖因子实验结果见表 5。

表 5 降糖因子实验结果表

实验组	水平			评分结果
	A	B	C	
1	1	1	1	75
2	1	2	2	83
3	1	3	3	70
4	2	1	3	79
5	2	2	2	90
6	2	3	1	82
7	3	1	2	75
8	3	2	3	81
9	3	3	1	80

从表 5 可以看出, 实验中得到最为理想的降糖因子组合是第五组, 即手性肌醇的添加量为 6.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 黄酮类化合物芦丁的添加量为 0.5  $\text{mg}/\text{mL}$ , 荞麦蛋白的添加量为 0.12  $\text{g}/\text{mL}$ , 此时荞麦降糖酸奶的感官评分最高。这种降糖因子的组合, 酸奶的气味和滋味最好, 且提高了降糖效果。

### 3 结论

通过正交实验分析得出最佳工艺条件为  $A_2B_2C_3D_2$  的最佳组合, 即菌种添加量为 3%, 木糖醇添加量为 8%, 荞麦浆添加量 30%, 发酵时间 4 h。苦荞麦酸奶既保留了传统的酸奶味, 也突出了苦荞麦的麦香味, 质地均匀, 酸甜可口, 综合了营养和感官品质<sup>[21-23]</sup>。

降糖因子添加量为: 手性肌醇添加量为 6.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、黄酮类化合物芦丁添加量为 0.5  $\text{mg}/\text{mL}$ 、荞麦蛋白添加量为 0.12  $\text{g}/\text{mL}$ 。复合添加降糖因子对降糖功效进一步加强, 开发具有降糖作用的保健酸奶, 具有营养性和保健性, 而且口感好, 糖尿病人适宜食用。

### 参考文献:

- [1] 何伟俊, 曾荣, 白永亮, 等. 苦荞麦的营养价值及开发利用研究进展[J]. 农产品加工, 2019, (23): 69-75.
- [2] 吴立根, 屈凌波, 王岸娜, 等. 荞麦营养功能特性及相关食品开发研究进展[J]. 粮油食品科技, 2018, 26(3): 41-44.
- [3] 周冉冉, 李可心, 陈茂彬, 等. 苦荞营养、功能和香气成分的研究进展[J]. 中国酿造, 2018, 37(12): 12-15.
- [4] 李雯, 党婷, 曹燕, 等. 苦荞麦水提物对 2 型糖尿病小鼠的降血糖作用[J]. 黑龙江农业科学, 2018, (3): 58-61.
- [5] 魏决, 谢贞建, 赵刚, 等. 苦荞可溶性膳食纤维营养饮品研制[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(1): 40-43.
- [6] 卞小稳. 荞麦在啤酒酿造中的应用研究[D]. 江南大学, 2016.
- [7] 谭平艳, 郭皖北. 苦荞黄酮的生理功能及其作用机制的研究进展[J]. 医学综述, 2018, 24(8): 1627-1632.
- [8] 刘晓燕. 苦荞籽粒中 D-手性肌醇提取工艺的优化[J]. 南方农业, 2017, 11(28): 108-110.
- [9] 王利军, 白雪. 荞麦 D-手性肌醇提取工艺的研究[J]. 食品科技, 2014, 39(8): 208-210.
- [10] 罗凤莲, 蒲培瑶. 超声波辅助提取苦荞麦总黄酮工艺研究[J]. 农产品加工, 2018, (2): 23-25+29.
- [11] 孙亚利, 周文美, 赵天明, 等. 苦荞黄酮提取方法的研究及含量测定分析[J]. 中国调味品, 2019, 44(3): 141-145+151.
- [12] 谭萍, 方玉梅, 王盼, 等. 苦荞麦蛋白质的酶提工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(21): 79-83+207.
- [13] 张英强. 苦荞麦黄酮和蛋白质提取工艺的优化[D]. 西北大学, 2016.
- [14] 于寒松, 卢丞文, 朴春红, 等. 微波和超声波方法提取荞麦愈伤组织 D-手性肌醇的研究[J]. 粮油加工, 2010, (11): 139-142.
- [15] 米智, 刘荔贞, 武晓红, 等. 正交试验优化苦荞黄酮提取工艺[J]. 中国调味品, 2019, 44(11): 116-119.
- [16] 杨静华. 考马斯亮蓝法测定苦荞麦中可溶性蛋白的含量[J]. 山西医药杂志, 2018, 47(2): 206-207.
- [17] 池慧芳. 黑米苦荞麦无糖酸奶的研究[J]. 食品工业, 2015, 36(11): 122-124.
- [18] 李林英, 周景梅, 李若澜. 荞麦酸奶的制备及工艺研究与分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017, (6): 77-80+281.
- [19] 任大勇, 陈青青, 荣凤君, 等. 苦荞麦酸奶的研制和质量特性分析[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(2): 102-105.
- [20] 赵鑫, 韩彦龙, 李新民, 等. 荞麦制品感官分析及香气成分研究进展[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(9): 198-204.
- [21] 刘瑞敏. 苦荞降糖成分的提取与药效初步研究[D]. 四川师范大学, 2012.
- [22] 郑建仙. 功能性食品学[M]. 中国轻工业出版社, 2011.
- [23] 范春雪, 魏敏, 张丹丹, 等. D-手性肌醇对 db/db 小鼠降血糖和肝脏保护作用及机制[J]. 中国药理学通报, 2018, 34(12): 1713-1718.