

浆水青稞奶茶制备工艺优化与货架期稳定性

张强^{1,2},高奇^{1,2},焦绪达³,周倩^{1,2*}

(1. 山东省中医药研究院 大健康产品研究所,山东 济南 250103;2. 传统中医芳疗的现代化研究与开发工程研究中心,山东 济南 250103;3. 济宁医学院 药学院,山东 日照 276827)

摘要: 该研究旨在研发一款以浆水和青稞为主要原料的奶茶饮品,并观测其货架期的稳定情况。以感官评分为评价指标,采用单因素试验和正交试验优化奶茶配方,并结合电子眼、电子鼻和微生物试验探究奶茶在贮藏过程中品质变化情况。结果表明,浆水青稞奶茶最佳制备工艺为青稞粉粒度120目、青稞粉添加量1%、浆水与焦糖奶茶质量比为1:8、炼乳添加量为6%;低温贮藏18d后,浆水青稞奶茶亮度略有降低, L^* 值同初始状态相比下降8.8%;pH值稳定在 6.30 ± 0.09 且未出现分层变质现象;电子鼻W1S检测器对于甲基类化合物的响应值最为显著。因而,在上述工艺制备下浆水青稞奶茶质地较均匀,甜味适中、青稞风味浓郁,且在不添加任何防腐剂的条件下,低温环境有助于延长其货架期。

关键词: 浆水;青稞;奶茶;制备工艺;货架期

Optimization of the Preparation Process and Shelf-life Stability of Jiangshui-Highland Barley Milk Tea

ZHANG Qiang^{1,2}, GAO Qi^{1,2}, JIAO Xuda³, ZHOU Qian^{1,2*}

(1. Great Health Products Research Institute, Shandong Academy of Chinese Medicine, Jinan 250103, Shandong, China; 2. Modern Research and Development Engineering Research Center for Traditional Chinese Medicine Aromatherapy, Jinan 250103, Shandong, China; 3. School of Pharmacy, Jining Medical University, Rizhao 276827, Shandong, China)

Abstract: This study aimed to develop a milk tea beverage using Jiangshui (fermented pulp) and highland barley as the main raw materials and observe its shelf-life stability. Using sensory scores as the evaluation indicator, single-factor experiments and orthogonal experiments were used to optimize the milk tea formula. The changes in quality during storage were explored using electronic eye, electronic nose, and microbial tests. The results showed that the optimal preparation process for Jiangshui-highland barley milk tea is as follows: highland barley powder at 120 meshes, highland barley powder added at 1%, Jiangshui to caramel milk tea ratio of 1:8, and 6% condensed milk. After 18 d of low-temperature storage, the brightness of the milk tea decreased slightly, with the L^* value dropping by 8.8% compared with the initial state. The pH value remained stable at 6.30 ± 0.09 with no stratification or deterioration. The electronic nose W1S detector had the most significant response to methyl compounds. Therefore, under the above preparation process, the Jiangshui-highland barley milk tea had a relatively uniform texture, moderate sweetness, and strong highland barley flavor. With out adding any preservatives, a low temperature environment helps to extend its shelf life.

Key words: Jiangshui; highland barley; milk tea; preparation process; shelf-life

引文格式:

张强,高奇,焦绪达,等.浆水青稞奶茶制备工艺优化与货架期稳定性[J].食品研究与开发,2024,45(21):126-133.

ZHANG Qiang, GAO Qi, JIAO Xuda, et al. Optimization of the Preparation Process and Shelf-life Stability of Jiangshui-Highland Barley Milk Tea[J]. Food Research and Development, 2024, 45(21):126-133.

基金项目:甘肃省科技计划项目(22CX8NA068);驻济高校科技成果转化-新高校20条扶持项目(202333089)

作者简介:张强(1995—),男(汉),硕士研究生,研究方向:“药食同源”大健康产品研发。

*通信作者:周倩,女(汉),研究员,博士,研究方向:“药食同源”大健康产品研发。

浆水是我国西北地区代表性发酵饮品之一,将山野菜烫漂断生后放入洁净的陶制容器中,再加入煮沸的面汤,以老浆水为“引子”,经微生物发酵而成。成品浆水呈淡白色、微酸,因富含乳酸菌成分,不仅能够消暑解渴,还能够促进胃肠道蠕动,加速体内毒素垃圾排出^[1-3]。

青稞(*Hordeum vulgare var. coeleste* Linnaeus)是高原高寒地区重要的谷类作物,具有耐瘠薄、抗寒、产量高、适应性广等特点,其籽粒中富含的 β -葡聚糖,既可以作为增稠剂改善食品的质地和外观,也可作为食品添加剂使饮料口感更加柔顺^[4-5]。此外,研究还发现青稞具有降血糖、降血脂、降胆固醇、提高免疫力、抗肿瘤等功效,在功能性食品研发中拥有广阔的应用前景^[6-7]。

尽管浆水拥有较为理想的保健功效,但存在保质期短、制作过程卫生条件难保证等缺陷,如在保证功效的前提下,将浆水加工成饮料的形式,可推广其应用;而青稞同样面临着精深加工能力不足、产品单一的困境,地区资源优势未能带来相应的经济和社会效益^[8]。因此,深入开展浆水和青稞加工工艺研究,提高产品质量稳定性和安全性,对促进浆水及青稞加工产业的发展具有重要意义。本研究以浆水和青稞为主要原料研

制浆水青稞奶茶的加工工艺条件,并探究贮藏过程中产品品质变化情况,以期浆水和青稞的综合开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

浆水引子:甘肃陇浆源农业科技有限公司;日照红茶:日照御青茶业有限公司;青稞:青海农麦食品有限责任公司;绵白糖:南京甘汁园糖业有限公司;炼乳:雀巢(中国)有限公司;纯牛奶:内蒙古伊利实业集团股份有限公司;氯化钠(分析纯):国药集团化学试剂有限公司;平板计数琼脂培养基:北京索莱宝科技有限公司。

1.2 仪器与设备

PHS-3C型pH计:上海仪电科学仪器股份有限公司;PEN型电子鼻:德国埃尔森斯公司;TS-5000Z型味觉分析系统:日本INSENT公司;IRIS电子眼:法国阿尔法莫斯公司。

1.3 试验方法

1.3.1 浆水青稞奶茶工艺流程

浆水青稞奶茶工艺流程如图1所示。

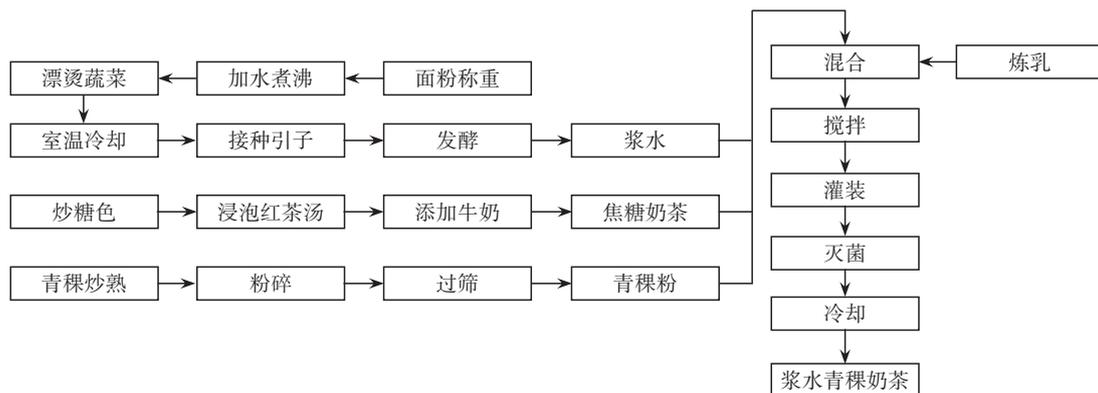


图1 浆水青稞奶茶工艺流程

Fig.1 Jiangshui-highland barley milk tea process

1.3.2 操作要点

1)卫生要求:浆水制作过程中,容器、工具事先进行灭菌处理且全程不可接触生水;2)浆水要求:浆水发酵完成后,取上清液煮沸,冷却至室温后开展后续配方试验;3)茶汤制备:茶水比为1:30(g/mL),焖泡浸提5 min,待茶水红色透亮,过筛即得红茶浸提液;4)焦糖奶茶制备:糖添加量4 g/100 mL、绵白糖炒制时间4 min、茶汤与牛奶质量比1:2配方下制作焦糖奶茶;5)青稞炒制:将挑选后的青稞米倒入不粘锅中,中火炒至金黄,表面龟裂、熟透为止;6)灌装、灭菌、冷却:将浆水青稞奶茶装于灭菌瓶中,于沸水锅中灭菌15 min,迅速冷却,无菌灌装,即得成品。

1.3.3 浆水青稞奶茶配方研究

参考低糖奶茶配方^[9-10]并结合青稞粉碎后的基本状态,以青稞粉粒度、青稞粉添加量、浆水与焦糖奶茶质量比、炼乳添加量为量化指标,进行单因素试验,通过感官评价得到相应评分,考察不同处理对浆水青稞奶茶配方的影响。单因素试验设计因素与水平如表1所示。

1.3.4 浆水青稞奶茶的感官评价

邀请15名经过专业食品感官评价培训的评价员,对照评分表逐项打分,并作记录。浆水青稞奶茶感官评分标准如表2所示。

1.3.5 浆水青稞奶茶正交试验设计

根据单因素试验结果,设计浆水青稞奶茶正交试

表1 浆水青稞奶茶配方的单因素试验因素与水平设计

Table 1 Single-factor experimental factors and levels design of Jiangshui-highland barley milk tea formula

水平	因素			
	青稞粉粒度/目	青稞粉添加量/%	浆水与焦糖奶茶质量比	炼乳添加量/%
1	80	1	1:4	3
2	100	2	1:6	6
3	120	3	1:8	9
4	140	4	1:10	12
5	160	5	1:12	15

表2 浆水青稞奶茶感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation table of Jiangshui-highland barley milk tea

评分项目	评价标准	评分
色泽(20)	色泽纯正均一,呈浅褐色	14~20
	色泽均匀,局部带有少许杂色	7~<14
	色泽不均匀,杂色明显	0~<7
风味(20)	青稞香气浓郁,搭配协调	14~20
	青稞香气稍淡,无异味	7~<14
	青稞香味淡,带少许杂味	0~<7
酸甜度(20)	酸度适中或无酸味	8~10
	较酸	4~<8
	过酸	0~<4
甜度(10)	甜度适中	8~10
	较甜或较淡	4~<8
	过甜或不甜	0~<4
口感(20)	细腻滑润,无颗粒感	14~20
	稍有颗粒感	7~<14
	颗粒感明显	0~<7
组织状态(20)	组织均匀,无分层沉淀	14~20
	组织较均匀,基本无分层沉淀	7~<14
	组织不均匀,有分层沉淀	0~<7

验因素和水平,以感官评分为指标进行浆水青稞奶茶正交试验。浆水青稞奶茶正交因素和水平见表3。

表3 浆水青稞奶茶正交试验因素水平设计

Table 3 Orthogonal test factors and levels design table for Jiangshui-highland barley milk tea

水平	因素			
	A 青稞粉粒度/目	B 青稞粉添加量/%	C 浆水与焦糖奶茶质量比	D 炼乳添加量/%
1	100	1	1:8	6
2	120	2	1:10	9
3	140	3	1:12	12

1.3.6 浆水青稞奶茶货架期稳定性试验

将灌装好的浆水青稞奶茶分别保存至4℃(冷藏)

和25℃(室温)的环境下贮藏。

1.3.6.1 宏观观察

分别在0、3、6、9、12、15、18 d 拍照记录宏观变化,评价贮藏环境对浆水青稞奶茶的宏观稳定性影响。

1.3.6.2 pH 值测定

分别在0、3、6、9、12、15、18 d 对浆水青稞奶茶 pH 值进行测定,评价浆水青稞奶茶在贮藏过程中的 pH 值变化稳定程度。

1.3.6.3 电子眼检测

参考 Ren 等^[11]电子眼检测方法,取10 mL 浆水青稞奶茶样品于指定容器中进行色度测试。

1.3.6.4 电子鼻检测

参考 Jiang 等^[12]电子鼻检测方法并有所改动,取10 mL 样品于顶空瓶中,在37℃下水浴10 min,随后立即上机检测。检测参数:清洗时间90 s;检测时间150 s;载气500 mL/min,每个样品重复3次。电子鼻传感器阵列信息如表4所示。

表4 电子鼻传感器类型及对应功能

Table 4 Electronic nose sensor types and corresponding functions

阵列序号	传感器名称	功能描述
1	W1C	芳香成分,苯类
2	W5S	对氮氧化物很灵敏
3	W3C	芳香成分灵敏,氨类
4	W6S	主要对氢化物有选择性
5	W5C	短链烷烃芳香成分
6	W1S	对甲烷类灵敏
7	W1W	对无机硫化物灵敏
8	W2S	对醇类、醛酮类灵敏
9	W2W	芳香成分,对有机硫化物灵敏
10	W3S	对长链烷烃灵敏

1.3.6.5 菌落总数

参考 GB 4789.2—2022《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》^[13]采用平板计数法对菌落总数进行评价。

1.4 数据处理

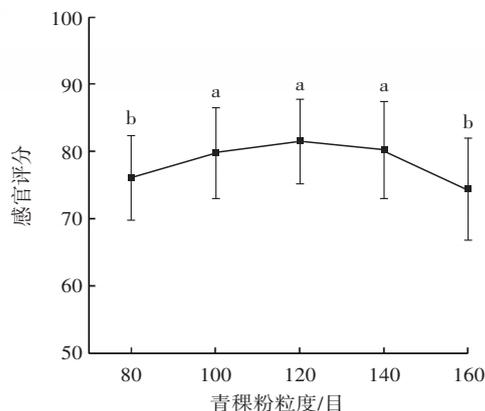
采用 Origin 2018 软件进行作图,SPSS 18.0 软件进行数据统计分析,试验结果采用平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 浆水青稞奶茶工艺配方试验

2.1.1 青稞粉粒度对浆水青稞奶茶品质的影响

奶茶是否具有丝滑细腻的口感是判断一款奶茶合格与否的重要指标。青稞的粉碎粒度直接影响着奶茶的口感,青稞粉粒度对浆水青稞奶茶感官评分的影响如图2所示。



不同小写字母表示存在显著性差异, $P < 0.05$ 。

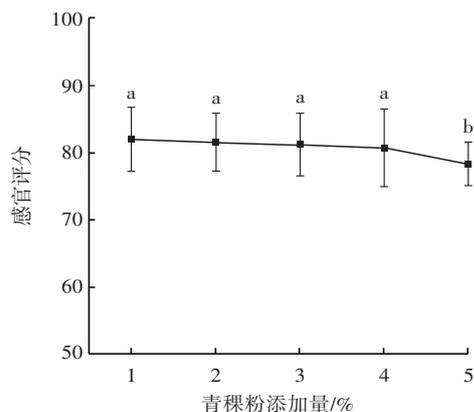
图2 青稞粉粒度对浆水青稞奶茶感官评分的影响

Fig.2 Effect of highland barley particle size on the sensory score of Jiangshui-highland barley milk tea

由图2可知,青稞粉粒度对感官评分的影响呈现出先上升后下降的趋势,并在粒度为120目时感官评分最高。这是由于青稞粉粒度越大越容易形成沉淀,不仅影响奶茶的视觉感受,而且吞咽时有明显颗粒感;而粒度过小(≤ 120 目)时遇水极易结团,形成不溶性小块,同时青稞粉过细会导致其特有的风味被牛奶香气所掩盖。因此,选取青稞粉粒度为100、120、140目进行后续正交试验。

2.1.2 青稞粉添加量对奶茶品质的影响

青稞赋予了奶茶特有的风味,图3为青稞粉添加量对浆水青稞奶茶感官评分的影响。



不同小写字母表示存在显著性差异, $P < 0.05$ 。

图3 青稞粉添加量对浆水青稞奶茶感官评分的影响

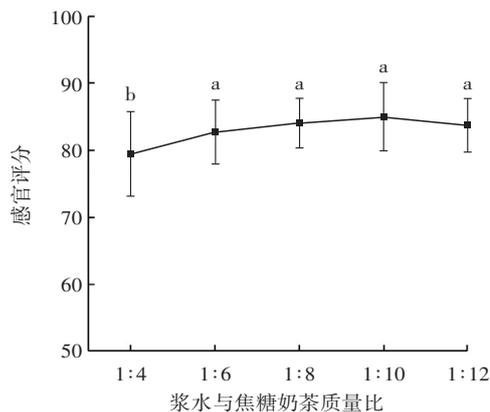
Fig.3 Effect of the addition of highland barley powder on the sensory score of Jiangshui-highland barley milk tea

由图3可知,随着青稞粉添加量的增加,浆水青稞奶茶的感官评分逐渐降低,这是由于青稞粉分散到饮品体系中超过一定比例时会产生大量沉淀,严重影响口感。李思宁等^[14]制备的青稞牛奶谷物饮品同样证明随青稞添加量的增加,导致饮品体系中沉淀离心率的不断升高。当青稞粉添加量低于1%时,奶茶中青稞

风味几乎消失不见,为保证浆水青稞奶茶既富有青稞风味又拥有较为细腻的口感,将青稞粉添加量控制在1%、2%、3%进行后续正交试验。

2.1.3 浆水与焦糖奶茶质量比对浆水青稞奶茶品质的影响

浆水入口酸香、制作简单、成本低廉,合格的浆水选用鲜嫩的苦苣、芥菜、蒲公英等山野菜或蔬菜为原料,烫透后与熟面汤水混合,放凉后接入“浆水引子”,于无油、无生水的洁净容器中发酵,3d后即成浆水。发酵成功的浆水中富含大量乳酸菌,有清热解暑、开胃解渴、调中利气之功效。浆水和焦糖奶茶质量比对感官评分的影响如图4所示。



不同小写字母表示存在显著性差异, $P < 0.05$ 。

图4 浆水焦糖奶茶比对浆水青稞奶茶感官评分的影响

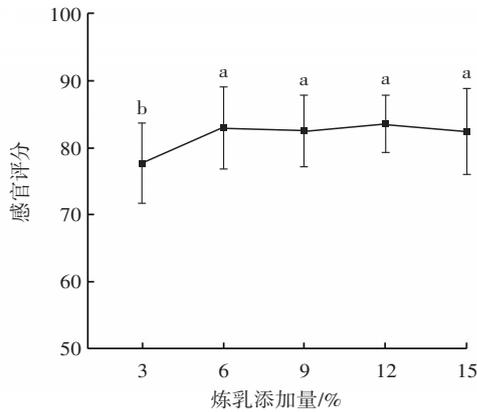
Fig.4 Effect of Jiangshui-caramel milk tea ratio on the sensory score of Jiangshui-highland barley milk tea

浆水中所含有的乳酸属于酸性物质, pH值较低,当浆水比例较高时,会导致焦糖奶茶中蛋白质遇酸变性析出,形成不溶性固体,严重影响焦糖奶茶的外观和口感。由图4可知,随着焦糖奶茶占比的逐渐增加,酸味口感得以缓解,甜味占据上风,但当焦糖奶茶占比超过一定限度后,酸味口感会逐渐减弱直至完全消失,最终使浆水青稞奶茶失去浆水风味。浆水的酸区别于食醋和酸奶,甘酸的同时夹杂着蔬菜的清香。因此,为保证浆水青稞奶茶既有浆水的酸爽又富含焦糖奶茶的甜香,选取浆水与焦糖奶茶质量比1:8、1:10、1:12进行后续正交试验。

2.1.4 炼乳添加量对浆水青稞奶茶品质的影响

炼乳是奶制品的一种,通常采用新鲜羊奶或牛奶浓缩加工而成,既能够保留鲜奶风味又便于长时间保存。因其在炼制过程中添加了一定体积的蔗糖,可以作为甜度调节剂来改善浆水青稞奶茶口感,炼乳添加量对浆水青稞奶茶感官评分的变化情况如图5所示。

由图5可知,当炼乳添加量为6%和12%时,浆水青稞奶茶的感官评分均较高,这可能是由于不同人群对糖的偏好程度存在差异所致。部分人群更加关注



不同小写字母表示存在显著性差异, $P < 0.05$ 。

图5 炼乳添加量对浆水青稞奶茶感官评分的影响

Fig.5 Effect of the amount of condensed milk added on the sensory score of Jiangshui-highland barley milk tea

低糖饮食,在炼乳添加量为6%时,浆水青稞奶茶拥有温和舒适的甜味,是喜好微甜口感人群的首选。而糖是人体最基本的能量来源,人体日常所需能量的50%~70%来自糖的转化^[15],在炼乳添加量达到12%时,浆水青稞奶茶甜味明显,能更好地满足嗜甜人群的选择。因此,选取炼乳添加量为6%、9%、12%进行后续正交试验。

2.1.5 浆水青稞奶茶工艺配方正交试验结果

在单因素试验的基础上进行浆水青稞奶茶 $L_9(3^4)$ 正交试验,以感官评分为指标,正交试验结果如表5所示,方差分析如表6所示。

表5 浆水青稞奶茶正交结果

Table 5 Orthogonal results of Jiangshui-highland barley milk tea

序号	A 青稞粉粒度	B 青稞粉添加量	C 浆水与焦糖奶茶质量比	D 炼乳添加量	感官评分
1	1	1	1	1	79.1
2	1	2	2	2	76.7
3	1	3	3	3	74.7
4	2	1	2	3	78.3
5	2	2	3	1	77.8
6	2	3	1	2	75.3
7	3	1	3	2	76.9
8	3	2	1	3	76.8
9	3	3	2	1	73.4
K_1	230.5	234.3	231.2	230.3	
K_2	231.4	231.3	228.4	228.9	
K_3	227.1	223.4	229.4	229.8	
k_1	76.8	78.1	77.1	76.8	
k_2	77.1	77.1	76.1	76.3	
k_3	75.7	74.5	76.5	76.6	
R	1.4	3.6	1.0	0.5	
主次因素	B>A>C>D				
最优方案	$A_2B_1C_1D_1$				

表6 方差分析

Table 6 Variance analysis

方差来源	偏差平方和	自由度	均方	F 值	显著性
青稞粉粒度	5.66	2	2.82	25.05	*
青稞粉添加量	37.76	2	18.88	167.83	**
浆水与焦糖奶茶质量比	2.61	2	1.305	11.60	
炼乳添加量	0.75	2	0.378	3.35	

注:*表示具有显著性影响($P < 0.05$);**表示具有极显著性影响($P < 0.01$)。

由表5可知,感官评分最高组合为 $A_1B_1C_1D_1$;根据极差R的大小各因素的主次顺序为 $B > A > C > D$,即青稞粉添加量>青稞粉粒度>浆水与焦糖奶茶质量比>炼乳添加量;利用K值分析最优组合结果为 $A_2B_1C_1D_1$,即青稞粉粒度120目、青稞粉添加量1%、浆水与焦糖奶茶质量比为1:8、炼乳添加量为6%。

2.1.6 验证试验结果

从上述正交试验结果分析得出,浆水青稞奶茶的最优组合为 $A_2B_1C_1D_1$,而感官评价中评分最高的组合为 $A_1B_1C_1D_1$,由于正交最优组合不在正交试验中的9个样本中,因此,需要进行验证试验,将正交最优组合和感官评分最高组合重新进行感官评价,结果如表7所示。

表7 浆水青稞奶茶验证试验结果

Table 7 Verification experiment results of Jiangshui-highland barley milk tea

组合	A 青稞粉粒度/目	B 青稞粉添加量/%	C 浆水与焦糖奶茶质量比	D 炼乳添加量/%	感官评分
$A_1B_1C_1D_1$	100	1	1:8	6	87.5
$A_2B_1C_1D_1$	120	1	1:8	6	88.0

由表7可知, $A_1B_1C_1D_1$ 的感官评分为87.5, $A_2B_1C_1D_1$ 的感官评分为88.0,因此确定浆水青稞奶茶的最佳配方组合为 $A_2B_1C_1D_1$ 。

2.2 浆水青稞奶茶稳定性试验

2.2.1 宏观观察和pH值变化分析

不同贮藏条件下浆水青稞奶茶状态变化如图6所示,pH值变化如图7所示。

由图6可知,常温25℃条件下浆水青稞奶茶出现分层和蛋白质析出的现象,并伴有异味产生,经判定已经酸败,说明浆水青稞奶茶在常温下难以长时间贮藏;而低温4℃条件下贮藏18d后奶茶状态较为稳定。结合图7可知,常温条件下放置3d浆水青稞奶茶pH值迅速下降,pH值由 6.43 ± 0.19 下降至 4.61 ± 0.20 ,这是由于奶茶中丰富的营养物质为残存的微生物提供了生长繁殖理想的培养基,大量产酸增殖后造成环境pH

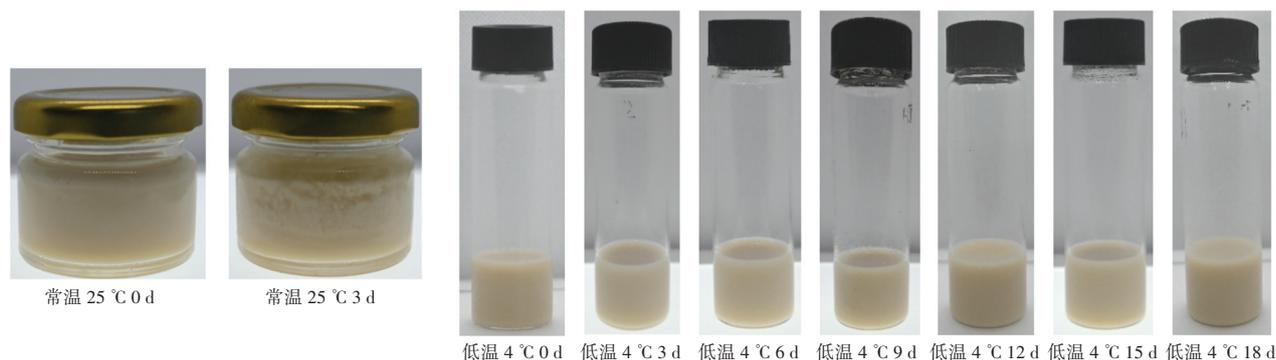


图6 常温和低温储藏浆水青稞奶茶状态

Fig.6 Status of Jiangshui-highland barley milk tea stored at room temperature and low temperature

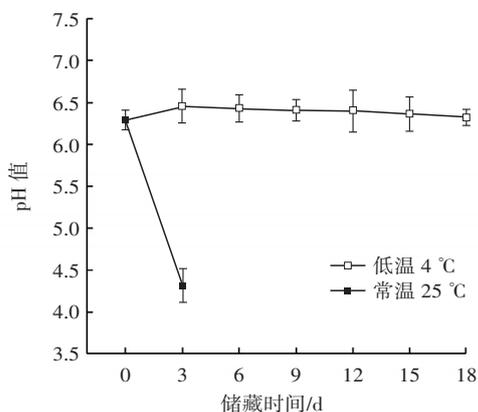


图7 低温和常温储藏浆水青稞奶茶 pH 值变化

Fig.7 Changes in pH values of Jiangshui-highland barley milk tea stored at low temperature and normal temperature

值改变,导致蛋白质在酸性条件下析出^[16]。低温 4 °C 条件下储藏 18 d 的浆水青稞奶茶 pH 值略有降低,可能是在贮藏过程中产生的美拉德反应中间产物氧化成酸类物质,也可能是多糖或双糖的降解,导致总酸含量略有变化^[17]。因此,贮藏环境温度对奶茶 pH 值变化有明显影响。

2.2.2 电子眼分析

浆水青稞奶茶贮藏过程中色泽变化情况可通过 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值来衡量, L^* 值表示亮度, a^* 值表示红绿度, b^* 值表示黄蓝度。浆水青稞奶茶 4 °C 贮藏过程中色度变化如表 8 所示。

由表 8 可知,在贮藏 18 d 后,浆水青稞奶茶色度整体呈现出 L^* 值降低、 a^* 值及 b^* 值升高的现象,在感官上表现为奶茶光泽下降,色泽变红、变褐,且时间越长,颜色变化越明显。王杰^[18]研究了 3 种茶饮料贮藏过程中色泽的变化,发现 3 种茶饮料 L^* 值均随时间的延长逐渐降低, a^* 值和 b^* 值随时间延长逐渐升高,与本试验结果一致。陆建良等^[19]研究发现,绿茶汤色评分和感官评分与 a^* 值、 b^* 值间存在显著负相关性,即茶汤绿色程度越高、黄色程度越浅,其感官评分越高;

表 8 浆水青稞奶茶 4 °C 贮藏过程中色度变化

Table 8 Colorimetric changes of Jiangshui-highland barley milk tea during storage at 4 °C

储藏时间/d	L^* 值	a^* 值	b^* 值
0	96.43±0.01 ^a	-7.32±0.02 ^d	31.25±0.10 ^e
3	96.52±0.06 ^a	-6.73±0.37 ^e	28.34±1.78 ^f
6	96.22±0.02 ^b	-8.68±0.09 ^e	38.62±0.78 ^e
9	96.25±0.01 ^b	-8.48±0.03 ^e	37.34±0.18 ^{cd}
12	95.91±0.02 ^c	-6.78±0.01 ^e	34.45±0.11 ^d
15	93.28±0.16 ^d	-4.74±0.24 ^b	42.23±1.07 ^b
18	87.90±0.19 ^e	3.66±0.33 ^a	44.11±0.24 ^a

注:同列不同小写字母表示存在显著性差异($P<0.05$)。

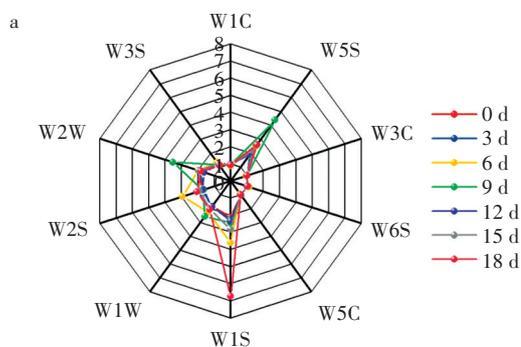
而汤色评分和感官评分与 L^* 值也存在显著正相关性,即亮度越高,汤色评分和感官评分也更高。

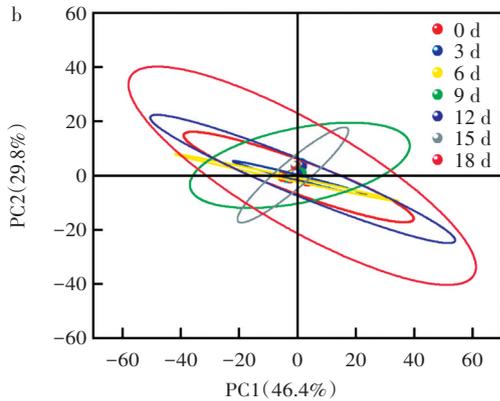
茶汤中含有的多酚类物质在光照、氧等因素的影响下,发生氧化和降解等反应,是造成奶茶色泽不断加深的原因^[20]。4 °C 条件下,当贮藏时间达到 18 d 时,浆水青稞奶茶 L^* 值仍能保持在较高水平,相比于常贮藏 3 d 后奶茶的 L^* 值(65.71±0.53),低温更有利于缓解浆水青稞奶茶的褐变。

2.2.3 电子鼻分析

浆水青稞奶茶 4 °C 贮藏过程呈味物质的变化如图 8 所示。

由图 8a 可知,10 个传感器中对浆水青稞奶茶响应





a. 雷达图; b. 主成分分析。

图8 浆水青稞奶茶4℃贮藏过程气味的变化

Fig.8 Changes in odor of Jiangshui-highland barley milk tea during storage at 4℃

强度较大的传感器有W1S、W5S、W2W,它们分别对应甲基类、氮氧化合物和有机硫化物的灵敏性。随着贮藏时间的延长,第18天浆水青稞奶茶在W1S传感器上响应值差异最为明显,这可能是因蛋白质分解过程中产生了甲烷等物质^[21]。

为进一步明确不同贮藏期间浆水青稞奶茶风味特征的差异,对电子鼻传感器的响应值进行了主成分分析(principal component analysis, PCA)。由图8b可知,4℃贮藏浆水青稞奶茶的第一主成分贡献率为46.4%,第二主成分贡献率为29.8%,累积贡献率达76.2%,说明不同贮藏时间的奶茶样本间挥发性气味存在一定差异,其中第一主成分起到了最为关键的作用,使用电子鼻能够准确识别和区分。而贮藏18d内奶茶气味响应值空间距离较近,说明浆水青稞奶茶贮藏过程中风味轮廓未发生明显变化,低温有利于保持浆水青稞奶茶的风味的流失。

2.2.4 微生物指标

根据GB 4789.2—2022《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》的检测方法对浆水青稞奶茶中菌落总数进行测定,放置18d后其菌落总数结果为0 CFU/mL,经查询,该饮料符合国标中菌落总数含量的要求(菌落总数不超过 10^4 CFU/mL)。

3 结论

本研究在焦糖奶茶的基础上进行青稞粉粒度、青稞粉添加量、浆水与焦糖奶茶质量比和炼乳添加量对浆水青稞奶茶感官评分影响的单因素试验和正交试验,得到最佳制备工艺为青稞粉粒度120目、青稞粉添加量1%、浆水与焦糖奶茶质量比为1:8、炼乳添加量为6%。通过电子眼、电子鼻相结合的方法为评价货架期内奶茶品质变化提供可行性。经过分析后发现,儿茶素类化合物的氧化、黄酮醇类化合物的降低与茶汤

色泽的劣变程度显著相关,电子眼数据表明随着贮藏时间延长,奶茶光泽度降低,色泽变褐、变深,而电子鼻能够准确捕捉浆水青稞奶茶贮藏过程中气味的变化,可以将W1S传感器响应值是否升高作为判断奶茶品质下降的标志。结果表明在不添加任何防腐剂的前提下,低温环境更适合浆水青稞奶茶的贮藏,表现为贮藏18d后pH值稳定在 6.30 ± 0.09 水平,菌落总数满足国家标准(不超过 10^4 CFU/mL),说明浆水青稞奶茶在4℃条件下货架期可达18d,为开展浆水青稞奶茶复配稳定剂的研究奠定基础。

参考文献:

- 李慧玲,王彦儒,刘亚平.浆水菜制作及深加工研究进展[J].农产品加工,2020(22):82-86.
LI Huiling, WANG Yanru, LIU Yaping. Research progress on the preparation and deep processing of Jiangshui vegetable[J]. Farm Products Processing, 2020(22): 82-86.
- 王丽萍,李珊妮,柴春蓉,等.传统发酵食品浆水工艺对其品质影响研究进展[J].湖北农业科学,2019,58(S1):7-9.
WANG Liping, LI Shanni, CHAI Chunrong, et al. Research progress on the effect of traditional fermented food serofluid dish technology on its quality[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2019, 58(S1): 7-9.
- 侯智勇,杨静,贾洪峰,等.传统发酵食品——浆水菜研究概况及研究前景[J].中国调味品,2015,40(2):132-136.
HOU Zhiyong, YANG Jing, JIA Hongfeng, et al. Research overview and prospect of traditional fermented food—Serofluid dish[J]. China Condiment, 2015, 40(2): 132-136.
- OBADI M, SUN J, XU B. Highland barley: Chemical composition, bioactive compounds, health effects, and applications[J]. Food Research International, 2021, 140: 110065.
- LAZARIDOU A, BILIADERIS C G. Molecular aspects of cereal β -glucan functionality: Physical properties, technological applications and physiological effects[J]. Journal of Cereal Science, 2007, 46(2): 101-118.
- GUO T L, HORVATH C, CHEN L, et al. Understanding the nutrient composition and nutritional functions of highland barley (Qingke): A review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 103: 109-117.
- LYU Y M, MA S, LIU J K, et al. A systematic review of highland barley: Ingredients, health functions and applications[J]. Grain & Oil Science and Technology, 2022, 5(1): 35-43.
- 唐琳,张永德,罗学刚,等.青海青稞制品发展现状与展望[J].现代食品,2020(16):49-54.
TANG Lin, ZHANG Yongde, LUO Xuegang, et al. The development progress and prospect of barley products in Qinghai[J]. Modern Food, 2020(16): 49-54.
- 沈小萌,付静,杨晨曦,等.响应面优化低糖奶茶配方研究[J].茶叶通讯,2024,51(2):232-242.
SHEN Xiaomeng, FU Jing, YANG Chenxi, et al. Optimization of low sugar milk tea formula by response surface methodology[J]. Journal of Tea Communication, 2024, 51(2): 232-242.
- 李林秋,张琪苓,魏琪,等.黄精珍珠奶茶的响应面工艺优化与风味物质的GC-MS探究[J].食品工业,2023,44(3):206-212.
LI Linqiu, ZHANG Qiling, WEI Qi, et al. Response surface process optimization and GC-MS investigation of flavor substances in Po-

- lygonatum* pearl milk tea[J]. The Food Industry, 2023, 44(3): 206-212.
- [11] REN G X, WU R, YIN L L, et al. Description of tea quality using deep learning and multi-sensor feature fusion[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2024, 126: 105924.
- [12] JIANG S, JIANG P F, FENG D D, et al. Characterization of flavor substances in cooking and seasoned cooking brown seaweeds by GC-IMS and E-nose[J]. Food Chemistry: X, 2024, 22: 101325.
- [13] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- National Health Commission of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. National food safety standard Food microbiological examination: Aerobic plate count: GB 4789.2—2022[S]. Beijing: Standards Press of China, 2022.
- [14] 李思宁, 张筱蕾, 唐善虎, 等. 青稞牛奶谷物饮品制作工艺参数优化的研究[J]. 西南民族大学学报(自然科学版), 2017, 43(6): 573-579.
- LI Sining, ZHANG Xiaolei, TANG Shanhu, et al. Optimization of processing parameters of highland barley milk beverage[J]. Journal of Southwest Minzu University (Natural Science Edition), 2017, 43(6): 573-579.
- [15] ERFANI H, GHORBANI G R, HASHEMZADEH F, et al. Effects of complete substitution of dietary grain and protein sources with by-products on the production performance of mid-lactation dairy cows fed diets based on barley silage under heat-stress conditions[J]. Journal of Dairy Science, 2024, 107(4): 1993-2010.
- [16] DISSANAYAKE M, RAMCHANDRAN L, DONKOR O N, et al. Denaturation of whey proteins as a function of heat, pH and protein concentration[J]. International Dairy Journal, 2013, 31(2): 93-99.
- [17] 邹正平. 薏苡仁红豆复合饮料的研制及其活性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2018.
- ZOU Zhengping. Preparation and activity study of coix seed and azuki bean compound beverage[D]. Changchun: Jilin University, 2018.
- [18] 王杰. 不同茶树品种绿茶饮料的理化特性分析及沉淀因子互作机理探究[D]. 重庆: 西南大学, 2017.
- WANG Jie. Analysis of physicochemical characteristics of green tea beverages made from different tea varieties and exploration of precipitation factors interaction mechanism[D]. Chongqing: Southwest University, 2017.
- [19] 陆建良, 梁月荣, 龚淑英, 等. 茶汤色差与茶叶感官品质相关性研究[J]. 茶叶科学, 2002, 22(1): 57-61.
- LU Jianliang, LIANG Yuerong, GONG Shuying, et al. Studies on relationship between liquor chromaticity and organoleptic quality of tea[J]. Journal of Tea Science, 2002, 22(1): 57-61.
- [20] 李钊. 绿茶茶汤色泽变化的机理研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2010.
- LI Zhao. Studied on the color variation of green tea infusion[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2010.
- [21] 刘琳, 焦文娟, 赵甜甜, 等. 电子鼻结合生物胺分析淡水鱼贮藏过程中的品质变化[J]. 现代食品科技, 2024, 40(1): 137-148.
- LIU Lin, JIAO Wenjuan, ZHAO Tiantian, et al. Evaluation of quality changes in freshwater fish during storage using electronic nose measurements and biogenic amine contents[J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(1): 137-148.

加工编辑: 张岩蔚
收稿日期: 2024-05-17