

食品流通与包装

直投式发酵剂生产炭烧酸奶工艺及最优包装

费英敏¹, 张根生², 刘志鑫², 王唏言²

(1.黑龙江民族职业学院, 哈尔滨 150066; 2.哈尔滨商业大学, 哈尔滨 150076)

摘要: **目的** 研究直投式发酵剂生产炭烧酸奶的工艺和最优包装。**方法** 以鲜牛奶为原料, 经过美拉德反应后生成褐色牛奶, 再经过接种, 加入添加剂, 并进行发酵、后熟处理, 最终制出炭烧酸奶, 选出透明、避光这 2 种包装中较优的包装。**结果** 制备褐色牛奶的最佳工艺中, 添加葡萄糖的质量分数为 5%, 水浴温度为 98 ℃, 水浴时间为 180 min。使用该褐色牛奶作为原料进行发酵, 制备的炭烧酸奶最佳工艺配方中, 蔗糖质量分数为 4%, 脱脂奶粉质量分数为 5%, 菌种质量分数为 0.25%, 发酵温度为 41 ℃, 发酵时间为 360 min, 其中避光包装更利于酸奶贮存。**结论** 在最佳工艺条件下生产的炭烧酸奶呈咖啡色, 色泽均匀光滑, 有醇正的焦糖风味和酸奶风味, 组织状态稳定, 口感细腻, 黏稠感适中, 无乳清析出, 蛋白质含量远高于市售炭烧酸奶。

关键词: 炭烧酸奶; 美拉德反应; 发酵工艺; 产品分析

中图分类号: TB485.9; TS252.54; TS252.42 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)03-0046-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.03.007

Production Technology and Optimal Packaging of Carbonized Yogurt with Direct Vat Starter

FEI Ying-min¹, ZHANG Gen-sheng², LIU Zhi-xin², WANG Xi-yan²

(1.Heilongjiang Vocational College for Nationalities, Harbin 150066, China;

2.Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

ABSTRACT: The work aims to study the production process and optimal packaging of carbonized yogurt with direct vat starter. With fresh milk as raw material, the brown milk was produced after Maillard reaction. Then, through inoculation, addition of additive, fermentation and ripening, the carbonized yogurt was finally made, and the better packaging among the transparent and light-tight packaging was selected. The optimum conditions for preparing brown milk were as follows: the mass fraction of added glucose was 5%, water bath temperature was 98 ℃, and water bath time was 180 min. The brown milk was used as raw material to ferment. In the optimum technological formula for preparing carbonized yogurt, the mass fractions of sucrose, skim milk powder and strain were respectively 4%, 5% and 0.25%, fermentation temperature was 41 ℃, and fermentation time was 360 min. The light-tight packaging was better for yogurt storage. The carbonized yogurt produced under the optimum technological conditions is of brown color, uniform and smooth color, pure caramel flavor and yogurt flavor, stable tissue state, fine taste, moderate viscosity and no whey precipitation, and the content of protein is much higher than that of carbonized yogurt on the market.

KEY WORDS: carbonized yogurt; Maillard reaction; fermentation process; product analysis

收稿日期: 2018-10-29

作者简介: 费英敏 (1973—), 女, 黑龙江民族职业学院副教授, 主要研究方向为食品科学。

通信作者: 张根生 (1964—), 男, 哈尔滨商业大学教授, 主要研究方向为畜产品加工。

近年来,随着我国人民生活水平的提高,人们对食品的健康美味有了新的要求,食品的颜色、气味、口感都将纳入对食品开发研究的重要内容。牛奶具有低脂高蛋白的特点,营养全面且均衡,酸奶的营养价值则更高,牛奶中的大分子乳糖因为乳酸菌的发酵而被分解成小分子,利于人体吸收的同时还能对肠道起到保护和抗炎作用^[1-3]。67%的中国受访者表示目前酸奶的食用量明显多于3年前,在巴西、法国、波兰、土耳其、美国为50%,国内外对新型的酸奶研究开发进度都逐渐加快。近年来,市面上各种口味和具有保健功能的酸奶相继面世,多为兼顾良好风味和保健功能的草莓、椰汁、胡萝卜、谷物类果蔬酸奶。中国奶业协会与农业农村部奶及奶制品质量监督检验测试中心联合发布的《中国奶业质量报告(2018)》中指出,2017年我国奶品产量居世界第3,基于我国庞大的人口数量,乳品行业将有不可想象的广阔发展空间^[4]。

炭烧酸奶不仅有着像咖啡一样漂亮的褐色,还具有类似太妃糖与焦糖的风味。在原料牛奶中添加葡萄糖,经水浴加热后褐变,这利用了美拉德反应的优点,但不同于家常做菜时的焦糖化反应,它更加安全,可放心食用。市场上日本养乐多公司的褐色乳酸菌饮料也采用同样的褐变工艺制作而成;马志梅^[5]等利用Yo-C571-F菌对褐色酸奶进行了发酵;李海燕^[6]等利用德氏乳杆菌保加利亚亚种、嗜热链球菌和乳酸乳球菌双乙酰亚种对褐色酸奶进行了发酵。文中采用直投式发酵剂对褐色牛奶进行发酵,直投式发酵剂与液体发酵剂、冷冻发酵剂相比,具有活性强、成本低、使用方便等特点^[7],这里拟通过实验得出炭烧酸奶最佳的配方与工艺流程,对国内炭烧酸奶生产与研发具有一定的参考意义。

1 实验

1.1 材料与设备

主要材料:鲜牛奶、脱脂乳粉,完达山食品有限公司;葡萄糖,哈尔滨聚喜商贸有限公司;蔗糖,云南滇鹏糖业有限公司;氢氧化钠,天津市永大化学试剂有限公司;浓硫酸,盐酸,酚酞,硫酸铜,硫酸钾,硼酸,乙醚,均为分析纯,天津市永大化学试剂有限公司;YO-MIX-465LYO-200DCU,包含保加利亚乳杆菌、植物乳杆菌、嗜热链球菌,丹尼斯克(中国)有限公司;白色和透明PP材料酸奶盒,台州市风华包装容器有限公司。

主要设备:C21-BC27型电磁炉,BCD-160TMPQ型电冰箱,青岛海尔股份有限公司;HHS-17型电热恒温水浴锅,浙江省余姚市检测仪表厂;DHP-9082型电热恒温培养箱,上海百典仪器设备有限公司;

TG16-WS型高速离心机,上海卢湘仪离心机仪器有限公司;CL-200型集热式恒温加热磁力搅拌器,予华仪器有限责任公司;KDY-9820型自动凯氏定氮仪,上海洪纪仪器设备有限公司;BS224S型电子天平,15800A9130型分光测色仪,PB-10型精密pH仪,北京赛多利斯仪器系统有限公司。

1.2 方法

1.2.1 炭烧酸奶的工艺流程

炭烧酸奶的工艺流程为:鲜牛奶→杀菌→添加葡萄糖→搅拌→密封→水浴加热→冷却→褐色牛奶与辅料混匀→预热→均质→杀菌→发酵(添加菌种)→冷藏→搅拌→成品→包装。

将牛奶在75℃条件下加热20min,加入葡萄糖后,设定温度和时间水浴加热,冷却后与称量好的蔗糖、脱脂奶粉混合。在均质机45℃,15MPa条件下进行均质处理。取出牛奶后,在75℃的水浴锅中杀菌20min,在40~45℃之间即可添加菌种,为提高菌种的发酵效率,添加后用玻璃棒小幅度搅动约10min。密封后放入恒温发酵箱中进行发酵,到达发酵终点后,将酸奶放至常温,再放入4℃的冰箱冷藏,进入后熟期,完成后即可获得炭烧酸奶。

1.2.2 指标测定

1) 酸奶持水力的测定。取质量恒定的干燥离心管进行称量,记为 m_1 。取40mL炭烧酸奶倒入离心管中,质量记为 m_2 。设置离心机的转速为4000r/min,放入含有炭烧酸奶的离心管,离心15min后停止,取出离心后的样品,将上清液弃去,称量余下样品,记为 m_3 ^[8]。

2) 酸奶中蛋白质含量的测定。蛋白质含量的测定按照GB 5009.5—2010中的凯氏定氮法进行实验^[9]。

3) 酸奶中脂肪含量的测定。取样品称量10g,放置于蒸发皿中,倒入20g沸石后水浴蒸干。随后将样品进行干燥处理(放入95~105℃的烘箱干燥即可),取出后研细并放进滤纸筒中。使用粘有乙醚的脱脂棉仔细擦拭蒸发皿、玻璃棒的表面,完毕后放入滤纸筒内,连接装置中的抽提筒和接收瓶,将无水乙醚从抽提器冷凝管上方加入瓶中,过半后水浴加热,抽提720min后,取下接收瓶,回收乙醚,当接收瓶里的乙醚还存有1~2mL时,再水浴蒸干,随后干燥处理样品(放入95~105℃的烘箱干燥即可),放干燥器内冷却一段时间后进行称量^[10]。

4) 酸奶中乳酸菌总数的测定。取样品制成不同浓度的10倍递增稀释液,取1mL放入乳酸菌琼脂培养基,并在37℃条件下培养48h,读取培养基上的菌落数后,按照稀释倍数计算出1mL样品中含有的乳酸菌总数。

5) 褐色牛奶及炭烧酸奶正交实验感官评价方法。

酸奶具体感官评价得分标准见表 1^[11-12]。正常环境下,通过手掌在褐色牛奶上方煽动来闻味道,饮用前

先饮用少量温开水滤嘴。选 3 名熟悉评价方法的人员,按表 1 中的评分标准来打分,总分为各指标之和。

表 1 褐色牛奶及炭烧酸奶的感官评定标准
Tab.1 Standard for sensory assessment of brown milk and carbonized yogurt

感官评价指标	分值	感官标准	评分标准
颜色	30	褐色颜色适中,与咖啡色相近,有光泽,均匀	20~30
		褐色颜色较淡,与橙色颜色相近	10~20
		褐色颜色深或浅,与深棕色相近或与奶白色相近	1~10
气味	20	香气饱满,牛奶味浓郁,有香甜味和焦糖味	12~20
		香气明显,牛奶味正常,有香甜味和少许焦糖味	6~12
		香气较少,牛奶味淡,仅有香甜味,无焦糖味	1~6
口感	20	爽滑可口,粘度适中,甜度恰好,与牛奶相同,有太妃糖的甜味	12~20
		爽滑可口,过粘或过稀,过甜或不甜,包裹感不如牛奶,无太妃糖味	1~12
组织状态	15	均匀一致,无絮状物,无分层	8~15
		大致均匀,有少量脂类漂浮,质地一般	1~8
整体喜好度	15	非常喜爱,愿意常喝	12~15
		比较喜欢,能够接受	8~12
		一般,同等条件下不优先考虑	1~8

1.3 数据分析

试验数据均为重复 3 次的平均值,采用 Excel 和 SPSS 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 褐色牛奶单因素实验结果

2.1.1 葡萄糖添加量

根据美拉德反应的条件,将葡萄糖的质量分数按梯度分为 4 个水平,即 8%,6%,4%,2%,水浴温度为 94℃,水浴时间为 150 min,葡萄糖添加量对褐色牛奶的色度值(L 值、 a 值、 b 值)及感官评分的影响见表 2。

根据实验结果可得,随着葡萄糖添加量的增多,牛奶颜色由奶白色向褐色转变的程度更加明显, L 值减小, a 值和 b 值增大。葡萄糖质量分数为 2%~4% 之间时, L 值、 a 值、 b 值变化显著,远大于 4%~8% 之间的变化,6%~8% 之后色度变化趋于平缓。由表 2 可知,随着葡萄糖添加量的增大,感官评价得分先增后降,在 4% 时达到顶点,为 74 分。炭烧酸奶制备时添加蔗糖可能会导致成本升高与感官评价得分降低,

选择葡萄糖质量分数为 4% 时最为合理,该结论与倪丹^[13]对褐色饮用型酸奶的研制结论一致。

2.1.2 水浴温度

根据美拉德反应的条件,将水浴温度按梯度分为 4 个水平^[14],即 98,96,94,92℃,水浴时间为 150 min,葡萄糖质量分数为 4%,水浴温度对褐色牛奶的色度值(L 值、 a 值、 b 值)及感官评价得分的影响见表 3。

根据实验结果可得,随着水浴温度的升高,牛奶颜色由奶白色向褐色转变程度更加明显。水浴温度越高, L 值越小, a 值和 b 值越大,且色度的变化量在 92,94,96,98℃ 之间幅度相近。通过表 3 可知,水浴温度升高的过程中,感官评价得分也随之升高,得分最高时水浴温度为 98℃,因此选用 98℃ 进行美拉德反应最为合理,该结论与王培亮^[15]对褐色益生菌酸奶的研制理论相似。

2.1.3 水浴时间

根据美拉德反应的条件,将水浴时间按梯度分为 4 个水平,即 180,150,120,90 min,水浴温度为 94℃,葡萄糖质量分数为 4%,水浴时间对褐色牛奶的色度值(L 值、 a 值、 b 值)及感官评价得分的影响见表 4。

表 2 葡萄糖添加量对褐色牛奶色差和感官品质的影响
Tab.2 Effects of glucose addition on color aberration and sensory quality of brown milk

葡萄糖质量分数/%	L 值	a 值	b 值	感官评价得分
2	75.12±1.26	2.26±0.22	12.64±1.09	66±3
4	73.58±1.31	4.74±0.23	14.37±0.84	74±4
6	73.35±1.54	5.22±0.13	14.89±0.93	71±3
8	72.91±1.7	5.27±0.53	15.33±0.95	59±2

表 3 水浴温度对褐色牛奶色差及感官品质的影响
Tab.3 Effects of water bath temperature on color aberration and sensory quality of brown milk

水浴温度/℃	<i>L</i> 值	<i>a</i> 值	<i>b</i> 值	感官评价得分
92	73.98±1.62	4.42±0.33	13.65±0.86	68±3
94	73.58±1.47	4.74±0.28	14.37±0.72	74±4
96	72.85±1.82	5.29±0.4	14.79±0.75	77±2
98	72.24±1.15	5.51±0.43	15.26±0.9	80±3

表 4 水浴时间对褐色牛奶色差及感官品质的影响
Tab.4 Effects of water bath time on color aberration and sensory quality of brown milk

水浴时间/min	<i>L</i> 值	<i>a</i> 值	<i>b</i> 值	感官评价得分
90	80.57±1.54	1.08±0.19	7.65±0.66	43±2
120	77.29±1.42	2.33±0.13	10.41±0.73	53±3
150	73.58±1.33	4.74±0.21	14.37±0.84	74±5
180	67.74±1.26	6.55±0.24	18.29±0.91	90±4

根据实验结果得到,随着水浴时间的加长,牛奶颜色由奶白色向褐色转变程度更加明显。水浴时间越长,*L* 值越小,*a* 值和 *b* 值越大,且变化量在 90,120,150,180 min 之间相差明显,尤其在 120~150 min 之间变化最大。通过表 4 可知,水浴时间的加长过程中,感官评价得分也随之升高,最高得分时的水浴时间长达 180 min,因此选用水浴时间 180 min 进行美拉德反应最为合理,该结论与王培亮^[15]对褐色益生菌酸奶的研制理论相似。

2.2 褐色牛奶正交实验结论

针对褐色牛奶中葡萄糖质量分数 *A* (4%,5%,6%) 水浴温度 *B* (96,97,98 ℃) 和水浴时间 *C* (150,165,180 min)^[16]进行正交实验来优化工艺参数,参照表 1 对成品进行评分,结果见表 5。
由表 5 中 *R* 值可以看出,影响因素 *A*,*B*,*C* 的 *R* 值分别为 1.0,4.4,8.0,*R* 值越大,影响程度越大,即各因素对褐色酸奶品质的影响程度依次为 *C*>*B*>

表 5 褐色牛奶正交实验分析
Tab.5 Orthogonal experiment analysis of brown milk

试验号	<i>A</i> /%	<i>B</i> /℃	<i>C</i> /min	空白列	感官评价得分
1	4	96	150	1	75
2	4	97	165	2	81
3	4	98	180	3	87
4	5	96	165	3	80
5	5	97	180	1	86
6	5	98	150	2	80
7	6	96	180	2	83
8	6	97	150	3	77
9	6	98	165	1	84
I	243	238	232		
II	246	244	245		
III	244	251	256		
<i>K</i> ₁	81.0	79.3	77.3		
<i>K</i> ₂	82.0	81.3	81.7		
<i>K</i> ₃	81.3	83.7	85.3		
<i>R</i>	1.0	4.4	8.0		
因素主次			<i>C</i> > <i>B</i> > <i>A</i>		
最优组合条件			<i>A</i> ₂ <i>B</i> ₃ <i>C</i> ₃		

A , 即水浴时间 > 水浴温度 > 葡萄糖添加量。综合各因素的 K 值可知, $A_2B_3C_3$ 为最佳工艺条件。最优感官评分时的条件为 $A_1B_3C_3$, 经过验证性实验, 最终确定正交的最佳工艺条件为 $A_2B_3C_3$, 即葡萄糖质量分数为 5%, 水浴温度为 $98\text{ }^{\circ}\text{C}$, 水浴时间为 180 min, 在该条件下感官评价得分为 92 分, L 值为 68.46, a 值为 6.25, b 值为 17.70, 酸奶褐色适中, 甜度恰好, 香气饱满, 质构均一。

2.3 炭烧酸奶单因素实验结果

2.3.1 菌种添加量

菌种添加量对产品持水力和感官评价得分的影响见图 1, 由图 1 可知, 随着菌种添加量的增加, 持水力和感官评价得分呈先增后减的趋势, 在菌种质量分数为 0.2% 时达到顶点。由结果可推测, 菌种添加量的增加可使得酸奶中的活菌数量上升, 从而产生更多的乳酸, 添加量超过某一范围后, 发酵速度过快, 可提前到达发酵终点, 凝乳程度过高, 对酸奶的感官评价产生影响, 该结论与张俊芳^[17]在酸奶发酵研究中的结论相同。综上所述, 确定菌种质量分数为 0.2%。

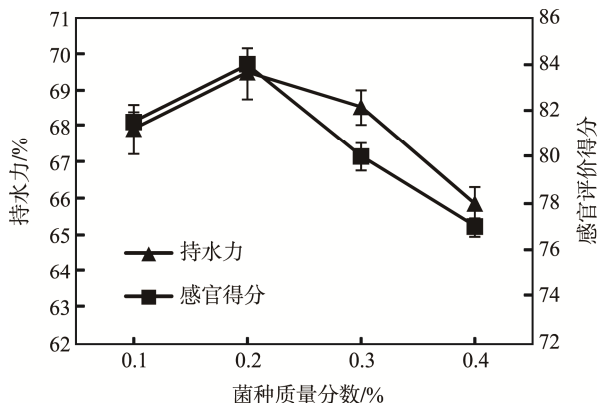


图 1 菌种添加量对产品持水力和感官评价得分的影响
Fig.1 Effect of strain addition on product hydraulic capacity and sensory score

2.3.2 蔗糖添加量

蔗糖添加量对产品持水力和感官评价得分的影响见图 2, 由图 2 可知, 随着蔗糖添加量的增加, 持水力和感官评价得分则呈先增后减的趋势, 在蔗糖质量分数为 2% 时感官评价得分最高, 在蔗糖质量分数为 3% 时持水力最高。由此推断出蔗糖对菌种的影响是供给了更多的能量和碳源, 在一定程度上可加快发酵速度, 但过量蔗糖形成的高糖环境可能会抑制乳酸菌的繁殖与生长。过低的含糖量会导致酸奶的甜味不够, 过高的含糖量则会导致酸奶口感甜腻。综上所述, 确定蔗糖的质量分数为 2%, 该结论与倪丹^[13]针对褐色饮用型酸奶研究的结论一致。

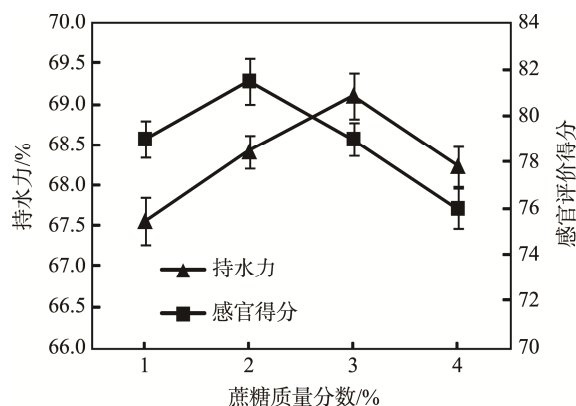


图 2 蔗糖添加量对产品持水力和感官评价得分的影响
Fig.2 Effect of sucrose addition on product hydraulic capacity and sensory score

2.3.3 脱脂奶粉添加量

脱脂奶粉添加量对产品持水力和感官评价得分的影响见图 3, 由图 3 可知, 随着脱脂奶粉添加量的增加, 感官评价得分呈先增后减的趋势, 在脱脂奶粉质量分数为 4% 时达到顶点。添加量适中时, 酸奶的醇厚感会上升, 并会适当增加黏稠度, 当添加量过高时会导致酸奶的口感产生粉质感, 并伴随少量颗粒, 肉眼即可观察到, 会导致感官评价得分的大幅降低。综上所述, 确定脱脂奶粉的质量分数为 4%, 该结论与王晓倩^[18]针对褐色饮用型酸奶研究的结论一致。

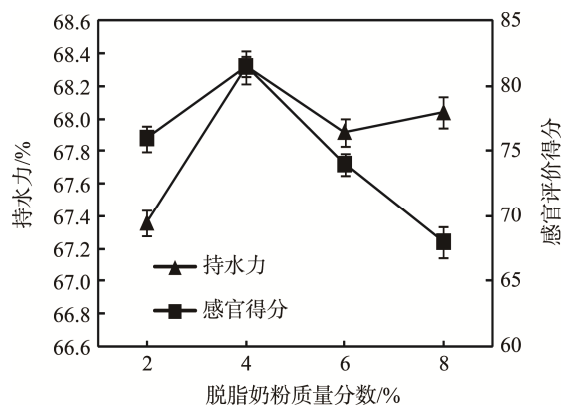


图 3 脱脂奶粉添加量对产品持水力和感官评价得分的影响
Fig.3 Effect of addition of skimmed milk powder on hydraulic capacity and sensory score of product

2.3.4 发酵时间

发酵时间对产品持水力和感官评价得分的影响见图 4, 由图 4 可知, 随着发酵时间的延长, 持水力和感官评价得分呈先增后减的趋势, 在发酵时间为 420 min 时持水力和感官评价得分最高。发酵时间对炭烧酸奶的品质影响显著, 当发酵时间较短时, 因乳酸未达到等电点, 褐色牛奶无法发生凝乳反应, 还达不到形成酸奶的必要条件, 无法形成酸奶。发酵时间达到 300 min 时, 虽然褐色牛奶完成了凝乳反

应,但整体粘度较低,不能携带良好的酸奶风味,口感偏差。综上所述,确定发酵时间为 420 min,该结论与张然^[19]针对酸奶的发酵时间研究结论一致。

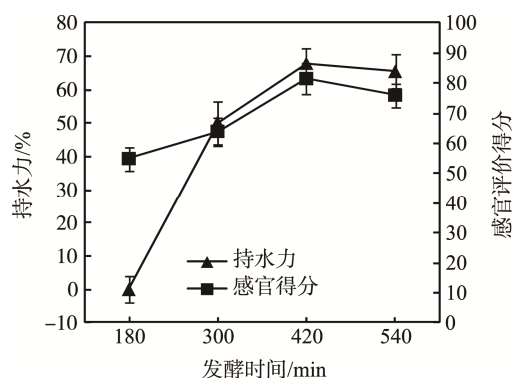


图 4 发酵时间对产品持水力和感官评价得分的影响
Fig.4 Effect of fermentation time on product hydraulic capacity and sensory score

2.3.5 发酵温度

发酵温度对产品持水力和感官评价得分的影响见图 5,由图 5 可知,随着发酵温度的升高,持水力不断上升,当发酵温度为 44 ℃时持水力最强,感官评价得分先上升后下降,在发酵温度为 42 ℃时感官评价得分最高。推测乳酸菌对较高温度表现出更好的适应性,随着温度升高,乳酸菌活性变强,乳酸的分泌量增多。乳酸分泌过多会使得酸味增加,感官评价时有生涩不细腻的口感。综上所述,确定发酵温度为 42 ℃,该结论与王晓倩^[18]针对褐色饮用型酸奶研究的结论一致。

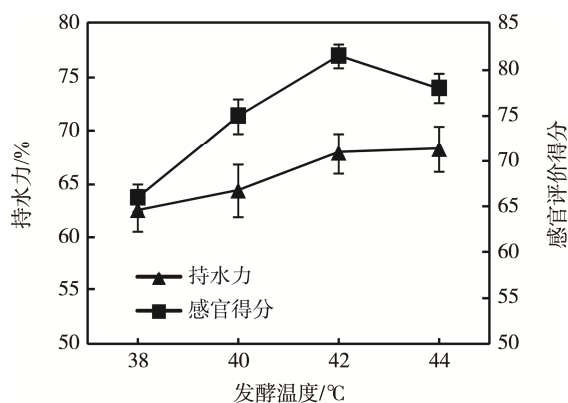


图 5 发酵温度对产品持水力和感官评价得分的影响
Fig.5 Effect of fermentation temperature on product hydraulic capacity and sensory score

2.4 炭烧酸奶正交实验结论

针对炭烧酸奶中的蔗糖质量分数 D (1%, 2%, 3%, 4%)、脱脂奶粉质量分数 E (3%, 4%, 5%, 6%)、菌种质量分数 F (0.1%, 0.15%, 0.2%, 0.25%)、发酵温度 G (40, 41, 42, 43 ℃) 和发酵时间 H (300, 360, 420, 480 min) 进行正交实验来优化工艺参数。

参照表 1 对成品进行评分,结果见表 6。

由表 6 中 R 值大小可以看出,影响因素 E, D, F, G, H 的 R 值分别为 4.7, 3.7, 6, 4.5, 5.5, R 值越大,影响程度越大,即各因素对炭烧酸奶品质的影响程度依次为 $F > H > D > G > E$,即菌种质量分数 > 发酵时间 > 蔗糖质量分数 > 发酵温度 > 脱脂奶粉质量分数。综合各因素的 K 值可知, $A_2B_3C_4D_2E_2$ 为最佳工艺条件。最优感官评分时的条件为 $A_2B_3C_4D_1E_2$,经验证性实验确定最优组合为 $A_2B_3C_4D_2E_2$,即蔗糖质量分数为 4%,脱脂奶粉质量分数为 5%,菌种质量分数为 0.25%,发酵温度为 41 ℃,发酵时间为 360 min,该条件下酸奶褐色适中,甜度恰好,香气饱满,质均一,感官评价得分为 93 分。

2.5 包装材料对酸奶贮存期乳酸菌总数的影响

包装材料对酸奶贮存期乳酸菌总数的影响见图 6,由图 6 可知,随着贮存时间的延长,避光包装和透明包装的乳酸菌总数均呈逐渐降低的趋势,避光包装在贮存前期乳酸菌总数无明显变化,在贮存时间达到 12 d 后,乳酸菌总数开始下降,透明包装在贮存前期乳酸菌总数变化趋势较为平缓,在贮存时间达到 8 d 后,乳酸菌总数开始明显下降。综上所述,确定最优包装为白色避光 PP 包装。

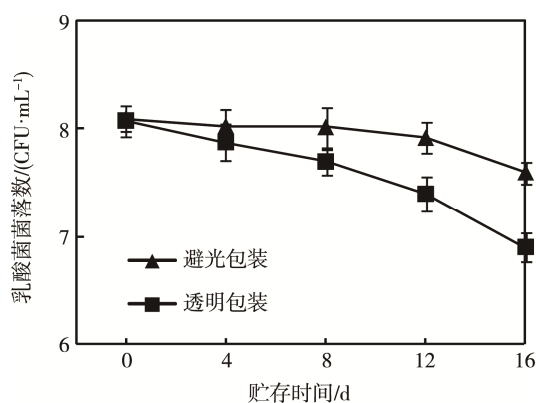


图 6 包装材料对酸奶贮存期乳酸菌总数的影响
Fig.6 Effect of packaging materials on lactic acid bacteria count during storage period of yogurt

2.6 炭烧酸奶的质量评定结果

GB 19302—2010^[20]中指出,风味发酵乳的颜色应与添加物的颜色相符,滋味应与添加物的滋味相符,组织状态应与添加物的组织状态相符,具体为状态细腻、均匀,允许有少量乳清析出。文中实验研制的炭烧酸奶呈咖啡色,色泽均匀光滑,有醇正的焦糖风味和酸奶风味,与市售的 4 种炭烧酸奶进行对比,测得市售酸奶的蛋白质含量分别为 2.5, 2.8, 2.6, 2.3 g/(100 g),文中实验研制的炭烧酸奶蛋白质含量为 3.2

表 6 炭烧酸奶的正交实验分析
Tab.6 Orthogonal experimental analysis of carbonized yogurt

试验号	D/%	E/%	F/%	G/℃	H/min	感官评价得分
1	1	3	0.1	40	300	72.0
2	1	4	0.15	41	360	80.5
3	1	5	0.2	42	420	81.0
4	1	6	0.25	43	480	77.5
5	2	3	0.15	42	480	77.0
6	2	4	0.1	43	420	76.5
7	2	5	0.25	40	360	86.0
8	2	6	0.2	41	300	80.5
9	3	3	0.2	43	360	82.5
10	3	4	0.1	42	300	76.0
11	3	5	0.25	41	480	79.5
12	3	6	0.15	40	420	73.0
13	4	3	0.25	41	420	80.5
14	4	4	0.2	40	480	72.0
15	4	5	0.15	43	300	73.5
16	4	6	0.1	42	360	75.0
I	311.0	312.0	299.5	303.0	302.0	
II	320.0	305.0	304.0	321.0	324.0	
III	311.0	320.0	316.0	309.0	311.0	
IV	301.0	306.0	323.5	310.0	306.0	
K_1	77.8	78.0	74.9	75.8	75.5	
K_2	80.0	76.3	76.0	80.3	81.0	
K_3	77.8	80.0	79.0	77.3	77.8	
K_4	75.3	76.5	80.9	77.5	76.5	
R	4.7	3.7	6	4.5	5.5	
因素主次	$F > H > D > G > E$					
最优组合条件	$D_2E_3F_4G_2H_2$					

g/(100 g), 远高于市售酸奶, 且组织状态稳定, 口感细腻, 黏稠感适中, 饮用不黏口, 无乳清析出。

炭烧酸奶理化指标见表 7, 由表 7 可知, 产品各项指标均达到 GB 19302—2010 的要求。

表 7 理化指标测定结果
Tab.7 Measured results of physical and chemical indicators

类型	脂肪含量/ (g·(100 g) ⁻¹)	蛋白质/ (g·(100 g) ⁻¹)	酸度/ (°T)
风味发酵乳	≥2.5	≥2.3	≥70.0
炭烧酸奶	3.3	3.2	78.5

3 结语

采用褐变工艺和乳酸菌发酵的方法制得了炭烧酸奶, 并通过正交实验优化方案, 得到最佳工艺参数: 葡萄糖质量分数为 5%, 水浴温度为 98℃, 水浴时间

为 180 min。制作炭烧酸奶的最佳配方中, 蔗糖质量分数为 4%, 脱脂奶粉质量分数为 5%, 菌种质量分数为 0.25%, 发酵温度为 41℃, 发酵时间为 360 min。根据产品部分理化性质可知, 炭烧酸奶的脂肪含量为 3.3 g/(100 g), 蛋白质含量为 3.124 g/(100 g), 酸度为 78.5 °T。文中方法操作简便, 制得的炭烧酸奶呈咖啡色, 色泽均匀光滑, 有醇正的焦糖风味和酸奶风味, 组织状态稳定, 口感细腻, 黏稠感适中, 饮用不黏口, 无乳清析出。

参考文献:

- [1] 高伟华, 刘鹭, 王芬, 等. 乳酸菌对高糖高脂 2 型糖尿病小鼠血脂的影响(预出版)[J]. 食品科学, 2018. GAO Wei-hua, LIU Lu, WANG Fen, et al. Effect of Lactic Acid Bacteria on Blood Lipid in Type 2 Diabetic Mice with High Glucose and High Lipid (Preprint)[J]. Food Science, 2018.

- [2] 石吉勇, 吴胜斌, 邹小波, 等. 高光谱技术融合平板菌落法同步计数酸奶中益生菌[J]. 食品科学, 2018, 39(24): 55—58.
SHI Ji-yong, WU Sheng-bin, ZOU Xiao-bo, et al. Simultaneous Counting of Probiotics in Yoghurt by Hyperspectral Fusion Plate Colony Method[J]. Food Science, 2018, 39(24): 55—58.
- [3] 佚名. 酸奶为何有益健康[J]. 中国食品学报, 2013, 13(6): 87.
Anon. Why Yogurt is Good for Health[J]. Chinese Journal of Food, 2013, 13(6): 87.
- [4] 佚名. 我国奶类产量位居世界第三[J]. 中国食品学报, 2018, 18(8): 61.
Anon. Milk Production in China Ranks Third in the World[J]. Chinese Journal of Food, 2018, 18(8): 61.
- [5] 马志梅, 褚少兴, 康云峰, 等. 一种褐色酸奶的研制[J]. 安徽农业科学, 2016(33): 90—93.
MA Zhi-mei, CHU Shao-xing, KANG Yun-feng, et al. Preparation of a Brown Yoghurt[J]. Anhui Agricultural Science, 2016(33): 90—93.
- [6] 李海燕, 乔成亚, 刘振民. 一种高蛋白褐色酸奶及其制备方法: 中国, 201510120443.9[P]. 2018-04-27.
LI Hai-yan, QIAO Cheng-ya, LIU Zhen-min. A High Protein Brown Yogurt and Its Preparation Method: China, 201510120443.9[P]. 2018-04-27.
- [7] 贾娜, 马宏慧, 刘登勇, 等. 直投式发酵剂对发酵牛肉干品质的影响[J]. 中国食品学报, 2014, 14(12): 106—112.
JIA Na, MA Hong-hui, LIU Deng-yong, et al. Effect of Direct-fed Starter on the Quality of Fermented Beef Jerky[J]. Chinese Journal of Food, 2014, 14(12): 106—112.
- [8] 王飞. 苦荞麦营养保健酸奶的研制及品质分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2012.
WANG Fei. Preparation and Quality Analysis of Healthy Yoghurt of Tartary Buckwheat[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2012.
- [9] GB 5009.5—2010, 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].
GB 5009.5—2010, Determination of Protein in Foods of National Standard for Food Safety[S].
- [10] 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): 1180—1183.
- [11] 杨春杰, 李楠. 基于模糊综合评价法的紫薯酸奶制作工艺优化研究[J]. 现代食品, 2017(8): 72—77.
YANG Chun-jie, LI Nan. Study on the Optimization of Purple Potato Yoghurt Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation Method[J]. Modern Food, 2017(8): 72—77.
- [12] 王娜娅. 菠萝果底型酸奶加工工艺优化研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
WANG Na-ya. Study on the Optimization of Processing Technology of Pineapple Fruit Base Yoghurt[D]. Yangling: Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2011.
- [13] 倪丹, 李宁, 张海斌, 等. 褐色饮用型酸奶的研制[J]. 中国乳品工业, 2017(5): 56—58.
NI Dan, LI Ning, ZHANG Hai-bin, et al. Preparation of Brown Drinking Yoghurt[J]. Chinese Dairy Industry, 2017(5): 56—58.
- [14] 徐致远, 吴艳, 郭本恒, 等. 一种褐色益生菌乳饮料的研制[J]. 食品工业科技, 2010(8): 242—244.
XU Zhi-yuan, WU Yan, GUO Ben-heng, et al. Preparation of a Brown Probiotic Milk Beverage[J]. Technology of Food Industry, 2010(8): 242—244.
- [15] 王培亮, 栾庆刚, 王哲, 等. 褐色脱脂饮用型益生菌酸奶及其制备方法: 中国, 201310362478.4[P]. 2013-11-20.
WANG Pei-liang, LUAN Qing-gang, WANG Zhe, et al. Brown Defatted Drinking Probiotic Yoghurt and Its Preparation Method: China, 201310362478.4[P]. 2013-11-20.
- [16] 丛懿洁, 马蕊, 朱宏, 等. Penalty 分析方法在褐色酸奶开发中的应用研究[J]. 食品工业, 2017(7): 117—121.
CONG Yi-jie, MA Rui, ZHU Hong, et al. Application of Penalty Analysis Method in the Development of Brown Yogurt[J]. Food Industry, 2017(7): 117—121.
- [17] 李俊芳, 康灵芝. 木糖醇雪梨果粒酸奶的研制[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 220—223.
LI Jun-fang, KANG Ling-zhi. Preparation of Xylitol Fruit Yoghurt[J]. Food and Machinery, 2013, 29(6): 220—223.
- [18] 王晓倩, 姜竹茂, 杨爽. 褐色饮用型酸奶的工艺优化[J]. 中国酿造, 2018(37): 186—190.
WANG Xiao-qian, JIANG Zhu-mao, YANG Shuang. Process Optimization of Brown Drinking Yoghurt[J]. Chinese Brewing, 2018(37): 186—190.
- [19] 张然, 齐斌, 王晶. 芡实酸奶加工工艺的优化[J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 218—222.
ZHANG Ran, QI Bin, WANG Jing. Optimization of Processing Process for Yoghurt of Euryale[J]. Food and Machinery, 2014, 30(6): 218—222.
- [20] GB 19302—2010, 食品安全国家标准 发酵乳[S].
GB 19302—2010, National Standard for Food Safety Fermented Milk[S].