

# Maillard风味酸奶开发

范晨, 姜淑娟\*, 徐庆庆, 钱方, 妥彦峰, 牟光庆  
(大连工业大学 食品学院, 辽宁 大连 116034)

**摘要:** 以鲜牛乳、葡萄糖为主要原料, 以乳酸菌为发酵剂在单因素试验条件下进行 Maillard 风味酸奶研制, 进行酸奶色泽、滴定酸度测定和酸奶品尝评价选取适宜工艺方案, 进行配方优选研究。结果表明, 适宜褐变条件为添加 8% 葡萄糖, 在 98 °C 条件下加热 120 min。选用果胶作为稳定剂, 添加量 0.1%, 选用菠萝果酱作为风味物质, 添加量 15%, 开发 Maillard 风味酸奶口味和品质较好。

**关键词:** 酸奶; 葡萄糖; 果胶; 果酱; Maillard 反应; 褐变

## Development of Maillard Flavored Yoghurt

FAN Chen, JIANG Shu-juan\*, XU Qing-qing, QIAN Fang, TUO Yan-feng, MU Guang-qing  
(College of Food Science, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, Liaoning, China)

**Abstract:** The Maillard flavored yoghurt was made taking fresh milk and glucose as the main raw materials and lactic acid bacteria as the starter. The single-factor experiment was conducted in different conditions. The suitable processing condition was selected through yoghurt color, titration acidity and yoghurt taste evaluation. The results showed that the suitable browning condition was addition of 8% glucose, heat treatment at 98 °C for 120 min, and subsequent addition of 0.1% pectin and 15% pineapple jam. Under these conditions, Maillard flavored yoghurt has good taste and quality.

**Key words:** yoghurt; glucose; pectin; jam; Maillard reaction; browning process

引文格式:

范晨, 姜淑娟, 徐庆庆, 等. Maillard 风味酸奶开发[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5): 82-87

FAN Chen, JIANG Shujuan, XU Qingqing, et al. Development of Maillard Flavored Yoghurt[J]. Food Research and Development, 2019, 40(5): 82-87

Maillard 反应是羰基化合物(尤其是还原糖)与氨基化合物(氨基酸、肽类、蛋白质等)发生的一系列复杂的非酶促褐变反应, 也被称为羰氨反应。它是导致食品非酶褐变的主要因素, 也是食品风味产生的重要来源之一。Maillard 反应广泛存在于食品的加工和储藏过程中, 对食品感官品质具有较大影响<sup>[1]</sup>。Maillard 反应是一个较为复杂的反应, 产生众多的中间产物并且产生的终产物结构复杂。但因 Maillard 反应能产生令人愉悦的焦糖面包香气, 并能够赋予食品独特的色泽, 因此成为近年食品加工中研究的热点<sup>[2]</sup>。

酸奶自古至今拥有悠久的历史, 可为人体提供丰富的蛋白质、钙、维生素等物质<sup>[3-5]</sup>。目前市场上新推出的炭烧酸奶是通过在配料中添加还原糖, 经过长时间的灭菌并进行 Maillard 焦糖化反应使其产生褐变从而形成的一种具有特殊风味的酸奶<sup>[6]</sup>。凭借其独特的口味和与色泽而深受消费者的欢迎, 在年轻人群中更是备受青睐。

与传统依靠添加剂生产风味酸奶方式不同, 利用酸奶加工中营养成分自然发生 Maillard 反应开发风味酸奶更受推崇。现在市面上 Maillard 风味酸奶工艺条件与效果不一, 本文将研究不同工艺条件对 Maillard 风味酸奶的感官质量和口味的影响, 并进行优选研究, 开发具有良好口味和品质的 Maillard 风味酸奶, 进行探讨风味酸奶开发的可行新途径。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31501513)

作者简介: 范晨(1995—), 男(汉), 硕士研究生, 研究方向: 食品加工与安全。

\* 通信作者

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

鲜牛乳:大连三寰乳业有限公司;无水葡萄糖:河南省山家人耕道贸易有限公司;直投式发酵剂(保加利亚杆菌与嗜热链球菌 1:1):北京川秀科技有限公司;果胶:浙江省多味化工食品有限公司;琼脂:河南省山家人耕道贸易有限公司;苹果果酱:天津口维可国际贸易有限公司;菠萝果酱:广州味可美食品有限公司。

### 1.2 仪器与设备

LRH-150F 生化培养箱:上海一恒科学仪器有限公司;SC-80C 全自动色差计:北京康光有限公司;R/S Rheometer 流变仪:美国 Brookfield 有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 酸奶制作

自制酸奶工艺流程参考刘洪等方法,略有修改<sup>[7]</sup>:将鲜牛奶与葡萄糖混合后,对牛奶进行加热杀菌处理,使其发生 Maillard 反应产生褐变。冷却至 25 ℃,进行接种发酵,发酵条件为 37 ℃培养 8 h。加入稳定剂和风味物质,于 4 ℃冷藏 12 h 后熟,制得 Maillard 风味酸奶。

#### 1.3.2 Maillard 酸奶工艺条件研究

分别从影响 Maillard 反应的 4 个主要条件<sup>[8-10]</sup>:加热温度、加热时间、葡萄糖添加量和高温处理时间,进行单因素试验研究 Maillard 反应条件对酸奶的感官质量影响,以确立适宜的 Maillard 反应条件。

##### 1) 加热温度

鲜牛乳 150 mL,葡萄糖添加量固定为 8%,加热时间固定为 120 min,加热温度分别为 90、93、95、98 ℃,进行 Maillard 反应后制作酸奶,进行酸奶色泽、滴定酸度测定和酸奶品尝评价,确定适宜 Maillard 反应的加热温度。

##### 2) 加热时间

鲜牛乳 150 mL,葡萄糖添加量固定为 8%,水浴加热温度固定为 95 ℃。加热时间分别为 105、110、115、120 min 进行 Maillard 反应后制作酸奶,进行酸奶色泽、滴定酸度测定和酸奶品尝评价,确定适宜 Maillard 反应的加热时间。

##### 3) 葡萄糖添加量

鲜牛乳 150 mL,加热温度固定为 95 ℃,加热时间 120 min。葡萄糖添加量分别为 2%、4%、6%、8% 进行 Maillard 反应后制作酸奶,进行酸奶色泽、滴定酸度测定和酸奶品尝评价,确定适宜 Maillard 反应的葡萄糖添加量。

##### 4) 高温高压处理时间

鲜牛乳 150 mL,葡萄糖添加量固定为 8%,使用自动高压灭菌器在加压条件下,加热温度为 121 ℃,分别加热 5、10、15、20 min,进行 Maillard 反应后制作酸奶,进行酸奶色泽、滴定酸度测定和酸奶品尝评价,确定在高温高压条件下适宜 Maillard 反应的处理时间。

#### 1.3.3 Maillard 酸奶口味研究

选取食用级果胶和琼脂进行稳定剂种类选择。鲜牛乳 150 mL,葡萄糖固定添加量为 8%,于确定的适宜 Maillard 反应条件进行 Maillard 反应。酸奶发酵完成后,分别加入 0.1% 琼脂或 0.1% 果胶,搅拌均匀,于 4 ℃冷藏 12 h 后熟,通过酸奶品尝评价,确定适宜的稳定剂种类。

酸奶制作完成后,加入适宜的稳定剂,分别研究添加苹果果酱或菠萝果酱(10%、15%),搅拌均匀,于 4 ℃冷藏 12 h 后熟,通过酸奶品尝评价,确定适宜的风味物质调配。

### 1.4 测定方法

#### 1.4.1 酸奶滴定酸度测定

按照 GB 5009.239-2016《食品安全国家标准 食品酸度的测定》中的酚酞指示剂法执行<sup>[11]</sup>。滴定单位以<sup>o</sup>T 表示,即每 100 mL 样品消耗 0.1 mol/L NaOH 溶液毫升数。

#### 1.4.2 色差测定

选用康光 SC-80C 色差计测定。以 50 mL 普通酸奶色泽作为参比标准,进行测定 Maillard 反应酸奶色泽,与标准值进行比对,测定  $\Delta E$  值,重复 3 次,记录数据。 $\Delta E$  值表示待测样品与对照样品之间的色差值, $\Delta E$  越大,表示颜色变化越大。

#### 1.4.3 统计分析

所有试验均进行 3 次重复试验,数据采用 SPSS 20.0 软件进行统计和单因素方差分析(ANOVA, LSD)。所有数据均表示为平均值 $\pm$ 标准差, $p < 0.05$  表示差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 Maillard 酸奶工艺条件确定

#### 2.1.1 加热温度影响

不同温度加热处理后酸奶照片见图 1。加热温度对酸奶色差和滴定酸度影响见图 2。

根据图 1 观察,在添加 8% 葡萄糖,加热时间 120 min 条件下,随着加热处理温度提高,制得的酸奶颜色逐渐加深,加热温度对于牛奶 Maillard 反应程度有一定促进作用。图 2 色差定量结果表明,加热温度

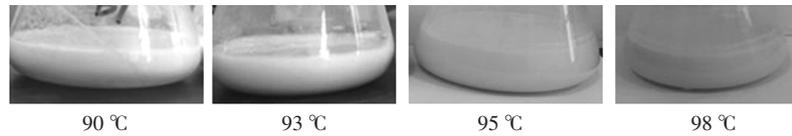
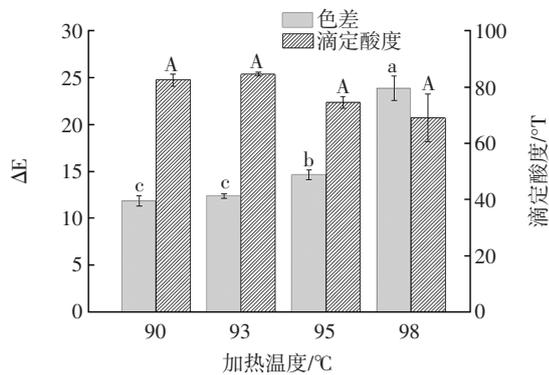


图1 不同温度加热处理后酸奶照片

Fig.1 Photos of yoghurt after heat treatment by different temperatures



不同小写字母(a~d)代表酸奶色泽差异显著( $p < 0.05$ ),不同大写字母(A~D)代表酸奶滴定酸度差异显著( $p < 0.05$ )。

图2 加热温度对酸奶色差和滴定酸度影响

Fig.2 Effect of heating temperature on yoghurt color and titration acidity

变化对酸奶色泽具有显著性影响,当加热温度提升到95 °C时,颜色加深,ΔE值明显提高;当98 °C时ΔE达到最大值23.8,这与图1中观察到的色差结果一致。Maillard风味酸奶的色泽随温度的升高而增加,说明

加热温度越高, Maillard反应越剧烈,因此牛奶褐变颜色越深。但在不同温度的条件下,其褐变程度存在很大的差别,温度越高,褐变越严重,且褐变速率越快<sup>[12]</sup>。这一结果与龚巧玲等对影响食品中Maillard反应温度、时间以及水分活度等因素研究相符, Maillard反应受温度的影响较大,温度提高10 °C左右时,褐变速度会提高3倍~5倍<sup>[13]</sup>。

由图2滴定酸度测定结果可知,加热温度变化对褐变酸奶滴定酸度没有显著性影响。但加热温度变化对Maillard风味酸奶口感有着一定影响,有研究表明,在酸奶发生Maillard反应的过程中,会产生多种复杂的风味物质<sup>[14]</sup>。酸奶经品尝评价,随着加热温度的提高,口感较黏稠,并且口味变甜。综上所述,在添加8%葡萄糖,加热120 min的条件下,加热温度98 °C是Maillard酸奶的酸度、色泽以及口味形成的较为适宜条件。

### 2.1.2 加热时间影响

不同加热时间处理后酸奶照片见图3。加热时间对酸奶色差和滴定酸度影响见图4。

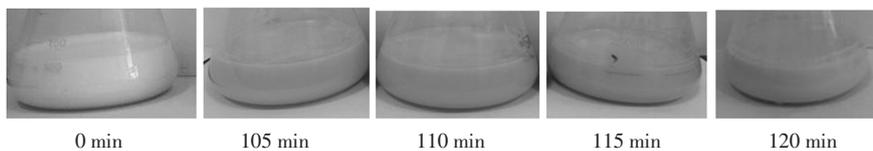
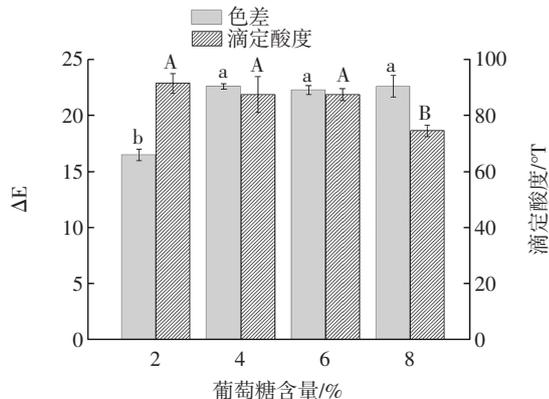


图3 不同加热时间处理后酸奶照片

Fig.3 Photo of yoghurt after different heating time treatment



不同小写字母(a~d)代表酸奶色泽差异显著( $p < 0.05$ ),不同大写字母(A~D)代表酸奶滴定酸度差异显著( $p < 0.05$ )。

图4 加热时间对酸奶色差和滴定酸度影响

Fig.4 Effect of heating time on yoghurt color and titration acidity

由图3观察分析,在添加8%葡萄糖,98 °C加热的条件下,随着加热时间的增加,酸奶颜色变化不明显。根据图4色差定量结果分析,加热时间由105 min增加到110 min时,酸奶颜色明显加深;而当加热时间超过110 min后,颜色没有显著变化。根据赵晶等对灭菌型乳酸菌饮料Maillard工艺反应时间研究影响报道, Maillard反应时间延长,产品透光度变化降低,稳定性变好<sup>[15]</sup>。

根据图4滴定酸度结果显示,加热时间增加到115 min时,酸奶的滴定酸度并没有明显变化,进一步增加到120 min时,滴定酸度明显下降。根据肖英在2014年对酸奶制品酸度研究结果指出,酸奶最适滴定酸度为60 °T~80 °T,酸度过高的产品,口感往往不佳<sup>[16]</sup>。这与酸奶品尝评价结果相符,酸奶品尝评价中发现

Maillard 风味酸奶随着加热时间增加,口味逐渐变甜,加热 120 min 后制得的酸奶口味最甜。同时发现,加热 105 min 制得的 Maillard 风味酸奶的口感与其他加热时间组相比口感较稀,加热 110 min 以上制得的 Maillard 风味酸奶口感更为黏稠。综上所述,在添加 8% 葡萄糖,加热温度 98 °C 条件下,加热时间为 120 min 时,

酸奶酸度合适,色泽适宜,口感较好,因此加热时间 120 min 是 Maillard 酸奶的酸度、色泽以及口味形成的较为适宜条件。

### 2.1.3 葡萄糖添加量影响

添加不同量葡萄糖后酸奶的照片见图 5。葡萄糖添加量对酸奶色差和滴定酸度影响见图 6。

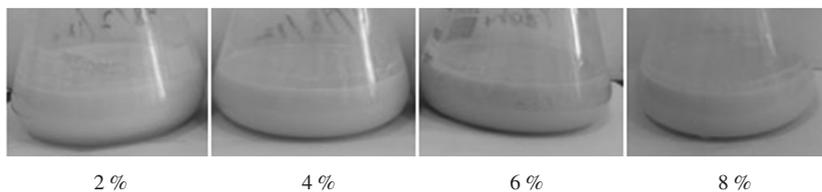
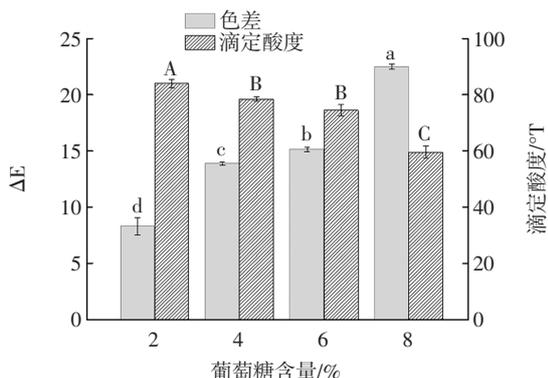


图 5 添加不同量葡萄糖后酸奶的照片

Fig.5 Photo of yoghurt after different contents of glucose



不同小写字母(a-d)代表酸奶色泽差异显著( $p < 0.05$ ),不同大写字母(A-D)代表酸奶滴定酸度差异显著( $p < 0.05$ )。

图 6 葡萄糖添加量对酸奶色差和滴定酸度影响

Fig.6 Effect of glucose addition on yoghurt color and titration acidity

根据图 5 观察,在 98 °C,120 min 加热的条件下,随着葡萄糖添加量的增加,所制得 Maillard 酸奶颜色逐渐加深。并由图 6 色差定量结果分析,葡萄糖添加量对酸奶色泽具有显著性影响。当葡萄糖添加量从 2% 增加到 8% 时,酸奶褐变颜色显著性增加。在葡萄糖添加量为 8% 时,颜色最深,色差达到最大值 22.56。吴惠玲等对葡萄糖与 Maillard 反应关系研究指出葡萄糖属于醛糖,其末端基团位阻效应更小,易与氨基酸发生反应<sup>[7]</sup>。当葡萄糖添加量增加,与更多氨基酸进行反

应,产生 Maillard 反应越剧烈。同时韩梅等研究褐色乳酸菌饮料中 Maillard 反应条件影响因素所得结果表明,Maillard 反应的强度随着葡萄糖添加量的增加而增大,但当葡萄糖添加量大于 10% 时,Maillard 反应程度变化不显著<sup>[18]</sup>。

通过图 6 滴定酸度结果定量显示,葡萄糖添加量对酸奶滴定酸度具有显著性影响,随着葡萄糖增加,酸奶的滴定酸度逐渐减小,葡萄糖添加量为 2% 时酸度值最大,为 84 °T;葡萄糖添加量为 8% 时酸度值最小,为 60 °T。酸奶品尝评价可知,随着葡萄糖添加量增加,酸奶口味明显逐渐变甜。当葡萄糖添加量增加到 6% 以上时酸奶口感较为浓稠。结合分析图 6 滴定酸度结果,随着葡萄糖添加量增加,酸奶酸甜比口味产生变化。在加热温度 98 °C,加热时间 120 min 的条件下,葡萄糖添加量 8% 是酸奶的酸度、色泽以及口味形成的较为适宜条件。

### 2.1.4 高温高压加热时间影响

高温高压加热不同时间后酸奶照片见图 7。高温处理时间变化对对酸奶色差和滴定酸度影响见图 8。

通过对图 7 观察,在高温高压 121 °C 条件下,随着高温高压处理时间增加,酸奶颜色逐渐加深。由图 8 色差结果定量显示,高温高压处理时间变化对色差的影响显著,随着时间增加,酸奶褐变颜色逐渐加深。在高温高压 121 °C 条件下,加热时间从 5 min 增加到

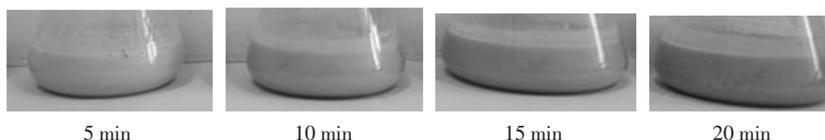
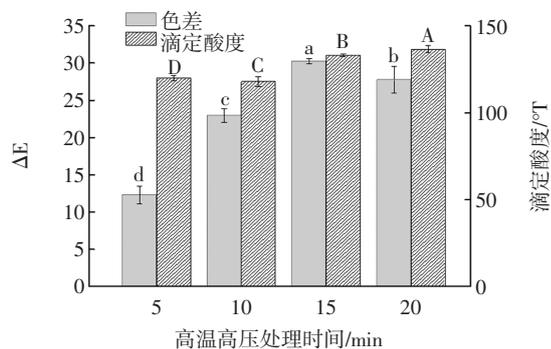


图 7 高温加热不同时间后酸奶照片

Fig.7 Photo of yoghurt after high-temperature heat treatment for different time



不同小写字母(a-d)代表酸奶色泽差异显著( $p < 0.05$ ),不同大写字母(A-D)代表酸奶滴定酸度差异显著( $p < 0.05$ )。

图8 高温处理时间变化对对酸奶色差和滴定酸度影响

Fig.8 Effect of high-temperature treatment time on the color and titration acidity of yoghurt

最高值 30.3。加热时间继续增加,酸奶色差不再增大。高温高压处理时间变化对滴定酸度的影响显著。制作酸奶过程中发现,与水浴加热相比,高温高压处理后牛奶的凝乳时间显著延长,需 8 h~10 h 才能凝乳。

酸奶经过品尝评价后,在高温高压 121 °C 条件下,处理 5 min 及 10 min 后,所得 Maillard 酸奶口感较为细腻,但与水浴加热处理制得的酸奶相比奶香味较淡,酸味较为明显。高温高压处理 15 min 及 20 min 后,所得 Maillard 酸奶乳清析出、脂肪上浮现象较为严重,并且组织状态较散,酸奶口感不佳,有颗粒感。产生这种现象的原因是由于在热处理条件下乳蛋白之间产生的相互作用,降低了乳品的稳定性。其中酪蛋白具有较高的热稳定性,变性温度为 100 °C,在低于 100 °C 条件下热处理不会影响酪蛋白的化学性质<sup>[9]</sup>。高温处理使得随着 Maillard 反应加剧,产生更多 Maillard 风味物质,因此酸奶颜色加深,褐变程度增大,同时高温处理也

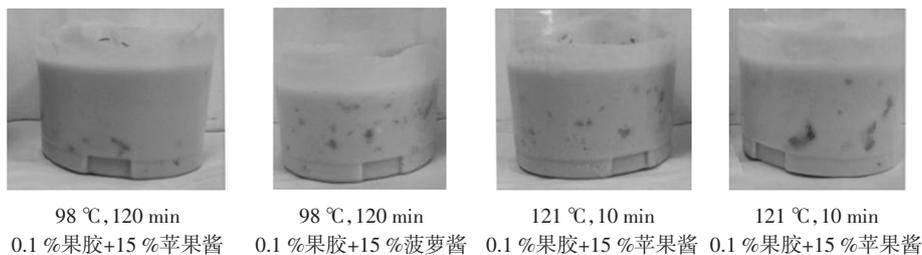


图10 添加风味物质酸奶照片

Fig.10 Photo of yoghurt after flavor substance addition

无明显差别,然后进行品尝试验。结果显示由于苹果果酱有酸涩的味道,添加苹果果酱的酸奶口感偏酸,有苹果香气,添加菠萝果酱的酸奶口感略甜,水果味浓郁,并有菠萝香气,口感较稠。菠萝果酱添加量 10% 时,果酱味道不明显,口感较稀薄。添加量 15% 时,口

影响了酸奶口感。因此在添加 8% 葡萄糖,高温 121 °C 条件下,加热 10 min 也是较适宜的 Maillard 反应时间。

## 2.2 Maillard 酸奶口味研究

添加稳定剂后酸奶照片见图 9。

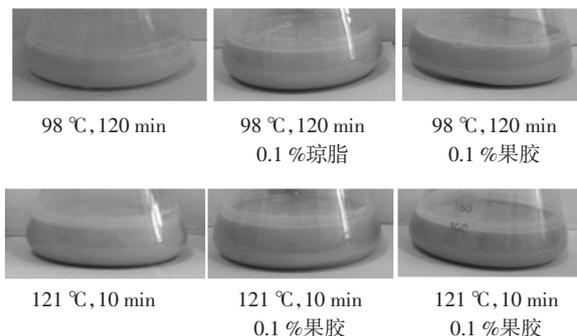


图9 添加稳定剂后酸奶照片

Fig.9 Photo of yoghurt after stabilizer addition

固定葡萄糖添加量为 8%,分别于已确定出的两种较适宜 Maillard 反应条件 (98 °C、120 min 和高温 121 °C、10 min) 进行 Maillard 反应,发酵制作酸奶。分别加入 0.1% 琼脂或 0.1% 果胶,搅拌均匀,于 4 °C 冷藏 12 h 后熟。王晓妍等对褐色乳酸菌饮料研究结果分析,酸奶是一个胶体体系,易出现分层、絮凝等现象,加入适当稳定剂是避免该现象发生的有效方法之一<sup>[20]</sup>。由图 9 中可以看出稳定剂添加后褐变酸奶颜色无差别,但酸奶凝乳现象较好,乳清析出现象减少。通过酸奶品尝评价,添加稳定剂后,酸奶口感较为细腻。尤其加入果胶后的酸奶口感更黏稠,更容易被人接受,因此选取 0.1% 含量的果胶为适宜稳定剂。

选定稳定剂后,添加不同风味物质。添加风味物质酸奶照片见图 10。

根据图 10 结果,添加风味物质后,酸奶色泽上并

感适中,酸甜爽口。水浴加热处理后制得的酸奶比高温处理后制得的酸奶口感更佳。综上所述,选用果胶作为稳定剂,添加量为 0.1%,选用菠萝果酱作为风味物质,添加量为 15%。

经过品尝评价,与常压热处理后的 Maillard 酸奶

相比,经高温高压处理的 Maillard 酸奶酸味较重、甜味较淡,并有颗粒感,口感不如常压热处理后的 Maillard 酸奶。因此选择常压热处理作为 Maillard 反应条件较为适宜。

### 3 结论

确立 Maillard 风味酸奶开发工艺方案,在葡萄糖添加量 8%,98℃加热 120 min Maillard 反应条件处理所得酸奶感官质量相对较好,制得的酸奶加入添加 0.1% 的果胶和 15% 的菠萝果酱后,所酸奶色泽适宜、质地均匀,口感细腻、酸甜适口,焦糖香味浓郁。

### 参考文献:

- [1] 项惠丹,许时婴,王璋.蛋白质与还原糖美拉德反应产物的抗氧化活性[J].食品科学,2008,29(7):52-57
- [2] 李国玉.美拉德褐变型发酵乳饮料的研制[J].中国乳业,2015(4):64-66
- [3] 郭本恒.功能乳制品[M].北京:中国轻工业出版社,2001:60-80
- [4] 张和平,张佳程.乳品工艺学[M].北京:化学工业出版社,2006:200-240
- [5] EARLYR. The technology of dairy products[M]. Gaithersburg,USA: Aspen Publishers Inc,2002:92-105
- [6] 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
- [7] 刘洪.褐色乳酸菌饮料酸奶基料发酵条件优化研究[J].未来英才,2014(10):214-216
- [8] 周向军,周健,冯进兵,等.4种模式美拉德反应条件及其产物抗氧化作用[J].食品与发酵工业,2014,40(6):27-36
- [9] 董乐.2种氨基酸与葡萄糖美拉德反应产物的抗氧化活性研究[J].食品工业科技,2013,34(5):85-88
- [10] 周永生,周文娟.美拉德反应及其对食品加工过程的影响[J].安徽农业科学,2010,38(27):15092-15095
- [11] 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,2016
- [12] 孟岳成,何珊珊,李延华,等.不同加热条件下牛乳美拉德反应程度的研究[J].现代食品科技,2015(1):158-165
- [13] 龚巧玲,张建友,刘书来,等.食品中的美拉德反应及其影响[J].食品工业科技,2009(2):330-334
- [14] Li Y H, Zhang L W, Wang W J.Heat-induced changes in volatiles of milk and effects of thermal processing on microbial metabolism of yoghurt[J]. Journal of Food Biochemistry, 2013, 96(8): 409-417
- [15] 赵晶,沈思宇,郝金伟,等.发酵凝乳菌种的优化及美拉德反应时间对灭菌型乳酸菌饮料稳定性的影响[J].食品安全质量检测学报,2017,8(12):4539-4546
- [16] 肖英.酸奶制品的酸度控制[J].食品科学,2014,35(4):111-115
- [17] 吴惠玲,王志强,韩春,等.影响美拉德反应的几种因素研究[J].现代食品科技,2010,26(5):441-444
- [18] 韩梅,徐致远,沈玲,等.褐色乳酸菌饮料的研制[J].江苏农业科学,2013,41(7):243-245
- [19] 李飞,隋新,刘红娟,等.热处理对乳蛋白质的影响[J].北京联合大学学报,2015,29(1):35-40
- [20] 王晓妍,姜涛.褐色乳酸菌饮料稳定性的研究现状[J].食品科技,2015(1):122-124

收稿日期:2018-09-03

**高举中国特色社会主义伟大旗帜，  
为决胜全面小康社会实现中国梦而奋斗。**