

# 工艺条件对奶冻品质影响的研究

曾 羲, 赵谋明, 黄能武, 赵强忠\*

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

**摘 要:**为阐明工艺条件对奶冻品质的影响,选取水化、均质和杀菌方式3个关键工艺点为研究对象,以产品的硬度、弹性和 $d_{4,3}$ 值为指标,采用 $L_9(3^4)$ 正交实验对水化温度、水化时间及均质压力进行优化,同时研究了杀菌温度和杀菌时间对奶冻质构特性、粒径分布和感官品质的影响。结果表明,在75℃水化15min,采用30MPa均质使奶冻获得较优的硬度、弹性和 $d_{4,3}$ 值;100℃/30min杀菌处理得到的产品粒径较小,呈现乳白色有光泽且硬度、弹性、胶着性和咀嚼性能等质构指标都优于137℃/5s和121℃/15min的感官品质。此工艺操作简单、稳定性好、可行性高。

**关键词:**奶冻,水化条件,均质压力,杀菌条件,质构特性,口感

## Effect of process conditions on the quality of dairy desserts

ZENG Xi, ZHAO Mou-ming, HUANG Neng-wu, ZHAO Qiang-zhong\*

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** The effect of process conditions on the quality of dairy desserts were illustrated, 3 key procedures: hydration, heterogeneous and sterilization were tested, the measure parameters were hardness, flexibility, the value of  $d_{4,3}$ . This process conditions were studied by the  $L_9(3^4)$  orthogonal design to select the best technics. Meanwhile, this experiment investigated the effect of the sterilized temperature and time on the texture pressure, size distribution and tastes of products. The results suggested that after 75℃ hydrate 15min, combined with 30MPa homogenate could obtain the best value of hardness, flexibility and  $d_{4,3}$ . When the conditions of sterilize were 100℃/30min, the dairy desserts gains best texture, lower size distribution and shining milk-white color, which still obtained better hardness, flexibility, gumminess, chewiness and tastes than 137℃/5s and 121℃/15min. The technological condition was simple, stable and feasible.

**Key words:** dairy desserts; hydrate condition; heterogeneous pressure; sterilize condition; texture feature; taste

中图分类号: TS252.42

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2013)10-0277-05

奶冻是一种口感细腻、香甜爽滑、呈凝胶状态的新型乳制品,其组织状态类似于果冻但营养价值高于果冻,在欧美各国甚为流行,常作为甜点或餐后甜品<sup>[1]</sup>。奶冻成分复杂,主要包括蛋白质、乳脂肪、亲水性胶体以及磷酸盐等。奶冻在制备过程中呈食品乳浊液体系的特征,而成品则是典型的乳浊凝胶体系。因此,它具有不同于普通乳浊液、蛋白乳浊凝胶体系及多糖凝胶体系的特征,深入研究奶冻对开发新型的含乳甜点产品具有重要意义。黄能武等<sup>[2]</sup>的研究表明,卡拉胶与氯化钾的用量均对奶冻的质构特性有较为显著的影响。司卫丽等<sup>[3]</sup>发现,制作奶冻时对原料中胶体、糖和酸等进行复配优化后,能有效地改善其感官品质。Spagnuolo P A等<sup>[4]</sup>研究表明,在以卡拉胶为主体胶的奶冻体系中,降低温度促进卡拉胶凝胶网络结构的形成和乳蛋白在凝胶网络中的吸附,既增强了硬度,又稳定了乳蛋白。奶冻作为一种亲水胶体与乳蛋白相互作用的体系,其稳定性一方面受

亲水胶体、乳蛋白和金属离子等的种类与配比的影响,另一方面也受到生产工艺条件的显著影响。但目前大部分的研究着重于奶冻配方组成而忽略其加工工艺条件,本文选取加工过程中关键工艺——水化、均质和杀菌为研究对象,以粒径分布、质构分析以及感官评价为评判指标,优化出奶冻的最佳生产工艺,为奶冻的深入研究提供理论和方法指导,并为工业化生产提供技术支持。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

鲜奶 广州香满楼畜牧有限公司;魔芋胶 成都新星成明生物科技股份有限公司;κ-卡拉胶 海南文昌卡拉拉胶发展有限公司;明胶 嘉利达明胶有限公司;六偏磷酸钠 徐州天嘉食用化工有限公司;三聚磷酸钠 宜兴协联生物有限公司;蔗糖 横县冠桂糖业有限公司;氯化钾 广州化学试剂厂。

Mastersizer 2000型激光粒度分析仪 英国Malvern公司; Brookfield-CT3型质构仪 美国Brookfield公司; GYB50-6S型高压均质机 上海东华高压均质机厂; JB200-D型强力电动搅拌机 上海精胜科学仪器有限公司; JJ500型精密电子天平 常熟双杰测试仪器厂; DSX-280A型不锈钢手提式灭菌锅 上海申安

收稿日期: 2012-12-18 \* 通讯联系人

作者简介: 曾羲(1991-),女,在读硕士,研究方向:食品生物技术。

基金项目: 国家自然科学基金(20806030); 粤港关键领域重点突破项目(2009A020700003)。

医疗器械厂; PT-20T型实验型UHT灭菌机 上海沃迪科技有限公司; BHW-IV型水浴恒温水箱 北京市医疗设备厂。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 奶冻基本配方 基本配方见表1。

表1 奶冻基本配方

Table 1 The model of the dairy desserts

| 组分    | 用量(%)  | 组分    | 用量(%) |
|-------|--------|-------|-------|
| 鲜奶    | 35     | 蔗糖    | 10    |
| 卡拉胶   | 0.15   | 氯化钾   | 0.01  |
| 魔芋胶   | 0.10   | 明胶    | 0.05  |
| 六偏磷酸钠 | 0.01   | 三聚磷酸钠 | 0.01  |
| 去离子水  | 定量至100 |       |       |

1.2.2 奶冻的制备工艺 见图1。将亲水胶体、磷酸盐与蔗糖混合均匀,加400~500g热水于实验条件下水化,确保胶体充分水化溶解。加入鲜奶后定容至1000g,于75℃转速约7000r/min剪切2min后,再于75℃下均质2次后进行灌装和灭菌处理,迅速冷却至室温。

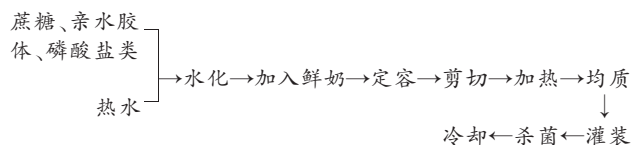


图1 奶冻的制备基本工艺流程

Fig.1 The flow chart of the dairy desserts preparation

1.2.3 正交实验设计 根据前期实验研究发现,水化温度、水化时间与均质压力对奶冻品质均有一定影响,现以水化温度、水化时间与均质压力为因素,选取3个水平,用 $L_9(3^4)$ 正交表设计实验<sup>[9]</sup>,以粒度分布与质构特征为指标,考察工艺条件对品质的影响。正交实验因素水平见表2。

表2 因素水平表

Table 2 Factors and levels graph

| 水平 | 因素        |             |             |
|----|-----------|-------------|-------------|
|    | A 水化温度(℃) | B 水化时间(min) | C 均质压力(MPa) |
| 1  | 60        | 15          | 10          |
| 2  | 75        | 30          | 20          |
| 3  | 90        | 45          | 30          |

1.2.4 粒度分布测定 取1g左右奶冻样品于70℃水中融化,以70℃去离子水作为分散剂进行粒度分布的测定。测定方法见文献[6-7],操作参数设定为:颗粒吸收率:0.001;颗粒折射率:1.414;分散剂名:水;分散剂折射率:1.330; $d(0.9)$ :常用来表示颗粒大粒径的粒度指标,为样品的累计粒度分布数达到90%时所对应的粒径; $d_{4,3}$ :常用来表示乳状液中大粒径的出现情况对粒度分布的影响,为体积平均粒径(volume mean diameter),计算公式如下:

$$d_{4,3} = \frac{\sum n_i d_i^4}{\sum n_i d_i^3}$$

式中, $n_i$ 为直径为 $d_i$ 的液滴的数量。

1.2.5 杀菌工艺条件 对不同杀菌条件与未杀菌处理的奶冻进行感官品质的影响研究。三种杀菌工艺分别为100℃/30min、121℃/15min和137℃/5s,其中,采用不锈钢手提式灭菌锅分别进行100℃/30min和121℃/15min杀菌处理,采用实验型UHT灭菌机进行137℃/5s的杀菌处理。

1.2.6 质构测定 采用TPA质构分析模式,在室温下,将冷却至室温的奶冻置于圆柱形试剂瓶(半径50mm,高100mm)后,置于Brookfield质构仪测试平台用探头进行测试,预测试速度为2.0mm/s,测定与测定后速率均为0.5mm/s,测定距离为20.0mm,触发力为5.0g,数据频率为30.0点/s,探头型号TA4/1000。

## 2 结果与分析

### 2.1 正交实验优化奶冻水化与均质工艺

以水化温度、水化时间与均质压力为影响因素,以奶冻的硬度、弹性和 $d_{4,3}$ 为指标进行正交实验,实验结果分别见表3,方差分析结果见表4。

由表3可知,3个因素对奶冻硬度的影响由大到小顺序依次为:A>B>C,即水化温度>水化时间>均质压力,由直观分析可见,最佳的工艺组合为 $A_2B_1C_3$ ,即在75℃水化15min并于30MPa均质可使奶冻具有较好的硬度,其值为2016g。同时,由表4正交实验分析结果可知,3个因素对奶冻硬度都有显著性影响( $p<0.05$ ),其中水化温度为差异极显著的因素( $p<0.01$ )。这主要是由于不同的水化温度可使胶体与乳蛋白间发生不同程度的交互作用,在75℃水化,以卡拉胶为主体的亲水胶体的螺旋结构已完全打开,亲水胶体与乳蛋白的交互作用也比较充分。水化时间影响亲水胶体与乳蛋白在整个体系的静电交互与分散作用,Vega.C等<sup>[10]</sup>认为适当的水化时间有利于带正荷的 $\kappa$ -酪蛋白区域与带负电荷的卡拉胶硫酸酯基团发生静电交互作用,经15min水化,乳蛋白与卡拉胶间的静电交互作用较为充分,且亲水胶体、乳蛋白与乳化剂等充分溶解分散形成了较好的空间网络结构。不同均质压力影响乳脂肪球的大小及数量,在适当压力(30MPa)下均质,大脂肪球破碎后粒径变小,脂肪球数量急剧增多,界面面积迅速增大,乳化剂和乳蛋白迅速吸附到新形成的脂肪球表面<sup>[9]</sup>,并与亲水胶体发生静电吸引作用填充于凝胶三维网络结构中,有利于脂肪-蛋白-胶体的复杂结构和新空间结构的形成<sup>[10-11]</sup>,从而提高了硬度。

3个因素对奶冻弹性的影响由大到小顺序依次为:A>C>B,即水化温度>均质压力>水化时间,最优组合为 $A_1B_3C_2$ ,即在60℃水化45min并于20MPa均质可使奶冻具有较好的弹性,其值为9.74mm。然而,在实验组合范围内弹性最大的组合为 $A_2B_1C_3$ ,其值为9.76mm。结合表4的方差分析结果可知,3个因素对奶冻弹性的影响均表现为差异不显著( $p>0.05$ )。因此,所选弹性最大的条件组合为 $A_2B_1C_3$ 。出现此结果的可能原因是水化温度、水化时间和均质压力3个因素之间的不同组合对奶冻的弹性起到了不同程度的相互补偿作用。

表3 正交优化实验结果  
Table 3 Results of orthogonal optimization experiment

| 实验号              | A     | B     | C     | D 空列  | 硬度(g) | 弹性(mm) | d <sub>4,3</sub> (μm) |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------------------|
| 1                | 1     | 1     | 1     | 1     | 1507  | 9.65   | 0.978                 |
| 2                | 1     | 2     | 2     | 2     | 1443  | 9.74   | 1.660                 |
| 3                | 1     | 3     | 3     | 3     | 1399  | 9.70   | 0.705                 |
| 4                | 2     | 1     | 3     | 2     | 2016  | 9.76   | 0.438                 |
| 5                | 2     | 2     | 1     | 3     | 1984  | 9.53   | 0.468                 |
| 6                | 2     | 3     | 2     | 1     | 1673  | 9.74   | 1.094                 |
| 7                | 3     | 1     | 2     | 3     | 1195  | 9.48   | 2.809                 |
| 8                | 3     | 2     | 3     | 1     | 1324  | 9.66   | 0.720                 |
| 9                | 3     | 3     | 1     | 2     | 1066  | 9.56   | 1.384                 |
| k <sub>1</sub>   | 1450  | 1584  | 1519  | 1501  |       |        |                       |
| k <sub>2</sub>   | 1891  | 1573  | 1437  | 1508  |       |        |                       |
| k <sub>3</sub>   | 1195  | 1380  | 1580  | 1526  |       |        |                       |
| R                | 696   | 204   | 143   | 25    |       |        |                       |
| k' <sub>1</sub>  | 9.70  | 9.63  | 9.68  | 9.58  |       |        |                       |
| k' <sub>2</sub>  | 9.68  | 9.64  | 9.69  | 9.65  |       |        |                       |
| k' <sub>3</sub>  | 9.57  | 9.67  | 9.57  | 9.71  |       |        |                       |
| R'               | 0.13  | 0.04  | 0.12  | 0.13  |       |        |                       |
| k'' <sub>1</sub> | 1.114 | 1.408 | 0.943 | 0.931 |       |        |                       |
| k'' <sub>2</sub> | 0.667 | 0.949 | 1.854 | 1.161 |       |        |                       |
| k'' <sub>3</sub> | 1.638 | 1.061 | 0.621 | 1.327 |       |        |                       |
| R''              | 0.971 | 0.459 | 1.233 | 0.396 |       |        |                       |

注:k<sub>1</sub>、k<sub>2</sub>、k<sub>3</sub>、R为硬度的表征值;k'<sub>1</sub>、k'<sub>2</sub>、k'<sub>3</sub>、R'为弹性的表征值;k''<sub>1</sub>、k''<sub>2</sub>、k''<sub>3</sub>、R''为d<sub>4,3</sub>的表征值。

表4 正交实验方差分析结果  
Table 4 Hardness results of analysis of variance experiment

| 指标                    | 变异来源 | SS        | df | MS         | F        | F <sub>α</sub>             | 显著性 |
|-----------------------|------|-----------|----|------------|----------|----------------------------|-----|
| 硬度(g)                 | A    | 744049.12 | 2  | 372024.56  | 775.0973 | F <sub>0.05(2,2)</sub> =19 | 极显著 |
|                       | B    | 79254.443 | 2  | 39627.2215 | 82.56162 | F <sub>0.01(2,2)</sub> =99 | 显著  |
|                       | C    | 30761.382 | 2  | 15380.691  | 32.04501 |                            | 显著  |
|                       | D    | 963.53622 | 2  | 481.76811  |          |                            |     |
|                       | 误差   | 959.9429  | 2  | 479.97145  |          |                            |     |
|                       | 总变异  | 855988.42 | 8  |            |          |                            |     |
| 弹性(mm)                | A    | 0.087281  | 2  | 0.043641   | 10.86801 | F <sub>0.05(2,2)</sub> =19 | 不显著 |
|                       | B    | 0.002114  | 2  | 0.001057   | 0.26323  | F <sub>0.01(2,2)</sub> =99 | 不显著 |
|                       | C    | 0.024374  | 2  | 0.012187   | 3.034989 |                            | 不显著 |
|                       | D    | 0.026474  | 2  | 0.013237   |          |                            |     |
|                       | 误差   | 0.008031  | 2  | 0.004016   |          |                            |     |
|                       | 总变异  | 0.140243  | 8  |            |          |                            |     |
| d <sub>4,3</sub> (μm) | A    | 1.4195052 | 2  | 0.7097526  | 5.771505 | F <sub>0.05(2,2)</sub> =19 | 不显著 |
|                       | B    | 0.3390762 | 2  | 0.1695381  | 1.378635 | F <sub>0.01(2,2)</sub> =99 | 不显著 |
|                       | C    | 2.4493362 | 2  | 1.2246681  | 9.958651 |                            | 不显著 |
|                       | D    | 0.239551  | 2  | 0.1197755  |          |                            |     |
|                       | 误差   | 0.2459506 | 2  | 0.1229753  |          |                            |     |
|                       | 总变异  | 4.6934192 | 8  |            |          |                            |     |

3个因素对奶冻d<sub>4,3</sub>值的影响由大到小顺序依次为:C>A>B,即均质压力>水化温度>水化时间,最优组合为A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>,即在75℃水化30min并于30MPa均质。经验证实验,此时d<sub>4,3</sub>值为0.457μm。而4号正交实验A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>3</sub>中测得d<sub>4,3</sub>值为0.438μm,小于最优组合的d<sub>4,3</sub>

值,因此,A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>不是最优组合。同时,结合方差分析的结果可知,3个因素对奶冻d<sub>4,3</sub>值的影响均表现为差异不显著(p>0.05),故最优组合可选为A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>3</sub>。

在对奶冻最优工艺组合进行确定时,需综合考虑各项指标。当分别以硬度、弹性和d<sub>4,3</sub>值为主要指



标时,其最优组合均为 $A_2B_1C_3$ 。且由表4可知,3个因素对弹性和 $d_{4.3}$ 值的影响均表现为差异不显著( $p>0.05$ ),因此,在综合平衡各因素的同时从工业化生产的角度考虑,确定最优组合为水化温度75℃、水化时间15min、均质压力30MPa,这与4号实验的条件一致,在此条件下,奶冻的硬度和弹性均达到最大值,分别为2016g和9.76mm; $d_{4.3}$ 值达到最小值,为0.438 $\mu\text{m}$ 。

## 2.2 杀菌条件对奶冻品质的影响

**2.2.1 杀菌条件对奶冻粒度分布的影响** 三种杀菌方式处理的奶冻样品与未经杀菌处理样品的粒度分布结果如表5所示。由表5可知,奶冻粒度 $d_{4.3}$ 由小到大依次为:未杀菌 $<100^\circ\text{C}/30\text{min}<137^\circ\text{C}/5\text{s}<121^\circ\text{C}/15\text{min}$ ,其中未杀菌样品与 $100^\circ\text{C}/30\text{min}$ 样品之间无显著差异( $p>0.05$ ),而 $121^\circ\text{C}/15\text{min}$ 、 $137^\circ\text{C}/5\text{s}$ 与未杀菌样品之间存在显著差异( $p<0.05$ )。 $d(0.9)$ 变化趋势与 $d_{4.3}$ 基本一致。其可能的原因主要有如下两方面:一方面,杀菌的温度直接影响到乳蛋白的变性,随着杀菌温度升高,乳蛋白的变性程度相应增强, $100^\circ\text{C}$ 处理引起乳蛋白的变性程度和乳蛋白之间的絮凝程度均相对较低,表现为乳浊液的粒径较小,而 $121^\circ\text{C}$ 和 $137^\circ\text{C}$ 相对温度较高,致使乳蛋白变性程度较高,絮凝程度相对较高,从而表现为乳浊液粒径较大;另一方面,杀菌时间对乳蛋白变性的影响也很关键,一般而言,杀菌时间越长,蛋白质的变性程度也相应提高。杀菌温度和杀菌时间对乳蛋白的变性程度均有明显影响,在不同的杀菌条件下,杀菌温度和杀菌时

间都有可能对乳蛋白变性起决定性作用, $100^\circ\text{C}/30\text{min}$ 的杀菌时间远长于 $137^\circ\text{C}/5\text{s}$ ,但其乳浊液粒径却更小,说明在低于乳蛋白变性温度时主要由杀菌温度决定;而 $137^\circ\text{C}$ 较 $121^\circ\text{C}$ 杀菌温度明显高, $137^\circ\text{C}/5\text{s}$ 杀菌处理较 $121^\circ\text{C}/15\text{min}$ 粒径要小,这说明高于乳蛋白的变性温度时起决定作用的是杀菌时间。

**2.2.2 杀菌条件对奶冻质构特性的影响** 三种杀菌方式处理的奶冻样品与未经杀菌处理样品的质构特性结果如表6所示。由表6可知,各杀菌方式与未经杀菌处理的样品间的硬度、弹性、胶着性和咀嚼性等质构均表现为显著性差异( $p>0.05$ ),其中 $100^\circ\text{C}/30\text{min}$ 处理的硬度最高,达1942g,弹性最好,为9.69mm,胶着性和咀嚼性也达到最佳,分别为459mJ和43.7g,且显著高于未杀菌、 $121^\circ\text{C}/15\text{min}$ 和 $137^\circ\text{C}/5\text{s}$ 的样品;而 $121^\circ\text{C}/15\text{min}$ 杀菌在硬度、胶着性上最差,分别为1522g和390mJ,未杀菌的样品则在弹性、咀嚼性上最差,分别为5.58mm和26.6g。这主要是因为:不同的杀菌方式使乳蛋白的变性程度不同,适度的乳蛋白变性有利于疏水基团的暴露,也有利于蛋白质之间、蛋白质与亲水性胶体之间的交互作用,形成凝胶网络结构,从而提高凝胶强度和黏弹特性;但乳蛋白的过度变性,使蛋白质之间相互作用过强,形成絮凝结构,从而降低了形成凝胶网络结构的蛋白质浓度,同时较大的絮凝体阻碍凝胶网络结构的形成,致使凝胶体的强度和黏弹特性降低。

**2.2.3 杀菌条件对奶冻感官品质的影响** 三种杀菌方式处理的奶冻样品与未经杀菌处理样品的感官品质比较结果如表7所示。由表7可知, $137^\circ\text{C}/5\text{s}$ 杀菌处理的样品其硬度和咀嚼性适中,且细腻和清爽,感官品质最佳,其次是 $100^\circ\text{C}/30\text{min}$ 和 $121^\circ\text{C}/15\text{min}$ ,未杀菌处理的样品感官品质相对较差。感官评定的结果与质构特性测定的结果基本一致。对于奶冻而言,硬度、弹性、胶着性和咀嚼性并不是越高越好,而只有当这些指标处于一定的范围才具有较好的口感。 $121^\circ\text{C}/15\text{min}$ 处理的样品表现出淡黄色,主要原因可能是:杀菌温度较高,杀菌时间较长,发生了美拉德反应。

表5 杀菌方式对奶冻粒度分布的影响

Table 5 Effects of sterilization on size distribution of the dairy desserts

| 杀菌方式       | $d_{4.3}(\mu\text{m})$          | $d(0.9)(\mu\text{m})$          |
|------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 未杀菌        | 0.370 $\pm$ 0.002 <sup>a</sup>  | 0.812 $\pm$ 0.001 <sup>A</sup> |
| 100℃/30min | 0.376 $\pm$ 0.002 <sup>ab</sup> | 0.838 $\pm$ 0.002 <sup>B</sup> |
| 121℃/15min | 0.399 $\pm$ 0.003 <sup>c</sup>  | 0.912 $\pm$ 0.001 <sup>C</sup> |
| 137℃/5s    | 0.390 $\pm$ 0.013 <sup>c</sup>  | 0.879 $\pm$ 0.005 <sup>D</sup> |

注:同列不同大、小写字母代表差异显著( $p<0.05$ );表6同。

表6 杀菌方式对奶冻质构的影响

Table 6 Effects of sterilization on texture of the dairy desserts

| 杀菌方式       | 硬度(g)                        | 弹性(mm)                        | 胶着性(mJ)                     | 咀嚼性(g)                       |
|------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 未杀菌        | 1673 $\pm$ 4.36 <sup>a</sup> | 5.58 $\pm$ 0.036 <sup>a</sup> | 445 $\pm$ 5.57 <sup>a</sup> | 26.6 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup> |
| 100℃/30min | 1942 $\pm$ 3.61 <sup>b</sup> | 9.69 $\pm$ 0.035 <sup>b</sup> | 459 $\pm$ 3.61 <sup>b</sup> | 43.7 $\pm$ 0.36 <sup>b</sup> |
| 121℃/15min | 1522 $\pm$ 3.61 <sup>c</sup> | 9.08 $\pm$ 0.053 <sup>c</sup> | 390 $\pm$ 4.36 <sup>c</sup> | 34.9 $\pm$ 0.35 <sup>c</sup> |
| 137℃/5s    | 1777 $\pm$ 2.65 <sup>d</sup> | 9.35 $\pm$ 0.036 <sup>d</sup> | 407 $\pm$ 4.58 <sup>d</sup> | 37.3 $\pm$ 0.40 <sup>d</sup> |

表7 杀菌方式对奶冻感官品质的影响

Table 7 Effects of sterilization on taste of the dairy desserts

| 杀菌方式       | 色泽        | 口感               |
|------------|-----------|------------------|
| 未杀菌        | 乳白色、色泽不均匀 | 脆、口感粗糙、不耐咀嚼      |
| 100℃/30min | 乳白色、略有光泽  | 稍偏硬、咀嚼性较好、较细腻、清爽 |
| 121℃/15min | 淡黄色       | 稍偏软、咀嚼性较好、较细腻、清爽 |
| 137℃/5s    | 乳白色、有光泽   | 硬度和咀嚼性适中、细腻、清爽   |

(下转第294页)

过氧化值和色度值均发生了一定的变化,且充氮包装的全脂羊奶粉的变化速率均小于普通包装的全脂羊奶粉,说明包装内的氧气浓度对全脂羊奶粉脂肪的氧化稳定性有很大的影响,采用充氮包装可有效提高全脂羊奶粉贮藏期间脂肪氧化稳定性,对提高全脂羊奶粉在贮藏期间的质量品质具有重要的作用。

### 参考文献

- [1] 帕克,亨莱因. 特种乳技术手册[M]. 北京:化学工业出版社,2010.
- [2] 乌素. 活性乳酸菌羊奶粉的研究[D]. 西安:陕西师范大学,2012.
- [3] Liang Jer-Hour. Kietics of fluorescence formation in whole milk powders during oxidation[J]. Food Chemistry, 2000, 71: 459-463.
- [4] Nadal M R, Servin J L. Oxidation stability of the lipid fraction in milk powder formulas[J]. Food Chemistry, 2007, 100: 756-763.
- [5] 葛武鹏. 山羊乳营养特性及对嗜酸乳杆菌增酸发酵性能的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [6] Celestino E L, Iyer M, Roginski H. The effects of refrigerated storage of raw milk on the quality of whole milk powder stored for different periods[J]. International Dairy Journal, 1997, 7: 119-127.
- [7] 刘庆生,王加启,卜登攀. 牛奶乳脂肪氧化的影响因素研究进展[J]. 食品科学, 2009, 30(23): 443-446.

- [8] Stapelfeldt H, Nielsen B R, Skibsted L H. Effect of Heat Treatment, Water Activity and Storage Temperature on the Oxidative Stability of Whole Milk Powder[J]. International Dairy Journal, 1997, 7(5): 331-339.
- [9] Lloyd M A, Hess S J, Drake M A. Effect of nitrogen flushing and storage temperature on flavor and shelf-life of whole milk powder[J]. Journal of Dairy Science, 2009, 92(6): 2409-2422.
- [10] 朱麒麟. 蓝圆鲹鱼片贮藏期间脂肪氧化研究[D]. 福州:福建农林大学,2010.
- [11] GB5530—2005/ISO660:1996. 动植物油脂酸值和酸度的测定[S]. 北京:国家标准.
- [12] GB/T5538—2005/ISO3960:2001. 动植物油脂过氧化值的测定[S]. 北京:国家标准.
- [13] GB/T5009. 181—2003猪油中丙二醛的测定[S]. 北京:国家标准.
- [14] Fenaille F, Mottier P. Comparison of analytical techniques to quantify malondialdehyde in milk powders[J]. Journal of Chromatography A, 2001, 921: 237-245.
- [15] 陶菲,邵海燕,陈杭君,等. 不同包装对山核桃脂肪氧化的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(9): 303-305.
- [16] 赵功玲,路建锋,苏丁. 三种加热方式对油脂品质影响的比较[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(5): 113-116.
- [17] Kneifel W, Ulberth F. Tristimulus colour reflectance measurement of milk and dairy products[J]. Dairy Science and Technology, 1992, 72(4): 383-391.

(上接第280页)

## 3 结论

3.1 前期研究表明,水化与均质条件是奶冻硬度、弹性和 $d_{4.3}$ 值等的主要工艺影响因素。水化温度对硬度和弹性起主要影响作用,均质压力则对 $d_{4.3}$ 值起主要影响作用,正交工艺优化的结果为在75℃水化15min并于30MPa均质时,所得产品有较好的品质指标与操作可行性。

3.2 工业生产中常用的3种杀菌处理方式在杀菌温度和杀菌时间上对奶冻产品的质构和粒径均有显著的影响作用,实验结果表明,这些杀菌方式均能获得较小粒径的奶冻产品( $<1\mu\text{m}$ ),但杀菌方式对其感官品质却存在较大程度的影响,虽然经100℃/30min杀菌后的感官品质与137℃/5s相比稍有逊色,但却能够赋予奶冻更小的粒径分布和更优的质构特性。因此,选用100℃/30min的杀菌条件可以获得各性能指标较优的奶冻产品。

### 参考文献

- [1] 郑霞,蒋文真,张多敏. 牛奶甜点——奶油布丁的研制[J]. 中国乳品工业, 2006, 34(3): 24-25.
- [2] 黄能武,赵谋明,张多敏,等. 卡拉胶与氯化钾用量对中性奶冻品质影响研究[J]. 食品工业科技, 2012, 12(33): 338-340.
- [3] 司卫丽,陈毓滢,张多敏. 果汁酸性奶冻的研制[J]. 食品工业科技, 2009, 30(5): 273-275.

- [4] Spag nuolo P A, Dalglish D G, Goff H D. Kappa - carrageenan interactions in systems containing casein micelles and polysaccharide stabilizers[J]. Food Hydrocolloids, 2005, 19(3): 371-373.
- [5] 王钦德,杨坚. 食品实验设计与统计分析[M]. 第二版. 北京:中国农业出版社,2010:494-495.
- [6] Schokker E P, Dalglish D G. The shear-induced destabilization of oil in water emulsions using caseinate as emulsifier[J]. Colloids and Surfaces A, 1998, 145: 51-69.
- [7] Chen J, Dickinson E. Protein/surfactant interfacial interactions Part 1: flocculation of emulsions containing mixed protein surfactant[J]. Colloids and Surfaces A, 1995, 100: 255-265.
- [8] Vega C, Dalglish D G, Goff H D. Effect of  $\kappa$ -carrageenan addition to dairy emulsions containing sodium caseinate and locust bean gum[J]. Food Hydrocolloids, 2005, 19(2): 187-195.
- [9] 赵强忠. 搅打稀奶油的搅打性能和品质的变化规律及其机理研究[D]. 广州:华南理工大学,2006.
- [10] Henstra S, Schmidt D G. On the structure of the fatprotein complex in homogenized cow's milk [J]. Neth Milk Dairy J, 1970, 24: 45-51.
- [11] Michalski M C, Michel F, Genest C. Appearance of submicronic particles in the milk fat globule size distribution upon mechanical treatments[J]. Dairy Science and Technology, Lait, 2002, 82: 193-208.