

# 不同乳酸菌对低脂Mozzarella干酪品质的影响

李艳霞<sup>1</sup>, 贾韶千<sup>1</sup>, 刘会平<sup>2,\*</sup>

(1.江苏食品药品职业技术学院食品与营养工程学院, 江苏 淮安 223003;

2.天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

**摘 要:** 研究不同乳酸菌对低脂Mozzarella干酪品质的影响。采用无盐渍新工艺制作低脂Mozzarella干酪, 经测定干酪的脂肪含量为9.85%。通过测定可溶性氮的指标、未融化干酪的质构特性、融化干酪的融化性和感官评定等对其进行研究。结果表明: 低脂组的质构、融化性和风味均低于全脂组, 但唾液链球菌嗜热亚种(ST)+德氏乳杆菌保加利亚亚种(LB)+干酪乳杆菌(LC)3种乳酸菌组合制作的低脂Mozzarella干酪质构、融化性和风味等指标最接近全脂组。与生产Mozzarella干酪所用的传统乳酸菌组合(ST+LB)相比, ST+LB+LC3种乳酸菌的组合, 能有效地改善低脂Mozzarella干酪硬度大、融化性小、风味差的缺陷。

**关键词:** 低脂; Mozzarella干酪; 乳酸菌; 质构; 融化性

## Effect of Different *Lactobacillus* Strains on Quality of Reduced-Fat Mozzarella Cheese

LI Yan-xia<sup>1</sup>, JIA Shao-qian<sup>1</sup>, LIU Hui-ping<sup>2,\*</sup>

(1. College of Food and Nutritional Engineering, Jiangsu Food and Pharmaceutical Science College, Huai'an 223003, China;

2. College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** This paper reports on the effect of different *Lactobacillus* strains on the quality of reduced-fat Mozzarella cheese (RFMC). A new process for the preparation of "no-brine" Mozzarella cheese, which was determined to contain 9.85% fat was used in this experiment. Soluble nitrogen, texture properties, meltability and sensory analysis were measured. Results showed that the texture properties, meltability and flavor of low-fat cheese were worse than those of full-fat cheese, but RFMC made with a mixed starter culture consisting of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (ST), *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (LB) and *Lactobacillus casei* subsp. *casei* (LC) was close to the full-fat cheese. Compared with the conventional starter culture (ST + LB), the combination of ST, LB and LC improved significantly the quality defects of undesired hardness, low meltability and poor flavor.

**Key words:** reduced-fat; Mozzarella cheese; *Lactobacillus*; texture properties; meltability

中图分类号: TS252.53

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2014) 11-0190-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201411038

Mozzarella干酪起源于意大利, 是帕斯特-费拉特(Pasta Filata)干酪中的重要成员<sup>[1]</sup>。低脂Mozzarella干酪不仅具有普通干酪的营养价值, 还具有胆固醇含量低、碳水化合物和热量低、视黄醇和VB<sub>12</sub>含量高等优点, 因此被越来越多的消费者所接受。在低脂Mozzarella干酪中, 由于脂肪含量降低, 影响干酪风味的脂肪水解物丁酸和己酸、羧基酸、甲基酮、Y-内酯和G-内酯等缺乏<sup>[2-3]</sup>, 因此可以使用辅助发酵剂以期获得能与全脂干酪相媲美的风味或功能性。辅助发酵剂可以通过增强蛋白的降解改善低脂干酪的风味, 提高低脂干酪品质<sup>[4]</sup>。

国内外学者研究发现, 菌种的选择对干酪的品质具

有重要影响。Oberg等<sup>[5-6]</sup>选择唾液链球菌嗜热亚种和德氏乳杆菌保加利亚亚种或者唾液链球菌嗜热亚种和瑞士乳杆菌组成的混合发酵剂生产的干酪, 结果发现在融化性和色泽上优于单一菌种发酵剂, 而拉伸性则次于单一菌种发酵剂。Merrill等<sup>[7-8]</sup>发现使用蛋白酶缺陷型菌株生产的Mozzarella干酪拉伸性好, 使用瑞士乳杆菌的单一或混合菌种比用唾液链球菌嗜热亚种和德氏乳杆菌保加利亚亚种生产的Mozzarella干酪拉伸性高, 而加热褐变性低; 采用干酪乳杆菌与唾液链球菌嗜热亚种或唾液链球菌嗜热亚种与瑞士乳杆菌组合作为发酵剂, 制成的Mozzarella干酪拉伸性小, 而融化性高。Broome等<sup>[9]</sup>表明从切达干

收稿日期: 2013-07-24

基金项目: 淮安市科技公共服务平台项目(HAP201209); 淮安市科技支撑计划项目(SN13002)

作者简介: 李艳霞(1983—), 女, 助教, 硕士, 研究方向为食品工艺与新技术。E-mail: liyanxia168@163.com

\*通信作者: 刘会平(1966—), 男, 教授, 博士, 研究方向为乳品科学。E-mail: liuhuiping111@163.com

酪中分离出的干酪乳杆菌有更强的NaCl耐受力,以及更有效的蛋白降解能力,尤其是 $\alpha_s$ -酪蛋白。Ardo等<sup>[10]</sup>在制作低脂半硬质干酪时添加瑞士乳杆菌,结果发现可以提高干酪本身具有的肽类水解活性,同时有助于干酪成熟过程中风味形成。苏玉芳等<sup>[11]</sup>在低脂干酪中添加瑞士乳杆菌作为辅助发酵剂,研究其对低脂干酪品质的影响,结果发现添加瑞士乳杆菌可以改善低脂干酪的质构。雷蕾等<sup>[12]</sup>发现在相同条件下,相对单球菌来说,嗜热链球菌和嗜热乳杆菌组成的混合发酵剂生产的Mozzarella干酪有更柔软的质地、更大的熔化性,且在熔化时有更多的油脂析出。低脂Mozzarella干酪虽然更有益于人们的健康,但是风味、质地等功能特性与传统Mozzarella干酪相比,还有一定差距<sup>[13-14]</sup>。因此,选择合适的加工工艺,并进一步探讨低脂Mozzarella干酪品质的影响因素显得尤为重要。本实验采用无盐渍新工艺,研究不同的乳酸菌组合对低脂Mozzarella干酪品质的影响,为改进低脂Mozzarella干酪生产工艺提供重要的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与菌种

原料乳:新鲜无抗牛乳,比重 $1.030\text{ g/cm}^3$ ,干物质质量分数11.05%、蛋白质质量分数3.03%、酪蛋白质量分数2.27%、脂肪标准化质量分数1.5%。

脂肪替代品:利用酶法改性乳清蛋白制备,添加量为质量分数1.5%。

供试菌种:唾液链球菌嗜热亚种(*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, ST)、德氏乳杆菌保加利亚亚种(*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, LB)、瑞士乳杆菌(*Lactobacillus helveticus*, LH)和干酪乳杆菌(*Lactobacillus casei* subsp. *casei*, LC)。

### 1.2 仪器与设备

DL-CJ-2F医疗型洁净工作台、HPP-9272恒温培养箱 北京东联哈尔仪器制造有限公司; H.H.S21-6电热恒温水浴锅 上海医疗器械五厂; 1602MP8-1万分之一电子天平 德国Sartorius Cottingen公司; QTS25质构仪 美国Brookfield公司; TU-1800PC紫外-可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司; 高剪切分散乳化机 上海弗鲁克流体机械制造有限公司。

### 1.3 低脂Mozzarella干酪无盐渍新工艺

原料乳过滤→标准化(使酪蛋白、脂肪质量比1.5)→添加脂肪替代品→巴氏杀菌( $63\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、30 min)→冷却(至 $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ )→加发酵剂→预酸化(至滴定酸度为 $21\sim 22\text{ }^{\circ}\text{T}$ )→加凝乳酶(体积分数3‰,由质量体积比 $2\text{ g/100 mL}$ 食盐水配制 $1\text{ g/100 mL}$ 凝乳酶溶液进行添加)→静置凝乳→凝块切割→排乳清( $\text{pH } 6.3$ )→堆酿

( $\text{pH } 5.25$ )→加盐揉合(加盐量为质量分数1.8%)→热烫、拉伸( $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $8\text{ g/100 mL}$ 食盐水)→成型→冷却→真空包装→成熟( $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ )<sup>[10]</sup>。

发酵剂:选择不同的菌种制备干酪,分别是ST+LB、ST+LB+LC、ST+LB+LH、ST+LB+LC+LH。其中ST和LB按体积分数各添加0.25%,LH和LC按推荐量添加(LH的接种量是50 U/500 L牛奶,LC的添加量是25 g/200 L牛奶)。

### 1.4 Mozzarella干酪品质测定

#### 1.4.1 牛乳中含脂率的测定

用盖勃法测定<sup>[15]</sup>。

#### 1.4.2 pH 4.6可溶性氮(soluble nitrogen, SN)测定<sup>[16]</sup>

准确称取0.75 g干酪,加入25 mL pH 4.6的醋酸盐缓冲溶液,将干酪充分磨碎,再用25 mL的缓冲液充分冲洗,悬浮液在4 000 r/min离心20 min,取上清液定量的移入凯氏消化瓶,进行微量凯氏定氮,并以占干酪总氮量(TN)的百分数(%)表示。

#### 1.4.3 12%三氯乙酸可溶性氮(trichloroacetic acid soluble nitrogen, TCA SN)测定<sup>[17]</sup>

准确称取1.5 g干酪,加入25 mL 12%的TCA溶液将干酪充分磨碎,再用20 mL的TCA溶液充分冲洗,悬浮液在4 000 r/min的离心机中离心20 min,取上清液定量的移入凯氏消化瓶,进行微量凯氏定氮,并以占干酪总氮量(TN)的百分数(%)表示。

#### 1.4.4 干酪融化性的测定<sup>[18]</sup>

用特制的打孔器取 $17.6\text{ mm}\times 7\text{ mm}$ 厚的干酪样品,其纤维结构垂直于干酪的直径;将样品放置于预先铺有滤纸的9 cm的培养皿内,在室温下回复温度30 min,然后将其放入预热至 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱内,加热1 h取出,在室温下回复30 min,测定融化干酪直径,测定4次,精确到0.01 cm,计算出平均值,表示干酪的融化性。

#### 1.4.5 干酪油脂析出性的测定<sup>[19]</sup>

取 $17.6\text{ mm}$ 直径 $\times 7\text{ mm}$ 厚的干酪样品,其纤维结构垂直于干酪的直径;将样品放置于预先铺有滤纸的9 cm的培养皿内,在室温下回复30 min,油圈形成,测定油圈的直径,测定4次,精确到0.01 cm,计算出平均值,表示干酪的油脂析出性。

#### 1.4.6 干酪质构的测定<sup>[18]</sup>

用质构仪QTS25测定Mozzarella干酪的结构数据分析(Texture profile analysis, TPA):硬度、TPA弹性、TPA凝聚性。满负荷压力25 kg,探头型号 $45^{\circ}$  Cone TA 15,下降速率6 mm/s,刺入深度12 mm,进行两次压缩。样品为 $(2.00\pm 0.06)\text{ cm}$ 的正方形,放置在压缩盘上,纤维方向垂直于压缩盘,测定室温( $19\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),测定时的样品温度为 $(10\pm 0.5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。测定3次取平均值。

### 1.4.7 感官评定<sup>[20]</sup>

采用15分制的评分方法。未融化干酪的特性：滋味和气味、组织结构、弹性，权重分别为1.0、1.0、1.5；融化干酪的特性：融化性、油脂析出性，权重分别为0.5和1.0，其中除滋味和气味、组织结构凭主观评判外，其余均以客观测定值为指标，选取9名经过训练的人员进行感官评定。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同乳酸菌对低脂干酪蛋白质水解的影响

分别取不同乳酸菌处理的干酪在成熟0、7、14、21、28、35、42、49 d时的样品，测其pH 4.6 SN和12%TCA SN，结果如图1、2所示。

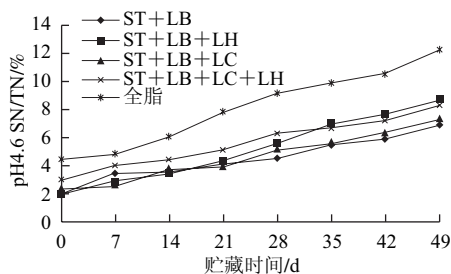


图1 不同乳酸菌对低脂Mozzarella干酪pH 4.6 SN的影响

Fig.1 Effect of different starter cultures on SN at pH 4.6 in reduced-fat Mozzarella cheese

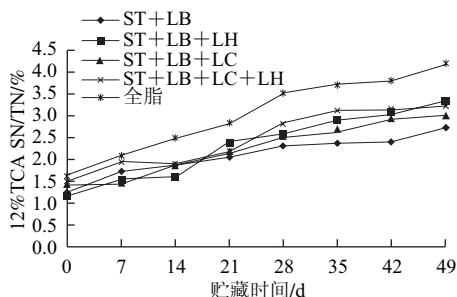


图2 不同乳酸菌对低脂Mozzarella干酪12%TCA SN的影响

Fig.2 Effect of different starter cultures on 12% TCA SN in reduced-fat Mozzarella cheese

由图1、2可知，各处理组干酪在整个成熟过程中的pH 4.6 SN和12%TCA SN整体成上升趋势。与全脂组比较，低脂干酪蛋白质水解度在广度和深度上都较小。低脂干酪处理组中，添加LC、LB的干酪蛋白质水解程度大于只添加ST+LB的干酪组，添加ST+LB+LH、ST+LB+LH+LC和ST+LB+LC的干酪49 d时，pH 4.6 SN分别为：8.69%、8.30%、7.31%，12%TCA SN分别为：3.40%、3.28%、3.03%。Mozzarella干酪在成熟期SN不断上升是由于干酪在此过程中微生物、酶和生化反应不断

作用，使干酪中的蛋白质及其中间代谢产物继续水解成更小分子物质的结果。

低脂干酪由于脂肪含量的降低、水分减少，蛋白质水解度明显下降。添加LB、LC后由于菌种水解蛋白质的能力不同、所产生的蛋白酶和肽酶比率不同，以及菌种自身对所分解的蛋白质的吸收利用不同影响蛋白质的水解程度。

### 2.2 不同乳酸菌对未融化干酪质构特性的影响

未融化干酪的质构特性用干酪的硬度、凝聚性、弹性来表示。分别取不同乳酸菌处理的干酪在成熟0、14、28、49 d时的样品进行测定，结果如图3、4所示。

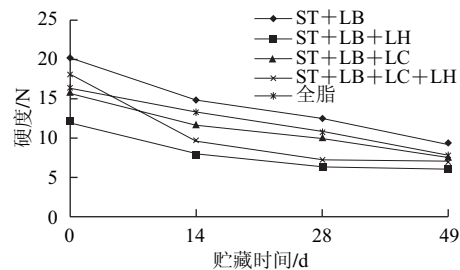


图3 不同乳酸菌对低脂Mozzarella干酪硬度的影响

Fig.3 Effect of different starter cultures on hardness of reduced-fat Mozzarella cheese

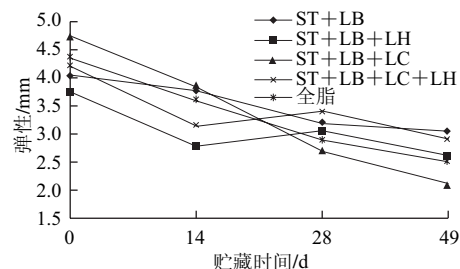


图4 不同乳酸菌对低脂Mozzarella干酪弹性的影响

Fig.4 Effect of different starter cultures on springiness of reduced-fat Mozzarella cheese

由图3、4可知，对所有处理组的干酪来讲，随着成熟时间的延长，干酪的硬度和弹性都呈下降趋势。而对于对照组全脂干酪来讲，由于脂肪含量高、水分含量大，其硬度和弹性小于添加ST+LB的干酪，但是低脂干酪组中，随着LC、LH的添加，ST+LB+LH、ST+LB+LH+LC和ST+LB+LC的干酪49 d时硬度分别是：6.29、7.00、7.70 N，弹性分别是2.6、2.9、2.1 mm。ST+LB+LH、ST+LB+LH+LC前14 d弹性下降较快，28 d时增大，各处理组干酪品质差距减小，这可能是由于瑞士乳杆菌具有较强的产酸产黏特性。

### 2.3 不同乳酸菌对融化干酪功能特性的影响

Mozzarella干酪的融化特性包括许多指标，其中最主要的是干酪的融化性和油脂析出性。不同乳酸菌引起的干酪的融化性和油脂析出性变化如图5、6所示。

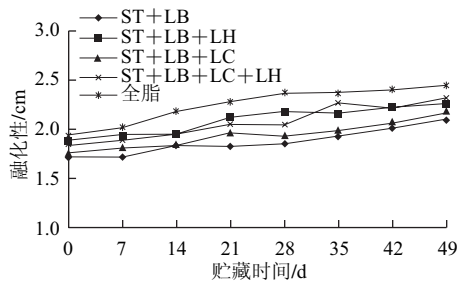


图5 不同乳酸菌对低脂Mozzarella干酪融化性的影响

Fig.5 Effect of different starter cultures on meltability in reduced-fat Mozzarella cheese

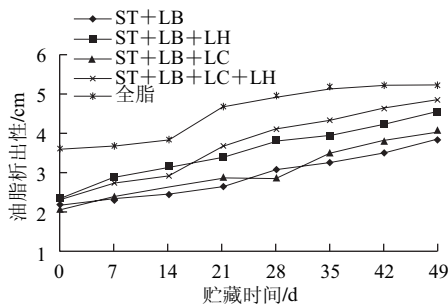


图6 不同乳酸菌对低脂Mozzarella干酪油脂析出性的影响

Fig.6 Effect of different starter cultures on oil syneresis of reduced-fat Mozzarella cheese

由图5、6可知,各处理组Mozzarella干酪的融化性和油脂析出性随着贮藏时间的延长整体呈上升趋势,与全脂组比较随着低脂组干酪脂肪的减少,融化性和油脂析出性明显降低。而对低脂干酪中不同乳酸菌处理的干酪,ST+LB、ST+LB+LH、ST+LB+LH+LC、ST+LB+LC,49 d时其融化性分别为:2.11、2.27、2.32、2.18 cm;油脂析出性分别为:3.85、4.55、4.84、4.06 cm。不同乳酸菌对蛋白质的降解情况影响蛋白对脂肪的束缚能力,从而导致融化性和油脂析出性变化差异。瑞士乳杆菌和干酪乳杆菌增加了干酪的融化性和油脂析出性,并且瑞士乳杆菌更有利于干酪的融化特性。各处理组Mozzarella干酪品质特性的方差分析如表1所示。与全脂干酪组相比较,各处理组的各指标都有明显差异。在成熟期内ST+LB+LC+LH与ST+LB+LH两处理对pH 4.6SN和12% TCA SN影响不显著,而ST+LB+LH、ST+LB+LC和ST+LB三者间变化不大,即干酪乳杆菌与瑞士乳杆菌的添加促进了蛋白质的降解。各处理组中ST+LB组干酪硬度、弹性分别为14.27 N和3.51 mm,值最大,随着乳酸菌LC、LH的添加,干酪硬度变小,弹性在整个成熟期内各处理组变化不大,即乳酸菌的添加改善了低脂干酪硬度大的缺陷。功能指标中各低脂组与全脂组相比,油脂析出性和融化性小,而含LH、LC组与ST+LB组相比变化大、差异显

著,即乳酸菌的添加改善了低脂组的功能特性,但与全脂组仍有差距。

表1 乳酸菌对低脂Mozzarella干酪品质特性的方差分析

Table 1 Analysis of variance for quality characteristics of reduced-fat Mozzarella cheese made with different starter cultures

检测指标	样品组	平均值	标准差	$P_{0.05}$	$P_{0.01}$
pH 4.6SN	全脂	8.13	2.83	a	A
	ST+LB+LC+LH	5.63	1.79	b	B
	ST+LB+LH	5.19	2.44	bc	BC
	ST+LB+LC	4.63	1.76	c	C
	ST+LB	4.49	1.57	c	C
12%TCA SN	全脂	3.05	0.92	a	A
	ST+LB+LC+LH	2.4	0.68	b	B
	ST+LB+LH	2.33	0.82	bc	BC
	ST+LB+LC	2.26	0.64	bc	BC
	ST+LB	2.09	0.49	c	C
硬度	ST+LB	14.26	4.65	a	A
	全脂	12.03	3.63	b	A
	ST+LB+LC	11.35	3.51	b	A
	ST+LB+LC+LH	10.48	5.18	b	B
	ST+LB+LH	8.17	2.72	c	B
弹性	ST+LB	3.51	0.48	a	A
	ST+LB+LC+LH	3.43	0.59	a	A
	ST+LB+LC	3.36	1.19	a	A
	全脂	3.34	0.82	a	A
	ST+LB+LH	3.04	0.51	a	A
油脂析出性	全脂	4.54	0.71	a	A
	ST+LB+LC+LH	3.70	0.92	b	B
	ST+LB+LH	3.54	0.74	b	B
	ST+LB+LC	3.04	0.69	c	C
	ST+LB	2.93	0.59	c	C
融化性	全脂	2.26	0.19	a	A
	ST+LB+LH	2.10	0.15	b	B
	ST+LB+LC+LH	2.08	0.18	b	B
	ST+LB+LC	1.95	0.14	c	C
	ST+LB	1.88	0.13	d	D

注:同列中不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ ); $n = 8$ (pH4.6SN、12%TCA SN、油脂析出性、融化性); $n = 4$ (硬度、弹性)。

## 2.4 感官评定

不同乳酸菌制得的低脂Mozzarella干酪感官评定结果如表2所示。

表2 不同组Mozzarella干酪感官评定结果

Table 2 Sensory evaluation of Mozzarella cheese made with different starter cultures

乳酸菌	未融化干酪	融化干酪	感官评分
全脂	硬,弹性小,表面有小油滴渗出,切片性一般	流动性好,融化性好,柔软,褐变大,溢气味浓郁	13.15
ST+LB	较硬,有弹性,切片性好	流动性差,融化性差,韧性大,褐变较小,具有正常的溢气味	9.35
ST+LB+LH	软,弹性较小,切片性差	流动性一般,融化性一般,韧性小,褐变小,香味淡	9.55
ST+LB+LC	较软,弹性小,切片性较差	流动性一般,融化性一般,韧性小,褐变较小,香味较浓	10.57
ST+LB+LH+LC	较软,弹性较小,切片性较差	流动性一般,融化性一般,韧性小,香味淡	10.13



由表2可知,全脂干酪脂肪含量高,被加热时脂肪更容易融化成半流体,有助于干酪融化后的流动散开;未融化干酪口感柔软、滋气味浓郁。而低脂干酪脂肪含量少、融化性差、结构较硬。通过添加不同的乳酸菌,成品干酪在菌和酶的共同作用下,结构变软、融化性和流动性较好,但是只有添加干酪乳杆菌的成品干酪香味较浓。通过方差分析和感官评定最终选择添加到低脂的乳酸菌为ST+LB+LC,即保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌和干酪乳杆菌。

### 3 结 论

添加菌种ST+LB的低脂干酪pH 4.6 SN和12% TCA SN含量低、蛋白质水解程度小、融化性和油脂析出性小、干酪的硬度和弹性大;随着乳酸菌LH、LC的添加,含LH、LC的低脂干酪蛋白质水解程度增大,硬度、弹性降低,油脂析出性和融化性升高。通过指标测定和感官评定,添加LC的干酪风味浓郁,得分最高,改善了低脂干酪品质的缺陷,选择最适乳酸菌组合为:ST+LB+LC。唾液链球菌嗜热亚种、德氏乳杆菌保加利亚亚种和干酪乳杆菌的组合较好地改善了低脂Mozzarella干酪的硬度、融化性和风味,可应用于低脂Mozzarella干酪的生产。

#### 参考文献:

- [1] 刘会平, 南庆贤, 马长伟. Mozzarella干酪成熟过程中菌相变化规律的研究[J]. 中国食品学报, 2007, 7(1): 36-42.
- [2] DIMOS A, URBACH G E, MILLER A J. Changes in flavor and volatiles of full-fat and reduced-fat Cheddar cheeses during maturation[J]. International Dairy Journal, 1996, 6(3): 981-995.
- [3] TUNICK M H, MACKEY K L, SMITH P W. Effects of composition and storage on the texture of Mozzarella cheese[J]. Netherlands Milk Dairy Journal, 1991, 45(5): 117-125.
- [4] 苏玉芳, 云战友. 辅助发酵剂对低脂干酪的影响[J]. 中国乳品工业, 2010, 38(12): 19-21.
- [5] OBERG C J, MERRILL R K, MOYES L V, et al. Effects of *Lactobacillus helveticus* culture on physical properties of Mozzarella cheese[J]. Journal of Dairy Science, 1991, 74(12): 4101-4107.
- [6] OBERG C J, MERRILL R K, BROWN R J. Effects of freezing, thawing, and shredding on low moisture, part skim Mozzarella cheese[J]. Journal of Dairy Science, 1992, 75(5): 1161-1166.
- [7] MERRILL R K, OBERG C J, MCMANUS W R, et al. Microstructure and physical properties of a reduced fat Mozzarella cheese made using *Lactobacillus casei* ssp. *casei* adjunct culture[J]. LWT Food Science and Technology, 1996, 29: 721-728.
- [8] MERRILL R K, OBERG C J, MCMAHON D J. A method for manufacturing reduced fat Mozzarella cheese[J]. Journal of Dairy Science, 1994, 77(7): 1783-1789.
- [9] BROOME M C, KRAUSE D A, HICKEY M W. The use of non-starter lactobacilli in Cheddar cheese manufacture[J]. Australian Journal of Dairy Technology, 1990, 45(2): 67-73.
- [10] ARDO Y, LARSSON P O, MANSSON H L, et al. Studies on peptidolysis during early maturation and its influence on low-fat cheese quality[J]. Milchwissenschaft, 1989, 44(8): 485-490.
- [11] 苏玉芳, 云战友. 辅助发酵剂对低脂干酪的影响[J]. 中国乳品工业, 2010, 38(12): 19-21.
- [12] 雷蕾, 任发政, 任星环. 不同发酵剂对Mozzarella干酪品质的影响[J]. 中国乳品工业, 2004, 32(6): 12-15.
- [13] 徐乙文, 刘会平, 李艳霞. 改性乳清蛋白对低脂Mozzarella干酪品质的影响[J]. 中国乳品工业, 2010, 38(12): 15-18; 48.
- [14] 文旭娟, 赵征. 低脂Mozzarella干酪的品质研究[J]. 中国乳品工业, 2009, 37(5): 24-27.
- [15] 马玲, 彭登峰, 李慧. 不同菌种组合Mozzarella干酪成熟过程中提取液的抗氧化活性[J]. 中国农业科学, 2013, 46(12): 2615-2624.
- [16] 食品安全国家标准委员会. GB5413.3—2010 食品安全国家标准婴幼儿食品和乳品中脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [17] 许女, 王艳萍, 习傲登, 等. 益生菌干酪的工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(8): 42-47.
- [18] WADHWANI R, MCMANUS W R, MCMAHON D J. Improvement in melting and baking properties of low-fat Mozzarella cheese[J]. Journal of Dairy Science, 2011, 94(4): 1713-1723.
- [19] MA Xixiu, JAMES B, LU Zhang, et al. Correlating mozzarella cheese properties to its production processes and microstructure quantification[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 115(2): 154-163.
- [20] 朱国斌, 鲁红军. 食品风味原理与技术[M]. 北京: 北京大学出版社, 1996.