

# Mozzarella 再制干酪辅料及其工艺条件的选择

陈苓, 刘会平

(天津科技大学食品营养与安全教育部重点实验室, 天津 300457)

**摘要:** 研究了利用 Mozzarella 天然干酪制备再制干酪的工艺。通过单因素试验和正交试验, 确定了最佳辅料配方和工艺条件: 成熟期为 1 个月和 4 个月的 Mozzarella 干酪以 2:1 混合, 复配乳化盐(添加柠檬酸钠量 0.80%、多聚磷酸钠为 0.08%、焦磷酸钠为 0.15%), 乳清浓缩蛋白用量 6%, 黄油用量 15%, 加水量 20%, 乳化水浴温度 100 °C, 乳化时间 7 min, 乳化转速 1000 r/min。利用 GC-MS 法对再制干酪中主要挥发性风味化合物进行分析 共鉴定出 23 种风味物质 其中烃类 7.8%; 醇类 9.56%; 醛类 4.81%; 酮类 5.82%; 酸类 22.91%; 酯类 41.1%; 酚类 0.269% 及二甲基砜 7.73%。

**关键词:** Mozzarella 天然干酪; 再制干酪; 辅料; 工艺条件

文章编号: 1673-9078(2012)9-1197-1202

## Selection of Mozzarella Processed Cheese Ingredients and Process Conditions

CHEN Ling, LIU Hui-ping

(Key Laboratory of Food Nutrition and Safety, (Tianjin University of Science & Technology), Ministry of Education  
Tianjin 300457, China)

**Abstract:** A method was developed for preparing processed cheese by using Mozzarella. The optimum ingredients formulation and process conditions were determined through the single factor experiment and the orthogonal experiment. The best ratio of two kinds of cheese with their maturation periods of one-month and four-month, respectively, was 2:1. The optimum addition amounts of trisodium citrate, pentasodium tripolyphosphate, tetrasodium pyrophosphate, whey protein concentrate, butter and water were 0.8%, 0.08%, 0.15%, 6%, 15%, and 20%, respectively. The best melting temperature, thawing time and mixing speed were 100 °C, 7 min and 1000 r/min, respectively. GC-MS method was used to analyze the volatile flavor compounds of cheese flavorings and 23 kinds of flavor compounds were identified in total. The contents of hydrocarbons, alcohols, aldehydes, ketones, acids, esters, phenols and dimethyl sulfoxide were determined as 7.8%, 9.56%, 4.81%, 5.82%, 22.91%, 41.1%, 0.269% and 7.73%, respectively.

**Key words:** Mozzarella natural cheese; processed cheese; ingredient; process condition

再制干酪又称融化干酪、加工干酪或重组干酪, 是以不同种类和不同成熟度的天然干酪为主要原料, 经粉碎并与乳和非乳成分、乳化盐混合后, 在一定真空度的条件下将混合物加热并持续搅拌所得到的一种质地均匀的产品<sup>[1,2]</sup>。

原则上任何种类天然干酪都可用于再制奶酪生产, 但考虑到经济效益、技术和产品标准化的需要, 通常都采用货源充足、易于加工、损耗量低的干酪作为原料<sup>[3]</sup>, 如 Edam 干酪、切达、高达、Tilsit、Provolone 等各种硬质和半硬质干酪。软质干酪和霉菌成熟干酪也可用于再制奶酪的生产, 但它们的主要作用是提供

风味物质。最容易加工的干酪是切达干酪, 是再制奶酪生产中最常用的原料之一。在我国出现了很多添加不同蛋白配料的再制奶酪, 主要有降低原料成本的豆乳牛乳混合再制奶酪和含大豆分离蛋白的再制奶酪<sup>[4,5]</sup>, 而以 Mozzarella 为原料生产的再制干酪还很少见, 本试验以成熟时间为 1 个月和 4 个月的混合天然干酪为原料生产再制干酪研制符合中国人口味的再制干酪, 同时分析天然干酪的配比、乳化盐的种类及添加量、乳清浓缩蛋白、黄油和水的添加量对再制干酪功能性的影响, 已筛选出最优的辅料配方和工艺条件。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料与仪器

Mozzarella 天然干酪, 实验室自制; 凝乳酶、TCC-3 发酵剂, 科汉森, 北京; 柠檬酸钠, 天津市北联精细

收稿日期: 2012-05-19

作者简介: 陈苓 (1988-), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品加工技术

通信作者: 刘会平 (1964-), 男, 教授, 研究方向为研究方向为乳品科学与新技术

化学品开发有限公司; 多聚磷酸钠, 天津市化学试剂三厂; 焦磷酸钠, 天津市化学试剂研究所。

D2010W 电动搅拌器, 上海梅颖浦仪器仪表有限公司; Avanti J-26XP 系列高效离心机, 美国 BECKMAN COULTER 公司; TA. XTPlus 质构仪, 英国 Stable Micro System 公司; 数显 pH 计, 上海精密科学仪器有限公司。

## 1.2 方法

### 1.2.1 再制干酪工艺流程

天然干酪→预处理→切块→混合→加乳化盐→加水→加热融化→搅拌→乳化均质→冷却→灌装→贮藏

### 1.2.2 再制干酪溶胶系数的测定

#### 1.2.2.1 总氮(TN)的测定

采用凯氏定氮法。

#### 1.2.2.2 再制干酪可溶性氮(NSN)的测定

取 5 g 再制干酪样品溶解在 95 mL 蒸馏水中, 超声分散 3 min (20 °C), 8000 r/min 的条件下离心 10 min (20 °C), 上清液即为可溶性氮。取上清液, 采用凯氏定氮法确定可溶性氮含量<sup>[6]</sup>。

#### 1.2.2.3 非酪蛋白氮(NCN)测定

取 0.75 g 再制干酪样品, 加入 pH 值 4.6 醋酸缓冲溶液 50 mL, 进行充分碾磨溶解后, 在 4000 r/min 离心 20 min, 取上清液, 采用凯氏定氮法确定非酪蛋白氮。

#### 1.2.2.4 酪蛋白溶胶系数的计算

酪蛋白溶胶系数=(NSN-NCN)/(TN-NCN)

酪蛋白溶胶系数可以用来衡量钙螯合能力, 溶胶系数越大, 说明钙螯合能力越强, 酪蛋白的乳化性越好<sup>[7]</sup>。

### 1.2.3 再制干酪 pH 的测定

产品在 4 °C 下储藏 24 h 后, 称取 12 g 再制干酪样品加入 40 mL、30 °C 的蒸馏水, 研钵中研磨至完全溶解, 常温下用 pH 计测定。

### 1.2.4 再制干酪 TPA 的测定

探头选用的型号为 P/0.5。探头测定速度为 2 mm/s; 下压距离 10 mm; 回复时间 5 s<sup>[8]</sup>。

### 1.2.5 再制干酪融化性的测定<sup>[9]</sup>

取 20 g 样品放入 38×200 mm 的玻璃管中。玻璃管密封后放在 4 °C 下保持 30 min, 再将管的一端换用一个带孔胶塞封住, 将管水平放入 100 °C 的烘箱中保持 10 min, 取出融化管, 为防止再制干酪继续流动, 在室温下保持 30 min 后, 测量融化管内再制干酪流动的长度。再制干酪流动的长度代表再制干酪的融化性。作三次重复试验。

### 1.2.6 水分含量的测定

参见 GB/T 5009.3-2003

### 1.2.7 脂肪含量的测定

采用罗兹-哥特里法测定 (QB/T 3777-1999)

### 1.2.8 干酪挥发性风味物质的测定

采用 GC-MS 分析挥发性风味物质种类, 以匹配度确定化合物的名称, 并计算百分含量<sup>[10]</sup>。

#### 1.2.8.1 样品处理方法

取 1.500 g 干酪样品, 加等量的无水 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 混合均匀, 迅速将样品装入 15 mL 的样品瓶内, 并加入 40 μg 壬烷作为内标<sup>[11,12]</sup>, 加盖封口。在 40 °C 水浴中平衡 30 min, 顶端插入 PDMS/DVB 萃取头, 于 40 °C 水浴萃取 30 min 后, 用 GC-MS 分析。

#### 1.2.8.2 色谱和质谱条件

(1) 色谱条件:

分离柱: VF-5 ms, 30 m×0.25 mm×0.25 μm; 进样口温度: 250 °C; 载气: He; 载气流速: 1.0 mL/min; 程序升温: 40 °C, 3 min; 以 5 °C/min 至 140 °C; 以 10 °C/min 升至 240 °C, 保持 8 min。

(2) 质谱条件:

离子源温度: 220 °C; 传输线温度: 280 °C; 离子化模式: EI; 电子能: 70 eV; 扫描范围: 43~500 amu; 数据采集: 全扫描。

### 1.2.9 再制干酪的感官评价

表 1 再制干酪感官评价表

Table 1 Standard of sensory evaluation of processed cheese

风味 (40 分)	组织状态 (30 分)	口感 (20 分)	色泽 (10 分)
34~40 分: 具有再制干酪特有的香味, 后味浓香, 无异味	26~30 分: 质地均匀、软硬适度, 组织极细腻, 有可塑性	14~20 分: 平滑细腻。	6~10 分: 白色至淡黄色
20~33 分: 具有再制干酪特有的香味, 带有酸苦味。	18~25 分: 质地均匀, 稍软或坚硬, 组织较细腻, 有可塑性	9~13 分: 粘稠。	小于 6 分: 呈灰白色
小于 20 分: 具有再制干酪特有的香味, 带有较重的酸味、苦味。	小于 18 分: 组织状态粗糙, 呈碎粒状或呈皮带状, 易碎或较硬	小于 9 分: 有颗粒。	

由本试验室的 10 个研究生经过培训后组成感官

评定小组从干酪的风味、组织状态、口感和色泽等 4

个方面对成品再制干酪进行感官质量评定, 并进行综合评分。

感官评定标准: 参照硬质干酪 GB5420-85(见表 1)。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素实验

#### 2.1.1 天然干酪成熟度及添加比例的选择

不同成熟时间的天然干酪分别以 1:3, 1:2, 1:1, 2:1, 3:1 进行配比, 以质构, pH 值, 完整酪蛋白含量来确定所用干酪的成熟度及其最佳配比。

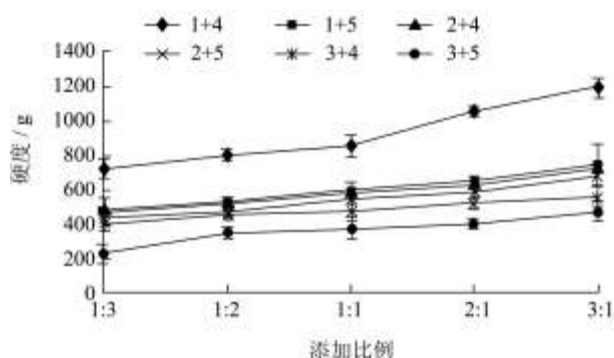


图 1 不同月份组合对再制干酪硬度的影响

Fig.1 The effect of different combination of months on the hardness of the processed cheese

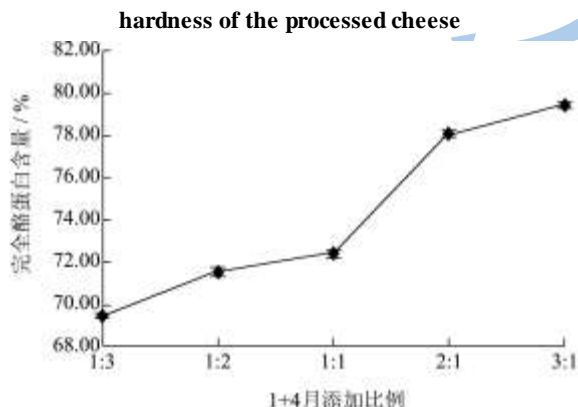


图 2 添加比例对完全酪蛋白含量的影响

Fig.2 The effect of different proportion on the intact casein content

由图 1 可以看出: 随着搭配组合成熟时间的延长, 再制干酪的硬度呈现下降的趋势; 且成熟时间为 1 个月和 4 个月的天然 Mozzarella 干酪搭配制得的再制干酪的硬度显著高于由其他月份组合制得的再制干酪的硬度。这是因为成熟度低的干酪中完整酪蛋白的含量较高, 而完整酪蛋白的量越多, 离子交换就越多, 酪蛋白水合性随之增强, 生成的新体系乳化稳定性越强, 从而使生产出的再制干酪的硬度比较高<sup>[13]</sup>。由于本试验的终产品是一种可切型的再制干酪, 所以对样品的硬度有一定的要求, 从而将原料干酪的月份组合定为 1

月和 4 月。

再制干酪中酪蛋白的主要来源是原料干酪, 不同成熟度的干酪中完整酪蛋白的含量不同, 因此对原料中相对酪蛋白含量的要求实际上是对原料中干酪成熟度的要求。由图 2 可以看出随着原料干酪中的低成熟度干酪所占比例的增加, 样品中的完全酪蛋白含量呈现出逐渐增加的趋势, 当添加比例从 2:1 变为 3:1 时, 完全酪蛋白含量增加趋势减缓。在再制干酪的生产加工中, 短成熟期的干酪与质地有关, 而长成熟期的干酪提供风味。因此, 为了既能提高产品的质地和稳定性, 又能保证产品的风味, 所以将 1 月和 4 月的添加比例定为 2:1。

#### 2.1.2 乳清浓缩蛋白添加量的确定

表 2 乳清浓缩蛋白添加量对再制干酪品质的影响

Table 2 The effect of whey protein concentrate content on processed cheese properties

添加量/%	硬度/g	pH	融化性/mm	溶胶系数/%
2	894.60±88.76 <sup>a</sup>	5.51±0.00 <sup>a</sup>	58±2 <sup>a</sup>	53.24 <sup>a</sup>
4	930.30±21.97 <sup>ab</sup>	5.53±0.01 <sup>b</sup>	55±3 <sup>ab</sup>	55.39 <sup>b</sup>
6	956.36±10.07 <sup>abc</sup>	5.59±0.00 <sup>c</sup>	51±1 <sup>bc</sup>	56.84 <sup>c</sup>
8	983.80±17.86 <sup>bc</sup>	5.62±0.01 <sup>d</sup>	50±3 <sup>c</sup>	54.11 <sup>d</sup>
10	1016.60±17.19 <sup>b</sup>	5.68±0.00 <sup>e</sup>	38±2 <sup>d</sup>	52.79 <sup>e</sup>

注: 数字上标的不同字母表示差异显著, p<0.05, 下同。

由表 2 可以看出: 随着乳清浓缩蛋白添加量的增加, 再制干酪的硬度和 pH 呈现出逐渐增加的趋势, 而融化性则呈现出下降的趋势。这主要是因为乳化阶段的持续高温下 (100 °C, 7 min), 变性的 β-乳球蛋白分子将游离的巯基暴露在水油界面上, 使得乳清蛋白分子不仅在其分子自身之间, 而且还与酪蛋白之间通过二硫键发生交联, 从而导致产品硬度增加, 融化性下降<sup>[14]</sup>。

从表 2 可以看到, 当乳清浓缩蛋白添加量从 2% 增加到 4% 时, 再制干酪的溶胶系数呈现增加趋势, 但是当乳清浓缩蛋白的添加量从 6% 增加到 8% 时, 溶胶系数反而呈现下降的趋势。这是因为乳清浓缩蛋白在水溶的溶解性很好, 其天然构象不会结合大量的水, 天然乳清蛋白其水和值为 0.32~0.60 g 水/g 蛋白质; 但是经过热处理后, 乳清蛋白肽链打开, 其持水性增大。因此, 当乳清浓缩蛋白多的添加量超过一定范围时会使得酪蛋白的水合性下降, 蛋白的溶解性降低, 可溶性氮含量减少, 导致溶胶系数下降。所以, 综合考虑各因素, 将乳清浓缩蛋白的添加量定为 6%。

#### 2.1.3 黄油添加量的确定

由表 3 可以看出: 随着黄油添加量的增加, 再制干酪的硬度呈现出下降的趋势, 而融化性和脂肪含量



呈现出增加的趋势;由图4可知,当黄油添加量从5%增加到20%时,样品的溶胶系数随之增加,但是当黄油添加量超过20%时,溶胶系数则呈现下降的趋势。当黄油添加量为20%时,样品的组织状态、融化性均较好,但是却产生了一定的油腻感。因此,在综合各指标的前提下考虑到口感,将黄油的添加量定为15% (虽然添加量为15%时各项指标与20%有些差距,但相差不多)。

表3 黄油添加量对再制干酪品质的影响

Table 3 The effect of butter content on processed cheese properties

添加量/%	硬度/g	pH	融化性/mm	脂肪/%	溶胶系数/%
5	1121.84±106.27 <sup>a</sup>	5.72±0.01 <sup>a</sup>	46±1 <sup>a</sup>	26.58±1.23 <sup>a</sup>	50.28 <sup>a</sup>
10	1015.78±34.05 <sup>b</sup>	5.68±0.00 <sup>b</sup>	47±2 <sup>a</sup>	28.12±0.76 <sup>ab</sup>	51.14 <sup>b</sup>
15	977.05±48.05 <sup>b</sup>	5.64±0.01 <sup>c</sup>	58±2 <sup>b</sup>	29.39±1.18 <sup>b</sup>	52.05 <sup>c</sup>
20	919.42±23.17 <sup>b</sup>	5.70±0.01 <sup>d</sup>	72±4 <sup>c</sup>	31.95±0.59 <sup>cd</sup>	52.95 <sup>d</sup>
25	773.08±53.84 <sup>c</sup>	5.67±0.01 <sup>e</sup>	64±3 <sup>d</sup>	33.43±1.63 <sup>d</sup>	51.84 <sup>e</sup>

2.1.4 水分添加量的确定

表4 水分添加量对再制干酪品质的影响

Table 4 The effect of water content on processed cheese properties

添加量/%	硬度/g	pH	融化性/mm	溶胶系数/%
10	2306.23±5.55 <sup>a</sup>	5.71±0.01 <sup>a</sup>	50±2 <sup>a</sup>	47.83 <sup>a</sup>
20	875.03±29.18 <sup>b</sup>	5.74±0.01 <sup>b</sup>	54±1 <sup>a</sup>	55.29 <sup>b</sup>
30	572.22±87.57 <sup>c</sup>	5.75±0.00 <sup>bcd</sup>	61±3 <sup>b</sup>	56.87 <sup>c</sup>
40	64.97±1.08 <sup>d</sup>	5.76±0.01 <sup>cd</sup>	70±3 <sup>c</sup>	60.55 <sup>d</sup>
50	42.05±1.51 <sup>e</sup>	5.76±0.01 <sup>d</sup>	75.5±2 <sup>d</sup>	61.58 <sup>e</sup>

由表4可以看出,随着水分添加量的增加,再制干酪的硬度呈现出显著的下降趋势 ( $p < 0.05$ );融化性呈现出显著的增加趋势 ( $p < 0.05$ );溶胶系数则呈现出平稳的增加趋势,说明水分含量可以影响再制干酪体系中蛋白质的结构、蛋白质之间的作用和再制干酪加工过程中乳化盐对脂肪的乳化效果,从而影响再制干酪的质构,即随着水分含量的增加,体系的乳化状态更理想<sup>[15]</sup>。当水分添加量为30%时,再制干酪的质地较软,切片性不好;当水分添加量 $\geq 40\%$ 时,样品呈现出冰淇淋的状态,已无法切割。所以综合考虑从各因素,将水分的添加量定为20%。

2.2 正交试验

2.2.1 辅料添加量的确定

经过分析之前单因素试验的结果,选择四因素三水平  $L_9(3^4)$ 对辅料乳清浓缩蛋白、黄油、水进行正交试验,以终产品的感官评价为指标进行评价,结果如

表5所示。

表5  $L_9(3^4)$ 正交试验结果表

Table 5 The  $L_9(3^4)$  orthogonal experimental design and results

试验号	因素			感官评分
	A (黄油/%)	B (WPC/%)	C (水/%)	
1	10	4	10	79
2	10	6	20	87
3	10	8	30	72
4	15	4	20	90
5	15	6	30	76
6	15	8	10	80
7	20	4	30	70
8	20	6	10	78
9	20	8	20	85
$k_1$	79.33	79.67	79.00	80.00
$k_2$	82.00	80.33	87.33	79.00
$k_3$	77.67	79.00	72.67	80.00
极差	4.33	1.33	14.67	1.00

表6  $L_9(3^4)$ 实验方差分析表

Table 6 The variance analysis of the results of the  $L_9(3^4)$

来源	orthogonal test				
	SS	df	MS	F值	显著性
模型	356.00	6	59.33	59.333	0.02
截距	57121.00	1	57121.00	57121.00	0.00
A	28.67	2	14.33	14.33	0.07
B	2.67	2	1.33	1.33	0.43
C	324.67	2	162.33	162.33	0.01
误差	2.00	2	1.00		
总误差	57479.00	9			
纠偏总值	358.00	8			

由表6可以看出,黄油、乳清浓缩蛋白和水对感官评价的影响顺序是:水>黄油>乳清浓缩蛋白,且仅有水对感官评价具有显著影响。由表5可以看出,黄油应选择水平2,即15%;WPC应选择水平2,即6%;水应选择水平2,即20%,可知最优组合为  $A_2B_2C_2$ ,与理论上的最优组合不一致。按照试验所得最优组合进行重复试验,得到感官评分为92,与理论预测值较为接近。因此,最佳辅料配方为黄油15%;WPC6%;水20%。

2.2.2 最佳工艺参数的确定

本试验为确定最佳工艺参数,选择五因素四水平  $L_{16}(4^5)$ 进行正交试验,以终产品的溶胶系数为指标进行评价,结果如表7所示。

表 7 L<sub>16</sub>(4<sup>5</sup>) 正交试验结果表

Table 7 L<sub>16</sub>(4<sup>5</sup>) orthogonal experimental design and results

试验号	因素			空白		溶胶系数/%
	A(水浴温度/°C)	B(时间/min)	C[转速/(r/min)]	1	2	
1	70	3	600	1	1	45.22
2	70	5	800	2	2	45.65
3	70	7	1000	3	3	46.72
4	70	9	1200	4	4	46.60
5	80	3	800	3	4	50.68
6	80	5	600	4	3	52.57
7	80	7	1200	1	2	57.96
8	80	9	1000	2	1	58.11
9	90	3	1000	4	2	54.50
10	90	5	1200	3	1	53.42
11	90	7	600	2	4	57.68
12	90	9	800	1	3	56.98
13	100	3	1200	2	3	57.12
14	100	5	1000	1	4	57.51
15	100	7	800	4	1	60.43
16	100	9	600	3	2	61.02
k <sub>1</sub>	46.05	51.88	54.12	54.42	54.30	
k <sub>2</sub>	54.83	52.29	53.44	54.64	54.78	
k <sub>3</sub>	55.65	55.70	54.21	52.96	53.35	
k <sub>4</sub>	59.02	55.68	53.78	53.53	53.14	
极差	12.97	3.82	0.78	1.68	1.67	

表 8 方差分析表

Table 8 The table of variance analysis

方差来源	SS	df	MS	F 值	显著性
模型	0.05	9	0.01	43.73	0.00**
截距	4.73	1	4.73	36234.63	0.00**
A	0.05	3	0.02	118.83	0.00**
B	0.00	3	0.00	11.10	0.01*
C	0.00	3	0.00	1.25	0.37
误差	0.00	6	0.00		
总误差	4.78	16			
纠偏总值	0.05	15			

注: R Squared=0.963(Adjust R Squared=0.907), α=0.05。

由表 8 可以看出, 水浴温度、时间和转速对溶胶系数的影响顺序是: 水浴温度>时间>转速, 且水浴温度和时间对溶胶系数具有显著影响。由表 7 可以看出, 水浴温度应选择水平 4, 即 100 °C; 时间应选择水平 3, 即 7 min; 转速应选择水平 3, 即 1000r/min, 可知最优组合为 A<sub>4</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>, 与理论上的最优组合不一致。按照试验所得最优组合进行重复试验, 得到溶胶

系数为 60.31%, 与理论预测值较为接近。因此, 最佳条件为水浴温度 100 °C; 时间 7 min; 转速 1000 r/min。

2.3 再制干酪风味物质检测

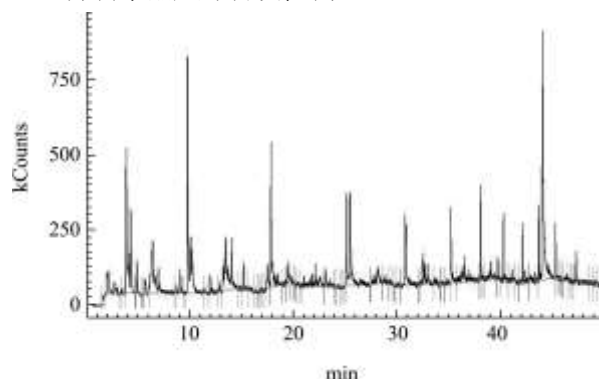


图 3 再制干酪挥发性物质总离子流图

Fig.3 Chromatogram of the total ion-current of volatile compounds of the processed cheese

表 9 再制奶酪中分离和鉴定出的挥发性化合物

Table 9 Volatile compounds identified in the GC-MS effluent of products for processed cheese

序号	保留时间/min	名称	相对含量/%
1	1.955	2-甲氧基乙醇	2.804
2	2.584	3-甲基戊烷	7.795
3	2.751	乙酸乙酯	5.37
4	3.29	环丙基甲基甲醇	1.926
5	4.129	2-羟基丙酸甲酯	25.1
6	4.726	1-庚烯-3-酮	4.861
7	6.331	丁酸	21.33
8	6.496	反-2-甲基环戊醇	1.231
9	8.874	3-甲基-6-羟基己内酯	7.785
10	9.611	2-庚酮	0.099
11	10.732	二甲基砷	7.712
12	12.573	苯甲醛	2.064
13	13.317	正己酸	1.543
14	13.493	酪氨酸乙酯	0.237
15	13.848	己酸乙酯	2.536
16	14.748	2,4-壬二烯醛	2.735
17	15.072	2-丁基-1-辛醇	1.991
18	17.469	2-癸酮	0.847
19	18.021	2-癸烯-1-醇	1.285
20	18.534	2-苯基乙醇	0.050
21	31.686	2,6-二叔丁基对甲酚	0.080
22	34.765	2,6-双(1, 1-二甲基)-4-(1-氧代丙基)苯酚	0.189
23	37.757	3,7,11-三甲基-1-十二醇	0.252

3 结论

3.1 通过本实验,得到 Mozzarella 再制干酪的基本配方为:成熟期为1个月和4个月的Mozzarella天然干酪以2:1混合,乳清浓缩蛋白6%,黄油15%,加水量20%,乳化水浴温度100℃,乳化时间7min,乳化转速1000 r/min。

3.2 再制奶酪共分离、鉴定出23种挥发性化合物,其中烃类1种,占7.8%;醇类7种,占9.56%;醛类2种,占4.81%;酮类3种,占5.82%;酸类2种,占22.91%;酯类5种,占41.1%;酚类2种,占0.269%及二甲基砷,占7.73%,挥发性化合物总含量为99.822 μg 等量壬烷/g再制干酪。其中含量最高的是酯类化合物,主要是乙酸乙酯、2-羟基丙酸甲酯、3-甲基-6-羟基己内酯、酪氨酸乙酯、己酸乙酯;其次酸类和醇类化合物;然后是酮类,其中2-庚酮的含量最高。

#### 参考文献

- [1] Fox P F. Fundamentals of cheese science [M]. Maryland: Aspen Publishers Inc., 2000
- [2] Fox P F, McSweeney P L H. Cheese: chemistry, physics and microbiology [M]. London: Academic Press, 2004
- [3] 李博勋,徐成勇,蒋士龙,等.我国再制奶酪的发展概况及产业化进程[J].中国乳业,2008,6:42-44
- [4] 孙旭,孔保华,郑冬梅.豆乳牛乳混合再制奶酪的加工[J].中国乳业,2006,8:48-50
- [5] 陈鹏,杨凯,尹艳军,等.含大豆分离蛋白的再制奶酪的研制[J].中国乳业,2006,8:45-47
- [6] SYLVIE M. Water-holding capacity and characterization of protein interactions in processed cheese [J]. Journal of dairy research, 1995, 62: 479-489
- [7] Laila B Abdel-Hamid, S A El-Shabrawy, R A Awad. Chemical Properties of Processed Ras Cheese Spreads as Affected by Emulsifying Salt [J]. Journal of Food Processing Preservation, 2002,24: 191-208
- [8] 冯文燕,尹长林,黄珊珊,等.非成熟 Mozzarella 干酪的品质研究[J].现代食品科技,2011,27(2):158-161
- [9] 武晗.影响涂抹型再制干酪无形的因素分析及新产品的开发[D].东北农业大学,2007
- [10] 季玲,刘会平,曹春玲,等.皮蛋风味物质的测定[J].现代食品科技,2012,28(2):233-236
- [11] Villasenor M J L, Valero E, Sanz J, et al. Analysis of volatile components of manchego cheese by dynamic headspace followed by automatic thermal desorption GC-MS [J]. Milchwissenschaft, 2000, 55(7): 378-386
- [12] Dirinck P. Flavour characterization and classification of cheese by gas chromatographic mass spectrometric profiling [J]. Journal of Chromatography, 1999,55(7): 203-208
- [13] Vakaleris DG. Effect of proteolysis of natural cheese on body and melting properties of pasteurized process cheese spread [J]. Journal of Dairy Science, 1964, 47: 592-595
- [14] Mleko S, Foegeding EA. Physical properties of rennet casein gels and processed cheese analogs containing whey proteins [J]. Milchwissenschaft, 2000,55: 513-516
- [15] VAN NLIET T, VAN DIJD HJM, ZOON P, et al. Relation between syneresis and rheological properties of particle gels [J]. Colloid and Polymer Science, 1991, 269: 620-627