



霉菌发酵型奶酪粉的制备工艺研究

汪建明, 马晓蕾, 卢星达

(食品营养与安全教育部重点实验室, 天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘要: 以液态奶为原料, 以卡地干酪青霉(*Penicillium candidum*)、娄地青霉(*Penicillium roquefo*)和雅致放射毛霉(*Actinomucor elegans*)为发酵菌种, 通过测定发酵奶的游离脂肪酸(free fat acid, FFA)和游离氨基酸(free amino acid, FAA)含量, 选出最佳发酵菌种为雅致放射毛霉。优化后的发酵条件为: 雅致放射毛霉接种量(按孢子数计) $1.94 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$, 在 29°C 、 95 r/min 下摇床培养4 d, 发酵奶中的游离脂肪酸和游离氨基酸分别为4.28%和0.37%。为了加速发酵奶中风味物质的形成, 继而对脂肪酶和蛋白酶水解发酵奶进行了单因素实验和正交实验, 确定最佳酶解条件为脂肪酶添加量为1.5%, 无水奶油添加量为12%; 蛋白酶添加量为0.15%, 大豆粉添加量为6%, 经 55°C 酶解8 h后发酵奶中的游离脂肪酸、游离氨基酸和脂解率分别为11.12%、1.12%和71.6%。在此条件下对水解产物进行喷雾干燥得到的霉菌发酵型奶酪粉水分含量9.71%, 蛋白质含量为29.21%, 粗脂肪含量27.23%, 基本与进口奶酪粉接近(水分含量7.35%, 蛋白质含量35.53%, 粗脂肪含量24.91%)。

关键词: 霉菌; 发酵; 酶解; 奶酪粉

中图分类号: Q93-335

文献标志码: A

文章编号: 1672-6510(2012)06-0015-06

Research on the Process of Mold Cheese Powder

WANG Jianming, MA Xiaolei, LU Xingda

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

Abstract: *Penicillium camemberti*, *Penicillium roqueforti* and *Actinomucor elegans* were selected to ferment milk. After culturing and determining the free fat acid and free amino acid, *Actinomucor elegans* was found to be the best ferment. Then the culturing conditions of *Actinomucor elegans* were studied. The results show that the optimum conditions are inoculation concentration is $1.94 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$, culturing time 4 days, temperature 29°C , and the speed of rocking device is 95 r/min . In these conditions, the FFA and FAA in the fermented milk are 4.28% and 0.37%. In order to accelerate the flavor formation, the effects of lipase and protease on fermented milk were also studied. The best enzymolysis conditions are the amount of lipase is 1.5%, anhydrous milk fat 12%, protease 0.15%, and soybean powder 6%. The FFA, FAA and lipolytic rate in the fermented milk, which was enzymolyzed 8 hours at 55°C , are 11.12%, 1.12% and 71.6%. The physicochemical property of the final product has been determined. The result is that the contents of water, fat and protein are 9.71%, 29.21% and 27.23% respectively, which are very close to those in the imported sample (water 7.35%, protein 35.53% and fat 24.91%).

Key words: mold; fermentation; enzymolysis; cheese powder

奶酪粉, 又称芝士粉。一般是以奶酪为原料, 直接搓碎或再制喷雾干燥成奶酪粉^[1]。目前在我国市场上所见到的奶酪制品依赖进口较多, 关于我国自有品牌的奶酪粉产品更是少之又少^[2]。本文研究的霉菌奶

酪粉主要分为前期应用霉菌作为发酵剂发酵复原乳和后期添加酶制剂酶解增香。文中选用常用前期发酵霉菌是卡地干酪青霉(*Penicillium candidum*)、娄地青霉(*Penicillium roquefo*)、雅致放射毛霉(*Actinom-*

收稿日期: 2012-02-24; 修回日期: 2012-09-05

基金项目: 天津市科技支撑计划重点项目(11ZCKFNC01800)

作者简介: 汪建明(1972—), 女, 新疆库尔勒人, 教授, wangjianming@tust.edu.cn.

ucor elegans). 后期酶解中酶制剂均为微生物来源产奶酪风味的商品酶, 主要作用就是加速脂肪和蛋白的降解, 增强奶酪香气^[3]. 通过这种发酵结合酶解的方法避免了传统干酪制作工艺中排乳清对原料的浪费和后熟过程耗时长长的缺点, 加速了风味物质的释放.

1 材料与方法

1.1 材料

雅致放射毛霉 (*Actinomucor elegans*), 天津科技大学微生物实验室保藏; 卡地干酪青霉 (*Penicillium candidum*)、娄地青霉 (*Penicillium roquefo*), 科汉森公司提供; 全脂乳粉(雀巢公司)、无水奶油(雀巢公司)、进口奶酪粉(卡夫公司)、20 000 U/g 脂肪酶(DSM 公司)、15 000 U/g 蛋白酶(DSM 公司)、大豆粉、卡拉胶、麦芽糊精、单甘脂、蔗糖酯, 均由山东济宁耐特食品公司提供; 其他试剂为国产分析纯.

YX280B 型手持式不锈钢蒸汽消毒器, 上海三申医疗器械有限公司; DHP-78 型电热恒温培养箱, 湖北黄石市医疗器械厂; pHB-1 型手持 pH 计, 杭州东星仪器设备厂; DGG-101-1 型电热鼓风干燥箱, 天津天宇机电有限公司; AB204-N 型电子分析天平, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; TZ-2AH 型台式恒温振荡培养箱, 北京沃德创意技贸有限责任公司; ZDHW 型调温电热套, 河北黄骅市中兴仪器有限公司; LSY-电热恒温水浴锅, 江苏常熟医疗器械厂; 凯式定氮装置, 上海新嘉电子有限公司; DJ1-90 型电动搅拌器, 天津河东利华仪器厂; GC/MS-4000 气相色谱-质谱联用仪, 日本岛津公司; FW80 型高速万能粉碎机, 天津泰斯特仪器有限公司; R-200.300 型手压封口机, 温州鹿城松山焊接设备厂.

1.2 奶酪粉的制备工艺

用全脂乳粉按照 15% 比例加水使其充分溶解后制得复原乳, 灭菌后接种雅致放射毛霉孢子液, 发酵培养一定时间后加入无水奶油、大豆粉、脂肪酶、蛋白酶搅拌酶解, 酶解后酶解液加入乳化剂, 经均质机均质后喷雾干燥得到成品.

1.3 测定方法

根据 GB/T 14489.3—1993 《油料中油的游离脂肪酸含量测定法》^[4] 测定游离脂肪酸的含量; 根据 GB/T 5009.39—2003 《酱油卫生标准的分析方法》^[5] 中甲醛值法测定氨基酸态氮的含量; 粗脂肪、蛋白质、水分含量分别按照索式抽提法^[6]、凯氏定氮法^[7]

和 ZBX 66025—1987 《食品安全国家标准食品中水分的测定》^[8] 进行测定; 游离氨基酸、游离脂肪酸和总脂肪分别按照茚三酮比色法^[9]、滴定法^[10]、索式抽提法^[11] 进行测定; 脂解率按照式(1)计算.

$$\text{脂解率} = \frac{\text{游离脂肪含量}}{\text{脂肪含量}} \times 100\% \quad (1)$$

SPME-GC/MS 分析风味物质^[12]. 样品处理: 取一定量奶酪水解样品, 加等量无水 Na_2SO_4 , 混合, 吸干水分, 放入试样瓶, 顶端插入 SPME 光纤, 于 50 °C 水浴 30 min, 进行 GC-MS 分析. 色谱条件: VF-5MS 分离柱 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm), 进样口温度 250 °C, 载气 He, 流量 1.0 mL/min. 程序升温: 33 °C 保持 3 min, 以 10 °C/min 升至 42 °C 后, 以 5 °C/min 升至 140 °C, 再以 18 °C/min 升至 240 °C, 保持 8 min. 质谱条件: 离子源温度 220 °C, 传输线温度 280 °C, 离子化模式 EI, 发射电流 10 μA, 电子能 70 eV, 扫描范围 43 ~ 500 m/z.

2 结果与讨论

2.1 霉菌筛选

不同霉菌及不同发酵时间对发酵奶中游离脂肪酸和游离氨基酸含量的影响如图 1 所示.

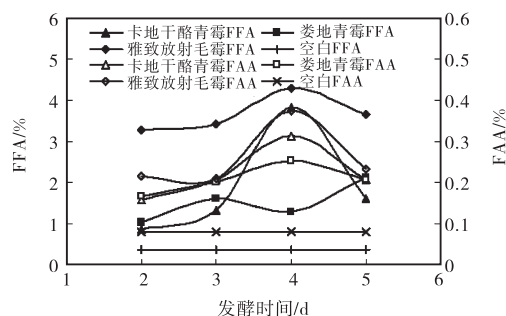


图 1 不同霉菌对发酵奶的 FFA 和 FAA 的影响

Fig. 1 Effect of different mold on FFA and FAA of fermented milk

从图 1 可以看出, 培养 4 d 的雅致放射毛霉发酵奶中的游离脂肪酸(FFA)、游离氨基酸(FAA)的含量均比另两种霉菌高, 分别为 4.28% 和 0.37%. 这是因为培养到第 4 天毛霉产脂肪酶和蛋白酶发挥了作用, 降解了复原乳中的乳脂和乳蛋白, 且降解程度要远高于卡地干酪青霉和娄地青霉. 毛霉脂肪酶和蛋白酶分解奶中的脂肪和蛋白质生成游离脂肪酸、游离氨基酸和多肽; 又由于毛霉蛋白酶是含有内肽酶和端肽酶的

复合酶,避免产生苦味,因此,确定雅致放射毛霉为最佳发酵菌种。

从表 1 中可以看出接种量(按孢子数计)小于 $1.94 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ 时发酵奶 FFA 和 FAA 的含量增大,其 FFA 和 FAA 含量均最高,分别为 4.28% 和 0.37%。由此可见,雅致放射毛霉的最佳接种量为 $1.94 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ 。

表 1 接种量对发酵奶 FFA 和 FAA 的影响

Tab. 1 Effect of inoculation concentration on FFA and FAA of fermented milk

| 接种量/ mL^{-1} | FFA/% | FAA/% |
|-----------------------|---------|---------|
| 1.94×10^4 | 1.521 7 | 0.129 2 |
| 1.94×10^5 | 2.884 3 | 0.163 5 |
| 1.94×10^6 | 4.282 2 | 0.371 6 |
| 3.88×10^6 | 3.376 8 | 0.286 8 |
| 5.82×10^6 | 3.102 9 | 0.242 8 |

表 2 脂肪酶酶解条件正交实验结果

Tab. 2 Orthogonal experiment results of lipase enzymolysis conditions

| 实验号 | 脂肪酶加酶量/% | 酶解温度/ $^{\circ}\text{C}$ | 酶解时间/h | 无水奶油添加量/% | 空列 | 游离脂肪酸含量/% |
|-------|----------|--------------------------|--------|-----------|-------|-----------|
| 1 | 2.0 | 60 | 8 | 5 | 1 | 9.12 |
| 2 | 2.0 | 40 | 10 | 12 | 2 | 7.51 |
| 3 | 2.0 | 50 | 6 | 15 | 3 | 10.43 |
| 4 | 2.0 | 45 | 4 | 20 | 4 | 5.63 |
| 5 | 1.5 | 60 | 10 | 15 | 4 | 8.77 |
| 6 | 1.5 | 40 | 6 | 20 | 3 | 5.30 |
| 7 | 1.5 | 50 | 6 | 5 | 2 | 6.34 |
| 8 | 1.5 | 45 | 4 | 12 | 1 | 7.76 |
| 9 | 0.5 | 60 | 8 | 5 | 2 | 6.47 |
| 10 | 0.5 | 40 | 6 | 12 | 1 | 5.01 |
| 11 | 0.5 | 50 | 4 | 20 | 4 | 8.41 |
| 12 | 0.5 | 45 | 8 | 15 | 3 | 5.09 |
| 13 | 2.5 | 60 | 10 | 12 | 3 | 8.30 |
| 14 | 2.5 | 40 | 6 | 5 | 4 | 6.74 |
| 15 | 2.5 | 50 | 10 | 20 | 1 | 8.87 |
| 16 | 2.5 | 45 | 8 | 15 | 2 | 7.66 |
| k_1 | 8.172 | 8.164 | 7.621 | 6.819 | 7.687 | |
| k_2 | 7.042 | 6.139 | 7.558 | 7.994 | 6.994 | |
| k_3 | 6.244 | 8.511 | 7.849 | 7.965 | 7.278 | |
| k_4 | 7.889 | 6.532 | 6.318 | 6.567 | 7.387 | |
| R | 1.928 | 2.372 | 1.531 | 1.427 | 0.693 | |

表 3 脂肪酶酶解条件方差分析表

Tab. 3 Variance analysis of lipase enzymolysis conditions

| 因素 | 偏差平方和 | 自由度 | F 比 | F 临界值 | 显著性 |
|---------|--------|-----|--------|-------|-----|
| 加酶量 | 9.142 | 3 | 9.291 | 9.28 | * |
| 温度 | 16.570 | 3 | 16.839 | 9.28 | * |
| 时间 | 5.723 | 3 | 5.816 | 9.28 | |
| 无水奶油添加量 | 6.749 | 3 | 6.859 | 9.28 | |
| 空列 | 0.984 | 3 | 1.000 | 9.28 | |
| 误差 | 0.98 | 3 | | 9.28 | |

2.2 发酵时间对发酵奶成分的影响

从图 1 中可以看出培养第 4 天,发酵奶的 FFA 和 FAA 含量均最高,分别为 4.28% 和 0.37%。由此可见,发酵 4 d 为最佳。

2.3 发酵奶脂肪酶酶解条件的优化

根据单因素实验确定脂肪酶加酶量、酶解温度、酶解时间和无水奶油添加量为主要考察因素进行正交实验,以确定脂肪酶酶解发酵奶的最佳条件。观测指标为游离脂肪酸含量, $L_{16}(4^4)$ 正交实验结果见表 2, 方差分析见表 3。

由表 3 可知,加酶量和酶解温度为显著影响因素,而酶解时间和无水奶油添加量的影响不明显。因此要获得脂肪酶水解的最佳工艺,就要优化加酶量和酶解温度这两个工艺。结果表明,脂肪酶水解的最佳工艺条件:加酶量为 2%,酶解温度为 50°C ,酶解时间为 6 h,无水奶油添加量为 12%。

2.4 发酵奶蛋白酶酶解条件的优化

根据单因素实验确定蛋白酶加酶量、酶解温度、酶解时间和大豆粉添加量为主要考察因素,进行正交实验,以确定蛋白酶水解发酵奶的最佳条件。观测指标是游离氨基酸含量, $L_{16}(4^4)$ 正交实验结果见表 4, 方差分析见表 5。

由表 5 可知,酶解时间和酶解温度为显著影响因素,而加酶量和大豆粉添加量的影响不是很显著。蛋

白酶水解的最佳工艺条件: 加酶量为 0.1%, 酶解温度为 55 °C, 酶解时间为 6 h, 大豆粉添加量为 8%.

表 4 蛋白酶酶解条件正交实验结果

Tab. 4 Orthogonal experiment results of protease enzymolysis conditions

| 实验号 | 蛋白酶加酶量/% | 酶解温度/°C | 酶解时间/h | 大豆粉添加量/% | 空列 | 游离氨基酸含量/% |
|-------|----------|---------|--------|----------|-------|-----------|
| 1 | 0.05 | 55 | 10 | 6 | 1 | 0.88 |
| 2 | 0.05 | 45 | 6 | 4 | 2 | 0.88 |
| 3 | 0.05 | 50 | 8 | 10 | 3 | 0.70 |
| 4 | 0.05 | 60 | 4 | 8 | 4 | 0.87 |
| 5 | 0.20 | 55 | 6 | 10 | 4 | 0.99 |
| 6 | 0.20 | 45 | 10 | 8 | 3 | 0.89 |
| 7 | 0.20 | 50 | 4 | 6 | 2 | 0.70 |
| 8 | 0.20 | 60 | 8 | 4 | 1 | 0.99 |
| 9 | 0.15 | 55 | 8 | 8 | 2 | 1.27 |
| 10 | 0.15 | 55 | 4 | 10 | 1 | 0.90 |
| 11 | 0.15 | 45 | 10 | 4 | 4 | 0.70 |
| 12 | 0.15 | 50 | 6 | 6 | 3 | 1.17 |
| 13 | 0.10 | 40 | 4 | 4 | 3 | 0.83 |
| 14 | 0.10 | 55 | 8 | 6 | 4 | 1.14 |
| 15 | 0.10 | 45 | 6 | 8 | 1 | 0.72 |
| 16 | 0.10 | 50 | 10 | 10 | 2 | 0.91 |
| k_1 | 0.834 | 0.992 | 0.847 | 0.973 | 0.874 | |
| k_2 | 0.892 | 0.952 | 0.940 | 0.850 | 0.939 | |
| k_3 | 1.011 | 0.707 | 1.023 | 0.877 | 0.901 | |
| k_4 | 0.901 | 0.986 | 0.828 | 0.939 | 0.925 | |
| R | 0.177 | 0.285 | 0.195 | 0.123 | 0.065 | |

表 5 蛋白酶酶解方差分析表

Tab. 5 Variance analysis of protease enzymolysis conditions

| 因素 | 偏差平方和 | 自由度 | F 比 | F 临界值 | 显著性 |
|--------|-------|-----|--------|-------|-----|
| 加酶量 | 0.066 | 3 | 6.600 | 9.28 | |
| 温度 | 0.221 | 3 | 12.100 | 9.28 | * |
| 时间 | 0.097 | 3 | 9.700 | 9.28 | * |
| 大豆粉添加量 | 0.038 | 3 | 3.800 | 9.28 | |
| 空列 | 0.010 | 3 | 1.000 | 9.28 | |
| 误差 | 0.11 | 3 | | 9.28 | |

2.5 脂肪酶和蛋白酶共同酶解发酵奶

在研究了脂肪酶、蛋白酶酶解过程之后, 研究脂肪酶和蛋白酶共同作用发酵奶. 由于在正交实验中出现大豆粉的添加量过大导致豆腥味浓重, 在后续实验中降低大豆粉添加量. 脂肪酶的添加量远远大于蛋白酶的添加量, 但脂肪酶的酶解过程对整个液体环境的 pH 影响较大, pH 下降对蛋白酶酶解造成抑制作用, 因此在表 5 中对脂肪酶与蛋白酶添加量进行调整, 降低脂肪酶添加量, 增大蛋白酶添加量, 并延长酶解时间, 从而找到最佳的酶解时间. 通过测定反应后溶液中游离脂肪酸、游离氨基酸的含量和脂解率, 为进行样品风味分析打好基础. 实验同时添加脂肪酶、蛋白酶、无水奶油、大豆粉, 方案见表 6.

表 6 脂肪酶和蛋白酶共同酶解发酵奶的实验方案

Tab. 6 Experimental programs of lipase and protease enzymolysis of fermented milk

| 编号 | 无水奶油/% | 大豆粉/% | 脂肪酶/% | 蛋白酶/% | 时间/h | 温度/°C |
|----|--------|-------|-------|-------|------|-------|
| 1 | 12 | 6 | 1.0 | 0.15 | 6 | 55 |
| 2 | 12 | 6 | 1.5 | 0.10 | 8 | 55 |
| 3 | 12 | 6 | 1.5 | 0.20 | 8 | 50 |
| 4 | 12 | 6 | 1.5 | 0.15 | 8 | 55 |
| 5 | 12 | 6 | 2.0 | 0.15 | 8 | 55 |

在 5 个实验方案中, 4 号方案为最佳方案(表 7), 即脂肪酶添加量为 1.5%, 蛋白酶添加量 0.15%, 无水奶油添加量 12%, 大豆粉添加量 6%, 酶解温度 55 °C, 酶解时间 8 h, 产生的 FFA 为 11.12%, FAA 为 1.12%, 脂解率为 71.6%.

表 7 不同方案发酵奶的 FFA 和 FAA

Tab. 7 FFA and FAA fermented milk of different experimental programs

| 方案编号 | FFA/% | FAA/% |
|------|----------|---------|
| 1 | 10.225 1 | 0.922 1 |
| 2 | 10.412 5 | 0.976 8 |
| 3 | 11.033 7 | 1.104 1 |
| 4 | 11.115 8 | 1.123 7 |
| 5 | 10.276 6 | 1.112 8 |

2.6 感官评价

实验组织一个 8 人评价小组对霉菌奶酪粉的颜色、质地、干酪气味、风味和咸度作感官评价. 并与某品牌进口奶酪粉进行比较, 评价结果见表 8. 从表 8 看出: 本实验制备的霉菌发酵型奶酪粉在气味和风味上较好, 具有浓郁的奶酪香味和风味, 比较受欢迎, 但是在颜色和质地和咸度上不够理想, 产品的颜色被认为是黄色略有偏深的颜色, 颜色不均匀, 而进口奶

酪粉的颜色为奶酪粉独特的浅黄色, 颜色均一; 实验产品的质地较不理想, 细腻度不够好, 有大颗粒, 不均匀, 说明干燥不够充分使得奶酪粉结块, 而该品牌进口奶酪粉很细腻很均匀; 在咸度上, 实验制备的奶酪粉比进口奶酪粉略咸, 但是还是能够接受. 因此总的来说, 实验产品在风味上较理想而在外观上需要进一步的研究改进.

表 8 霉菌发酵型奶酪粉与某品牌进口奶酪粉的感官评价结果

Tab. 8 Sensory evaluation results of mold cheese powder and the imported cheese powder

| 编号 | 颜色 | | 质地 | | 奶酪气味 | | 风味 | | 咸度 | |
|----|------|----|--------|-----|------|-------|-------|-------|-----|----|
| | 霉菌 | 进口 | 霉菌 | 进口 | 霉菌 | 进口 | 霉菌 | 进口 | 霉菌 | 进口 |
| 1 | 黄 | 浅黄 | 较细腻 | 很细腻 | 浓 | 适中 | 奶酪味浓 | 奶酪味较浓 | 稍偏咸 | 较好 |
| 2 | 浅黄 | 浅黄 | 细腻不均匀 | 很细腻 | 浓 | 较浓 | 有奶酪味 | 有奶酪味 | 适中 | 适中 |
| 3 | 黄 | 浅黄 | 有大颗粒分散 | 较细腻 | 较浓 | 适中 | 奶酪味适中 | 适中 | 较咸 | 较好 |
| 4 | 黄 | 浅黄 | 细腻略有结块 | 细腻 | 较浓 | 浓 | 有奶酪味 | 奶酪味中 | 适中 | 好 |
| 5 | 略棕黄 | 浅黄 | 细腻 | 细腻 | 适中 | 有奶酪香气 | 奶酪味较好 | 奶酪味较好 | 稍咸 | 较好 |
| 6 | 黄 | 浅黄 | 较细腻 | 较细腻 | 浓 | 浓 | 奶酪味很好 | 奶酪味较好 | 较好 | 较好 |
| 7 | 黄 | 浅黄 | 细腻 | 细腻 | 浓郁 | 浓 | 奶酪味适中 | 奶酪味较中 | 较好 | 较好 |
| 8 | 略偏深黄 | 浅黄 | 较细腻 | 较细腻 | 较浓 | 较浓 | 奶酪味浓 | 奶酪味很浓 | 适中 | 好 |

2.7 风味物质的测定

对样品的理化性质进行测定, 测定结果为水分含量为 9.71%, 蛋白质含量为 29.21%, 粗脂肪含量为 27.23%, 基本与进口奶酪粉相近(水分含量 7.35%, 蛋白质含量 35.53%, 粗脂肪含量 24.91%).

本实验利用顶空固相微萃取和 GC-MS 联用技术对霉菌发酵型奶酪粉进行风味物质的测定. 测定结果见表 9.

表 9 霉菌发酵型奶酪粉与进口奶酪粉主要风味物质及含量的比较

Tab. 9 Flavor and content comparison of mold cheese powder and imported cheese powder

| 主要风味物质 | 霉菌发酵型奶酪粉/% | 进口奶酪粉/% |
|--------|------------|---------|
| 辛酸 | 3.089 | 3.426 |
| 辛酸乙酯 | 5.168 | 4.112 |
| 正癸酸 | 8.470 | 5.207 |
| 9-癸烯酸 | 3.912 | 1.224 |
| 癸酸乙酯 | 16.92 | 5.213 |
| 月桂酸 | 3.577 | 1.485 |
| 十三烷酸乙酯 | 18.57 | 5.127 |
| 蓖麻油酸 | 2.493 | 1.135 |
| 十四烷酸乙酯 | 8.457 | 4.533 |
| 棕榈酸乙酯 | 3.442 | 3.147 |

由表 9 可看出, 表中的酯类物质构成奶酪粉风味的增强剂与文献报道相同^[13]. 两种奶酪粉中的风味

物质种类相似, 但是含量明显不同. 霉菌发酵型奶酪粉的风味物质含量明显高于进口奶酪粉. 造成这个差别可能有两个原因: 加工工艺不同, 霉菌发酵型奶酪粉直接在发酵液态奶中加入霉菌振荡发酵, 这样使发酵更充分; 使用的酶制剂不同, 本实验使用的酶制剂是微生物酶制剂^[14], 专门用来酶解底物产生奶酪风味. 实验在经过系列单因素和正交实验后, 确定了最佳的水解工艺条件. 在这个工艺条件下进行酶解, 使得水解产物充分生成游离脂肪酸和游离氨基酸.

3 结论

本实验以卡地干酪青霉、娄地青霉和雅致放射毛霉作为发酵菌种, 通过培养后测定其游离脂肪酸(FFA)和游离氨基酸(FAA)含量, 以此为指标并结合感官评定选出最佳发酵菌种为雅致放射毛霉. 以雅致放射毛霉为菌种的最佳发酵条件是接种量(按孢子数计)为 $1.94 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$, 29°C 、 95 r/min 摇床培养 4 d.

在酶制剂酶解发酵奶的单因素实验基础上, 通过正交实验对酶解条件进行优化的最佳工艺条件是脂肪酶的添加量 1.5%, 蛋白酶添加量 0.15%, 无水奶油

添加量 12%,大豆粉添加量为 6%,酶解温度 55℃,酶解时间 8 h. 酶解后游离脂肪酸含量为 11.12%,游离氨基酸含量 1.12%,脂解率 71.6%.

经感官评定,本实验样品的风味与进口奶酪粉相近,外观色泽上需要改进. 本实验对样品的理化性质进行测定,测定结果为水分 9.71%,蛋白质 29.21%,粗脂肪 27.23%,基本与进口奶酪粉相近.

参考文献:

- [1] 汪建明,李秉业,马凤艳. 奶酪风味剂的研究与开发[J]. 中国食品添加剂,2008(S1):171-177.
- [2] 周圣伟,汪建明. 我国干酪市场需求与供给的影响因素分析[J]. 食品与发酵工业,2004,30(7):93-97.
- [3] 王泽昆,汪建明,孙杰. 打造中国干酪产品市场[J]. 中外食品,2004,7:18-19.
- [4] 全国粮油标准化技术委员会. GB/T 14489.3—1993 油料中油的游离脂肪酸含量测定法[S]. 北京:中国标准出版社,1993.
- [5] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.39—2003 酱油卫生标准的分析方法[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [6] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.6—2003 食品中脂肪的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [7] 全国食品工业标准化技术委员会. GB/T 14771—1993 食品中蛋白质的测定方法[S]. 北京:中国标准出版社,1993.
- [8] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.3—2010 食品安全国家标准食品中水分的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2010.
- [9] 邵金良,黎其万,董宝生,等. 茚三酮比色法测定茶叶中游离氨基酸总量[J]. 中国食品添加剂,2008(2):162-165.
- [10] 中华人民共和国国家出入境检验检疫局. SN/T 0801.19—1999 进出口动植物油脂 游离脂肪酸和酸价检验方法[S]. 北京:中国标准出版社,1999.
- [11] 中华人民共和国商业部. GB/T 5009.6—2003 食品安全国家标准食品中脂肪的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [12] 张国农,顾敏锋,李彦荣,等. SPME-GC/MS 测定再制干酪中的风味物质[J]. 中国乳品工业,2006(9):52-56.
- [13] Singh T K, Drake M A, Cadwallader K R. Flavor of cheddar cheese: A chemical and sensory perspective[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2003, 2(4): 166-189.
- [14] Kirby C J, Brooker B E, Law B A. Accelerated ripening of cheese using liposome-encapsulated enzyme[J]. International Journal of Food Science and Technology, 1987, 22: 355-375.

责任编辑: 郎婧