

中温发酵酸乳的挥发性风味成分 与感官特性的研究

赵建新¹, 陈洁¹, 田丰伟¹, 陈卫¹, 张灏²

(1. 江南大学食品学院, 江苏无锡 214122;

2. 食品科学与技术国家重点实验室, 江苏无锡 214122)

摘要:通过正交实验研究了球杆菌比例、全脂乳浓度、发酵终点以及蔗糖添加量对中温发酵酸乳的感官和挥发性风味成分的影响。以九个不同工艺配方为研究对象, 采用描述分析感官评价法和固相微萃取结合动态顶空方法对酸乳的感官评价值和风味成分进行测定, 并运用主成分分析法和偏最小二乘分析法得到感官结果和仪器测定结果的相关性。结果表明: 球杆菌比例和全脂乳浓度是影响酸乳风味和挥发性风味成分的重要因素。偏最小二乘回归分析得到3种气味、3种滋味和2种余味与挥发性成分、乳酸和柠檬酸量的相关性。

关键词:中温发酵酸乳, 风味, 描述性感官评价法, 主成分分析, 偏最小二乘回归分析

Study on sensory attributes and volatile flavoured compounds of middle-temperature fermented yogurts

ZHAO Jian-xin¹, CHEN Jie¹, TIAN Feng-wei¹, CHEN Wei¹, ZHANG Hao²

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Wuxi 214122, China)

Abstract: The effect of different factors (including the ratio of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus*, concentrations of whole milk powder, final acidity and addition of sucrose) on the sensory and volatile compounds profiles of middle-temperature fermented yoghurt was investigated according to the orthogonal statistical design test. The organoleptic quality was evaluated by descriptive sensory analysis. The flavour profile was analyzed by a SPME-GC-MS method. Relationships between flavour attributes and the volatile composition of middle-temperature fermented yogurts were determined by principle component analysis (PCA) and partial least square regression analysis (PLSR). Results showed that the ratio of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* and concentrations of whole milk powder were major factors which influencing sensory and volatile compounds characteristics of yogurt. Using PLSR, three odour and three flavour and two aftertaste attributes were found to be correlate with subsets of volatile compounds, which including lactic acid and citric acid compositional constituents.

Key words: middle-temperature fermented yogurt; flavour; descriptive sensory analysis; principle component analysis; partial least square regression analysis

中图分类号: TS252.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2008)012-0069-05

原味酸乳具有微弱但很特殊的风味, 其风味受非挥发性物质和香气影响。Taminme 和 Deeth^[1]认为乙醛、2,3-丁二酮、乙偶姻和丙酮是酸乳的主要风味物质。Rash 认为酸度对酸乳的风味非常重要。

Imhof 等^[2]通过比较挥发性成分的风味阈值, 提出2,3-丁二酮、2,3-戊二酮、二甲基硫化物和安息香醛是酸乳重要的挥发性风味成分。Out 等^[3]通过气相色谱-嗅探装置比较鲜牛乳和酸乳风味成分的差异, 表明酸乳风味是牛乳中的挥发性物质与发酵后产生的挥发性物质的叠加, 而乙醛、2,3-丁二酮、2,3-戊二酮是酸乳发酵后增加比较显著的成分。目前, 高温短时间发酵的酸乳存在酸味不够柔和, 风味不够浓郁, 后酸化过强等问题。因此, 消费者对低酸性、风味柔和的酸乳表现出偏爱^[3]。本实验采用正交方法研究不同的球杆菌比例、全脂乳浓度、发酵终点以及

收稿日期: 2008-04-11

作者简介: 赵建新(1971-), 男, 副教授, 在职博士研究生, 从事食品微生物学的研究。

基金项目: 国家科技部(863)计划(2006AA102345); 江苏省高新技术科技计划项目(BG2007338)。

蔗糖添加量对中温发酵酸乳的感官特性和挥发性风味成分的影响;并运用主成分分析(PCA)和偏最小二乘回归分析法(PLSR1)分析感官评定值与仪器测定值之间的关系。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

嗜热链球菌 SH1、保加利亚乳杆菌 LH4 由江南大学食品学院微生物研究室提供;巴氏灭菌乳 无锡光明乳品有限公司产;脱脂乳粉 新西兰产;蔗糖 市售食品级;菌种活化培养基 将脱脂乳粉用纯净水复原成 12% (w/v) 的脱脂乳,65℃ 保温 0.5h,使蛋白质充分复水后分装,115℃ 灭菌 10min;2,3-丁二酮 纯度≥95%,购自 Aldrich 公司;乳酸、柠檬酸、乙醛等 为国产分析纯。

冷冻离心机 (Universal 32R) 德国 HETTICH 公司;HP1050 高效液相色谱仪、气质联用仪 GC-2000/Trace 美国 FINNIGAN 公司;其余为实验室常用设备。

1.2 实验方法

1.2.1 酸乳加工工艺 鲜奶加糖溶解后均质 (20MPa,65℃),然后在 90℃ 保温 5min 杀菌,降温到 35℃ 时以 3% (v/v) 接种,混匀,在 35℃ 保温发酵,凝乳后,4℃ 冷藏 24h 得成品。

1.2.2 乳酸、柠檬酸的测定 样品前处理:5g 酸乳样品,加入 5mL 2% 草酸溶液,混匀后 6440 × g 离心 30min,取上清液,经 0.45μm 微孔滤膜过滤,取 10μL 滤液上样进行分析。高效液相色谱条件:Supelcosil TM LC-18-DB (4.6mm × 250mm,5μm) 反相色谱柱,流动相为 0.05% H₃PO₄/甲醇 (97:3, v/v);检测器波长 210nm,流速 1mL/min,外标法定量。酸度测定按照 GB/T5009.46-1996^[4] 进行,测定 3 次取平均值。

1.2.3 挥发性风味物质测定

1.2.3.1 风味物质提取 采用固相微萃取法进行风味成分的提取。将老化后的 75μm Car/PDMS 萃取头插入密封的萃取瓶内,萃取头暴露在瓶内样品上部的顶空中,于 50℃ 吸附 30min。

1.2.3.2 气谱条件 毛细管柱为 PEG-20M 柱 (30m × 0.25mm, 0.25μm),载气为氦气,进样口温度 240℃,平衡时间 0.25min,不分流时间为 2min,柱流速为 2mL/min,分流比为 10:1,采用三阶段阶梯式程序升温,初始温度 40℃,保持 3.5min,第一升温阶段

从 40~50℃,升温速率 4℃/min,第二阶段从 50~120℃,升温速率 6℃/min,第三阶段从 120~230℃,升温速率 10℃/min,并于 250℃ 保留 7min。

1.2.3.3 质谱条件 离子化方式为 EI⁺,发射电流 200μA,电子能量 70eV,接口温度 250℃,离子源温度 200℃,质量扫描范围为 33~400m/z,检测电压 350V。

1.2.3.4 测定 利用计算机比较样品和 MAINLIB、NISTDEMO、REPLIB、WILLEY 四个标准谱库的质谱数据,进行成分鉴定,风味组分峰面积采用归一化处理,求得各挥发性物质的相对质量分数,2,3-丁二酮和乙醛外标法定量。

1.2.4 感官评价方法 选择有多年酸乳食用经验,并定期进行酸乳感官评价训练的人员 12 人,描述的对酸乳感官评价方法参考 Andreas Ott^[5],分别从气味、滋味、余味进行评价,见表 1。评价前进行 2h 讨论,对评价词进行确认,为避免感官疲劳,9 份样品随机分三部分进行评定,间隔 0.5h,以十点标度进行评价,不存在为 0,非常显著为 10。

表 1 中温发酵酸乳风味描述^[5]

气味	滋味	余味
奶香味	奶油味	持久
典型酸奶味	酸味	酸味
牛奶发酸味	甜味	涩味
尖酸味	涩味	苦味
		奶香味

1.2.5 实验设计和数据分析方法 本实验设计了 4 因素 3 水平 L₉(3⁴) 正交实验,见表 2。反映酸乳质量高低的指标主要有酸乳挥发性风味物质、柠檬酸量、乳酸量和样品的感官评分。

采用 SAS for Windows^[6] 统计软件对感官进行评价,对挥发性风味成分进行主成分分析(PCA)。偏最小二乘回归分析法(PLSR1)分析采用 Unscrambler 9.6^[7] 统计分析软件处理^[8,9]。所有数据处理前进行标准化(1/SD)。对于 PLS1 回归,自变量为挥发性风味物质含量,因变量为感官评价值。利用参数可靠性(jack-knife)^[10] 和预测能力(RMSEP)选择最终 PLSR1 模型。

2 结果与讨论

2.1 描述性风味分析

将酸乳感官评价指标进行主成分分析,前 4 个主成分的累计贡献率达 91.4%,前 2 个主成分累计贡献率可达 72.1%。主成分 1 主要与奶油味、甜味、余

表 2 L₉(3⁴) 正交实验因素及水平设计

水平	因素			
	A 菌株比例(球:杆)	B 全脂乳浓度(%)	C 发酵终点酸度(°T)	D 砂糖含量(%)
1	1(1:2)	1(10)	1(75)	1(6)
2	1	2(12)	2(85)	2(7)
3	1	3(14)	3(95)	3(8)
4	2(1:1)	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3(2:1)	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

表3 感官特性评定的极差分析结果

感官评价指标	最小值~最大值	菌株比例	全脂乳浓度	发酵终点酸度	砂糖含量
气 味	奶香味	2.42~3.75	2.53*	1.17	0.47
	典型酸奶味	3.42~4.33	1.68*	0.67	0.31
	牛奶发酸味	0.83~1.45	0.95*	0.42	0.12
	尖酸味	0.08~0.25	0.18	0.25	0.18
风 味	奶油味	2.67~4.83	1.49	4.50*	1.07
	酸味	4.17~6.05	0.75	3.25*	3.00
	甜味	3.08~5.67	0.34	3.33	2.58
	涩味	0.58~0.92	0.15	0.58*	0.32
余 味	持久	3.67~4.83	0.55	1.78*	1.33
	酸味	3.12~5.54	2.24	3.00	1.58
	涩味	0.51~1.02	0.14	0.58	0.81*
	苦味	0.35~0.17	0.17	0.09	0.25*
	奶香味	2.08~4.42	2.03	4.25*	0.08

注：“*”代表主要影响因素；感官评价值为算术平均值。

味持久性和奶香味余味正相关，与酸味、尖酸味负相关；主成分2主要与奶香味、典型酸奶味正相关。

根据图1可知，主成分1区分了样1和样3、样7。样3奶油味浓郁，较甜，余味持久，并具有奶香余味；样1和样7较酸，具有涩味，与奶油味和甜味相反。主成分2区分了样2、样8、样9和样1。样8和样9奶香味较浓，不太酸，具有典型酸奶香味和奶香余味；样8奶油味较大。从主成分3(未附图)可知，样4具有尖酸味，样5较酸，余味较强。

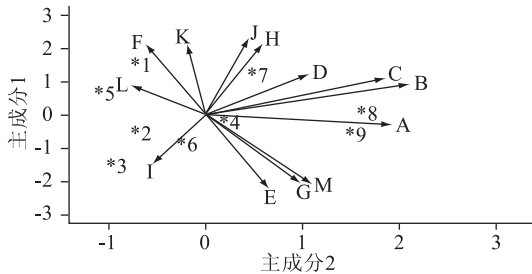


图1 中温发酵酸乳样品感官评价指标主成分图

注：图中1~9分别代表正交实验样品号1~9；

A:奶香味;B:典型酸奶味;C:发酸牛奶味;D:尖酸味;
E:奶油滋味;F:酸味;G:甜味;H:涩味;I:持久余味;
J:酸味余味;K:涩味余味;L:苦味余味;M:奶香余味。

由表3和图1可以看出：球杆菌比例对酸乳的奶香香味、典型酸乳香味、发酸牛奶味有显著影响。随球菌比例增大，奶香味、典型酸奶香味、发酸牛奶香味逐渐增大，如样8和样9球杆菌比例大(2:1)的酸乳样品的奶香味最大，典型酸乳香味最浓。嗜热链球菌能产生乙醛、2,3-丁二酮、乙偶姻等具有奶油味的风味物质，因此奶香味和酸乳味随球菌比例增加而更强。

全脂乳浓度对尖酸气味、奶油味、酸味和收敛味、持久余味、奶香余味有显著影响。随全脂乳浓度增加，奶油风味和奶香余味增加，尖酸气味和酸味、涩味减少。如样1、样4和样7全脂乳浓度最低(100g/kg)的酸乳样品较酸，并带有涩味；而样3全脂乳浓度最高(140g/kg)的样品奶油味和奶香余味浓郁；全脂乳浓度为中等水平(120g/kg)时，持久味最大，如样5和样8。

发酵终点对尖酸余味和苦味余味有显著影响，发酵终点酸度为85°T时，涩味余味和苦味余味最小，如样2和样4。砂糖含量对甜味和酸味余味有显著影响，随砂糖量增加，甜味增加，酸味余味减少。

2.2 酸乳挥发性风味物质分析

酸乳的香气和风味主要源于非挥发性酸、挥发性酸和羰基化合物^[11]。羰基化合物主要包括乙醛、丙酮、3-羟基丁酮、丁二酮。酸乳的香气是乙醛和其它一些未鉴定出的化合物存在的结果。挥发性酸主要为甲酸、乙酸和丁酸；非挥发性酸主要为乳酸和柠檬酸。

将挥发性风味物质进行主成分分析，前4个主成分的累计贡献率达87.1%，前2个主成分累计贡献率可达61.4%。主成分1主要与有机酸(丁酸、辛酸、己酸等)正相关，与羰基类化合物(乙醛、丙酮、3-甲基-2-丁醛、2-十一酮等)负相关。

根据图2可知，主成分1区分了样6与样4，样4的3-甲基-2-丁醇、乙酸丁酯、乙酸、2-十一酮含量最多；样6的短链有机酸(癸酸、安息香酸、辛酸、丁酸、己酸)含量较多。主成分2区分了样1、样3、样7与样2、样8、样9，样1和样3柠檬酸、乳酸含量最多，样7的2,3-丁二酮含量和乙醛含量较多，因此样7最具有典型酸乳香味；样2、样8和样9的2,3-戊二酮、糠醛、2-呋喃甲醇、3-羟基-2-丁酮、2-壬酮含量较多。糠醛、2-呋喃甲醇是乳糖的代谢产物，具有坚果风味^[12]。因此，样2、样8和样9奶香味和奶香余味较浓，风味较浓郁。

由表4和图2可以看出，菌株比例对酸乳的柠檬酸量和乳酸量有显著影响，随球菌比例增加，柠檬酸量和乳酸量逐渐减少。如样1和样3球杆菌比例低(1:2)的样品的柠檬酸和乳酸含量最多；样8和样9球杆菌比例高(2:1)的样品的柠檬酸和乳酸含量最少。

全脂乳浓度对酸乳的乙醛、丙酮、2,3-戊二酮、3-甲基-2-丁醛、乙酸含量有显著影响。全脂乳浓度最低(10%)时，2,3-丁二酮含量最大；随全脂乳浓度增加，乙醛、丙酮、3-甲基-2-丁醛、乙酸含量逐渐减少，如全脂乳浓度最低(10%)的样4的3-甲基-2-

表4 主要挥发性风味物质和乳酸、柠檬酸含量的极差分析

	最小值~最大值	菌株比例	全脂乳浓度	发酵终点酸度	砂糖含量
柠檬酸	0.14~0.59 (mg/mL)	0.61 *	0.57	0.17	0.19
乳酸	1.18~5.35 (mg/mL)	5.72 *	4.36	2.44	1.08
乙醛	2.70~36.20 (μg/g)	14.84	74.36 *	17.20	10.37
2,3-丁二酮	0.10~0.20 (μg/g)	0.17	0.25	0.23	0.03
丙酮	1.89~16.2	13.15	29.85 *	6.89	7.14
2,3-戊二酮	0.60~2.10	0.18	3.29 *	0.43	1.26
3-甲基-2-丁醛	0.12~11.01	11.44	11.58 *	11.19	11.32
3-羟基-2-丁酮	1.50~15.20	13.99	18.88	21.00 *	10.92
乙酸	4.60~15.70	6.97	15.94 *	13.03	9.56
丁酸	1.12~12.80	12.77	11.94	8.62	14.01 *
己酸	1.50~20.12	18.50	21.16	15.59	21.80 *

注：“*”代表主要影响因素；丙酮等最大和最小值为检出物峰面积占总峰面积的百分含量。

表5 感官评价值(Y轴)和挥发性风味物质含量、乳酸量和柠檬酸量(X轴)偏最小二乘回归分析

风味特征	正相关	负相关	Cal	Val	RMSEP
奶香味	2,3-戊二酮、2-呋喃甲醇	乳酸、月桂酸*、2-壬酮	0.83	0.57	0.31
典型酸奶奶味	乙醛*、3-羟基-2-丁酮、糠醛	柠檬酸*、乳酸*	0.87	0.80	0.15
尖酸味	乙醛*、丙酮、 3-羟基-2-丁酮、2,3-戊二酮	2-壬酮	0.77	0.51	0.04
奶油味	2,3-戊二酮	乙醛*、丙酮*	0.61	0.49	0.64
酸味	乙醛*、2-庚酮	2,3-戊二酮*	0.77	0.64	0.42
涩味	乙醛*、2-庚酮	安息香酸*	0.76	0.63	0.08
苦味	乳酸*、柠檬酸、乙醛、 癸酸、棕榈酸、肉豆蔻酸	2,3-戊二酮、呋喃、 3-羟基-2-丁酮、2-壬酮	0.94	0.63	0.03
持久性	乳酸、柠檬酸、2,3-丁二酮、 2,3-戊二酮*、棕榈酸*	乙酸丁酯、糠醛、2-呋喃甲醇	0.98	0.87	0.13

注：显著性变量用*标记。

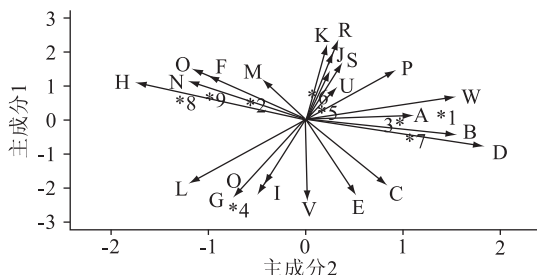


图2 中温发酵酸乳样品挥发性风味成分主成分图

注：图中1~9分别代表样品号1~9；

A:柠檬酸;B:乳酸;C:乙醛;D:2,3-丁二酮;E:丙酮;
F:2,3-戊二酮;G:3-甲基-2-丁醛;H:3-羟基-2-丁酮;
I:乙酸;J:丁酸;K:己酸;L:乙酸丁酯;M:2-壬酮;
N:糠醛;O:2-呋喃甲醇;P:庚酮;Q:2-十一酮;R:辛酸;
S:癸酸;T:安息香酸;U:十二酸;V:十四酸;W:十六酸

丁醛、乙酸含量较多,样7的2,3-丁二酮含量和乙醛含量较多;2,3-戊二酮含量随全脂乳浓度增加而增大,如全脂乳浓度最大(14%)的样5和样9的2,3-戊二酮含量较大。

发酵终点对酸乳的3-羟基-2-丁酮含量有显著影响,随发酵酸度增加,3-羟基-2-丁酮含量逐渐减少。砂糖含量对丁酸和己酸含量有显著影响,随砂糖含量增加,丁酸和己酸含量逐渐减少。

2.3 感官评价值与挥发性风味物质含量的关系

运用偏最小二乘回归分析酸乳感官评定值和挥发性风味物质、乳酸、柠檬酸含量的关系。RMSEP为预测均方差,是在预测或验证模型下评价预测值与

测定值之间的平均差,它的单位与原响应值相同,它的值越小说明模型预测能力越好;Cal为校正系数,在回归模型下,计算得出模型参数(PCs,回归系数);Val为验证系数,通过验证可以知道模型预测新值或未知样品的能力^[7],Cal和Val越接近说明模型越好。通过交叉验证(cross-validation)得到显著性变量^[10]。

由表5可知,该模型的校正系数和确认系数分别在0.61~0.98和0.49~0.87, RMSEP从0.03~0.64(在0~10范围),这表明该模型有较好的预测性。

奶香味、奶油风味与2,3-戊二酮、2-呋喃甲醇正相关,2,3-戊二酮具有奶油味和焦糖味^[5],2-呋喃甲醇可能是乳糖降解产物,具有坚果风味。2,3-丁二酮也具有奶油味,但本实验未得出其与奶油味的相关性。

典型酸奶奶味、酸奶奶酸气味、酸味与乙醛正相关。乙醛是酸乳的重要风味物质,具有新鲜味、水果味和尖酸味^[3]。少量乙醛是酸乳风味平衡的重要物质,也能赋予产品以典型的酸乳风味。乙醛是酸乳的一种风味成分,但不是真实的酸乳风味。

涩味和苦味余味分别与乙醛和乳酸、柠檬酸正相关。涩味和苦味等不良风味是乳酸等过多或蛋白质水解产生苦味肽所致。乙醛含量过高时会导致“生味”(Green flavour)等风味缺陷^[13]。

余味持久性与乳酸、柠檬酸、2,3-丁二酮、2,3-戊二酮正相关。酸乳余味持久性随酸度增大而增加,因此随乳酸和柠檬酸增加而持久性更强。2,3-丁二

酮、2,3-戊二酮为酸乳重要风味物质,具有奶油味,它们会使酸乳风味更浓郁,可减弱因过酸或乙醛过多而引起的不良风味。

3 结论

球杆菌比例和全脂乳浓度是影响酸乳风味和挥发性风味成分的重要因素。随球菌比例增大,在风味上,能够增加奶香味和典型酸奶香味;在有机酸上,减少柠檬酸和乳酸量。随全脂乳浓度增大,在风味上,能增加奶油味,而减少酸味和收敛味;在挥发性成分上,能减少乙醛、丙酮、3-甲基-2-丁醛、乙酸含量,而增加2,3-戊二酮含量。

偏最小二乘回归分析在建模过程中集中了主成分分析、典型相关分析和线性回归分析的工作特点,改进了传统的线性回归方法在处理成分数据中的不足,特别是当各自变量内部存在较程度的相关性时,利用偏最小二乘回归分析法比传统的线性回归方法更有效,其结论更可靠。回归结果表明,酸乳风味不仅与特定挥发性风味成分有关,而且与这些风味物质共同作用的平衡性有关。如奶香味与2,3-戊二酮、2-呋喃甲醇正相关,与乳酸、月桂酸负相关。奶香味程度是这四种主要成分和其它挥发性成分相互平衡的结果,而不是仅由显著变量月桂酸所决定的。

该模型是研究挥发性风味物质与感官评价的相互关系而不是因果关系。因此,有待进一步研究酸乳重要风味物质乙醛、丙酮、2,3-戊二酮、丁二酮等及挥发性酸的平衡关系或比率,以及该关系对酸乳风味的影响,以期更好地了解酸乳风味特征与产品可接受性的关系,

参考文献:

- [1] Tamime A Y, Deeth H C. Yogurt: technology and biochemistry [M]. J Food Protect, 1980. 939~977.
- [2] Imhof R, Glatli H, Bosset J O. Volatile organic compounds produced by thermophilic and mesophilic single strain dairy
- (上接第68页)
- [4] EL-Mekkawy S, Meselhy MR, Nakamura N, et al. Anti-HIV-1 and anti-HIV-1-protease substances from *Ganoderma lucidum* [J]. Phytochemistry, 1998, 49: 1651~1657.
- [5] Mizushima Y, Takahashi N, Hanashima L, et al. Lucidenic acid O and lactone, new terpene inhibitors of eukaryotic DNA polymerases from a basidiomycete, *Ganoderma lucidum* [J]. Bioorg Med Chem, 1999(7): 2047~2052.
- [6] 王玉红, 丁重阳, 章克昌. 苦茶对灵芝发酵生产灵芝酸的影响[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(9): 95~97.
- [7] Tang YJ, Zhong JJ. Fed-batch fermentation of *Ganoderma lucidum* for hyperproduction of polysaccharide and ganoderic acid [J]. Enzyme and Microbial Technology, 2002, 31: 20~28.
- [8] 黄钰铃, 王斌. 山茱萸果肉抑菌物质的提取及抑菌作用研究[J]. 食品科技, 2004(3): 67~69.
- [9] 梁盛年, 段志芳, 付莉, 等. 几种肉桂酸衍生物与肉桂酸

starter cultures [J]. Lebensm - Wiss - Technol, 1995, 28 (1): 78~86.

[3] Andreas Ott. Investigation of the aroma compounds in yogurt and their formation [D]. Lausanne: Nestle' Research Center, 1999: 43~66.

[4] GB/T5009.46-1996, 乳与乳制品卫生标准的分析方法[S].

[5] Andreas Ott, Alain Hugi, et al. Sensory investigation of yogurt flavour perception: mutual influence of volatiles and acidity [J]. J Agric Food Chem, 2000, 48(2): 441~450.

[6] SAS Institute. Statistical analysis system [M]. Cary, NC: SAS Inst, 1995.

[7] CAMO. The Unscrambler 9.7 [Z]. Oslo: CAMO Process AS, 2007.

[8] J Ben Lawlor, Conor M delahunty, Jeremiah Sheehan, et al. Relationships between sensory attributes and the volatile compounds, non-volatile and gross compositional constituents of six blue-type cheeses [J]. International Dairy Journal, 2003, 13(6): 481~494.

[9] J Ben Lawlor, Conor M delahunty, et al. Relationships between the gross, non-volatile and volatile compositions and the sensory attributes of eight hard-type cheeses [J]. International Dairy Journal, 2002, 12(6): 493~509.

[10] Harald Martens, Magni Martens. Modified jack-knife estimation of parameter uncertainty in bilinear modeling by partial least squares regression (PLSR) [J]. Food Quality and Preference, 2000, 11(1-2): 5~16.

[11] D Beshkova, E Simova, G Frengova, et al. Production of flavour compounds by yogurt starter cultures [J]. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 1998, 20: 180~186.

[12] A Y 泰米迈, R K 罗宾逊. 酸乳科学与技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003. 405~407.

[13] Andreas Ott, Fay L B, Chaintreau A. Determination and origin of the aroma impact compounds of yogurt flavour [J]. J Agric Food Chem, 1997, 45(3): 850~858.

的抑菌作用比较研究[J]. 食品科技, 2005(9): 71~73.

[10] 卢学根. 艾叶中抑菌物质的提取及抑菌作用研究[J]. 食品科技, 2006(10): 98~100.

[11] 秦红敏, 张长恺. 竹荪的菌丝体培养及其抗菌性的初步研究[J]. 微生物学报, 1999, 26(6): 393~396.

[12] 江苏新医学院. 中药大辞典(上册) [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1977. 1~721.

[13] 王帮武, 杨新林, 张利刚, 等. 灵芝酸性组分的提取分离及抑菌活性研究[J]. 北京理工大学学报, 2002, 22(1): 125~128.

[14] 李平作, 章克昌. 灵芝发酵菌丝体中灵芝酸的分离纯化及生物活性检测[J]. 天然产物研究与开发, 1999, 11(4): 67~70.

[15] 刘高强, 章春莲, 彭广生. 赤芝菌体中三萜抑制几种细菌和霉菌生长的研究[J]. 时珍国医国药, 2008, 19(11).