



电子鼻技术建立酵母菌发酵乳风味指纹图谱的研究

何香婷^{1,2}, 梁雅洁^{1,2}, 牟光庆¹, 陈历俊^{1,2*}, 姜铁民²

(1.大连工业大学食品学院, 大连 116034;

2.北京三元食品股份有限公司, 北京 100076)

摘要: 利用电子鼻对酸乳和酵母菌发酵乳的风味轮廓进行分析检测, 并通过主成分分析法(PCA)和线性判别分析法(LDA)分别分析了酸乳与酵母菌发酵乳在不同发酵时间的风味特性, 结合其质构特征, 建立酵母菌发酵乳风味指纹图谱。结果表明: 利用PCA和LDA分析了不同发酵时间的发酵乳的气味特性, 快速区分酸乳与酵母菌发酵乳的不同风味特征, 区分效果良好。酵母菌发酵乳质构特性参数有显著变化, 硬度和稠度在发酵4 h和后熟24、36、48 h以及14 d时差异显著, 而黏结性和黏度指数除个别时间外, 两者之间差异均显著, 并结合电子鼻的检测八卦图谱建立了酵母菌发酵乳风味随时间变化的风味指纹图谱。

关键词: 电子鼻; 酵母菌; 发酵乳; 质构; 风味

中图分类号: TS 252.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-9989(2014)07-0293-07

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2014.07.059

Establishing flavor fingerprints of fermented milk with yeast by electronic nose technology

HE Xiang-ting^{1,2}, LIANG Ya-jie^{1,2}, MU Guang-qing¹, CHEN Li-jun^{1,2*}, JIANG Tie-min²

(1.Dalian Polytechnic University, Dalian 116034;

2.Beijing Sanyuan Foods Co., Ltd., Beijing 100076)

Abstract: Detect the flavor contour of yogurt and the fermented milk with yeast by electronic nose, analyze the flavor characteristics of yogurt and the fermented milk with yeast at different fermentation time through principal component analysis (PCA) and linear discriminant analysis (LDA) and establish yeast fermented milk flavor fingerprints with the combination of its textural characteristics. The results showed that the analyzing the flavor characteristics of fermented milk at different fermentation time through PCA and LDA to distinguish different flavor characteristics of yogurt and the fermented milk had a significant effect. Yeast fermented milk texture parameters changed significantly: hardness and consistency in fermentation 4 h and ripening 24 h, 36 h, 48 h, 14 d had a significant difference, cohesiveness and viscosity index between the two changed significantly except for a few hours and finally established the flavor fingerprints of yeast fermented milk with the change over time by combining with electronic nose detect gossip patterns.

Key words: electronic nose; yeast; fermented milk; texture characteristics; flavor

收稿日期: 2014-02-17

*通讯作者

基金项目: 国家863计划项目(2011AA100903); 奶牛产业技术体系北京市创新团队项目。

作者简介: 何香婷(1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为乳品科学。



国内一些研究者将两种或多种乳酸菌复配而加工出质地和风味各异的发酵乳, 但将酵母菌添加到发酵乳中的研究很少, 由于酵母菌一度被认为是污染菌被排除在外。我国对发酵乳风味物质的研究还不够系统, 而人们的健康意识和消费标准正逐渐提高, 发酵乳的风味特性同其质地特性及安全性已经变成消费者是否接受该产品时会考虑的关键因素^[1]。

而基于原料乳成分、加工条件及微生物代谢等因素的差异, 不同发酵乳制品风味物质千差万别, 种类繁多^[2], 随着分析检测手段的更新, 已鉴定出大量的影响风味的组成成分, 其中有少数被证明对整体风味有确定性的影响^[3]。

目前, 针对发酵乳风味物质领域的研究主要有如下方向: (1)从多种风味成分中选出影响样品风味的主要成分, 并评定其影响; (2)风味物质的检测手段向更加多样、精确、方便、快捷的方面发展^[3]。

电子鼻检测风味, 响应时间短, 检测速度快, 不像气相色谱、高效液相色谱检测需要比较复杂的预处理过程; 并且其检测重复性好, 能避免人为因素的一些误差; 还能检测一些人鼻不能够检测的气体^[4-5], 它在食品领域发挥着越发重要的作用。并且对于电子鼻的改良研究一直在进行, 使其特异性显著提高, 近几年随着生物技术、生物芯片的发展和集成化技术的提高以及纳米材料的广泛应用^[6], 相信电子鼻将会有更加广阔的应用前景。

本研究重点是应用先进的检测方法和设备(质构仪、电子鼻)比较乳酸菌(嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌)单独发酵与乳酸菌、酵母菌(马克思克鲁维酵母)复配发酵, 对发酵乳质构和风味特性的影响, 并建立相应的风味指纹图谱。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

酵母菌: 马克思克鲁维酵母(M5), 北京三元食品股份有限公司技术中心保藏; 乳酸菌、嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌: 丹尼斯克直投菌种; MRS培养基、PDA培养基: 北京陆桥技术有限责任公司; 脱脂乳粉: 北京三元食品股份有限公司。

Orion3starpH计: 美国热电公司; 厌氧盒厌氧袋: 日本三菱公司; TA.XT.Plus质构仪: 英国

Stable Micro System公司; PEN3电子鼻系统: 德国AIRSENSE公司; LRH-250型生化培养箱: 上海一恒科技有限公司; 磁力搅拌器: 北京天石医疗用品制作所。

1.2 实验方法

1.2.1 菌种的活化

1.2.1.1 马克思克鲁维酵母(M5)的活化 采用PDA肉汤培养基, 121 °C灭菌20 min; 冷却至室温, 吸取0.1 mL马克思克鲁维酵母甘油保藏液, 接入灭好菌的肉汤培养基, 28 °C、180 r/min摇床培养20 h, 作为第一代种子液。

在100 mL三角瓶中准确称取6.00 g脱脂乳粉, 加入50 mL去离子水, 搅拌均匀, 110 °C灭菌15 min, 冷却, 将M5第一代种子液按3%接菌量加入灭好菌的12%(w/v)脱脂还原乳中, 至于28 °C培养箱, 180 r/min摇床培养20 h, 用于活菌计数。

1.2.1.2 嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌的活化 嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌为丹尼斯克直投菌种, 所以直接用灭好菌的12%(w/v)脱脂还原乳作为培养基用于发酵种子液, 在37 °C培养箱, 静置培养至凝乳, 用于活菌计数。

1.2.2 菌种的活菌计数 嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌用9%的生理盐水梯度稀释, 选择 10^{-6} ~ 10^{-8} 倒平板(MRS琼脂培养基, 121 °C、20 min灭菌), 37 °C厌氧培养48 h, 观察结果。

M5用9%的生理盐水梯度稀释, 选择 10^{-4} ~ 10^{-6} 作涂布(PDA琼脂培养基, 121 °C、20 min灭菌), 28 °C静置培养48 h, 观察结果。

1.2.3 发酵乳的制备 每个150 mL的烧杯准确称取12.00 g脱脂乳粉, 溶于100 mL去离子水中, 搅拌均匀, 制成12%(w/v)脱脂还原乳, 在110 °C灭菌15 min, 冷却后, 乳酸菌以 10^7 cfu/mL的初始浓度接种, 接种比例分别为嗜热链球菌:保加利亚乳杆菌:马克思克鲁维酵母=15:15:0和15:15:1, 即一半样品不添加酵母菌, 一半按比例添加酵母菌, 之后置于35 °C培养箱发酵培养, 每隔1 h分别拿出3杯发酵样品用于性质的测定, 直到凝乳。

1.2.4 发酵乳质构的测定 测定有无添加酵母菌的发酵乳在不同发酵时间和后熟贮藏时间的质构变化情况^[7-8], 希望能够对乳酸菌发酵乳和混菌发酵乳的质构特性随时间的变化进行准确的评价, 以确定酵母菌是如何影响发酵乳质构特性的。

质构仪的程序设定方法: 测定前下降速度为2 mm/s, 测定速度为1 mm/s, 测定距离为30 mm, 测

定后速度10 mm/s，采用A/BE探头，直径40 mm，测定前用1 kg砝码进行质构仪校正。

系统含有10个不同的金属氧化物传感器，组成传感器阵列，具体功能见表1。

1.2.5 电子鼻检测发酵乳风味

德国PEN3电子鼻

1.2.5.1 电子鼻系统的程序设定方法

运用德国

表1 电子鼻PEN3标准传感器陈列及其应用

陈列序号	传感器名称	性能描述	选择性	灵敏度/(mL/m ³)
S1	W1C	对芳香化合物灵敏	甲苯	10
S2	W5S	灵敏度大，对氮氧化合物非常敏感	NO ₂	1
S3	W3C	检测芳香成分(尤其氨水)	苯	10
S4	W6S	用于氢气的有选择性的检测 (只对进入电子鼻系统的香气气流中的氢气检测)	H ₂	100
S5	W5C	烷烃，芳香型化合物，极性很小的化合物	丙烷	1
S6	W1S	主要对环境中的甲烷敏感，灵敏性大	CH ₃	100
S7	W1W	主要对硫化物敏感(能检测到0.1 μg/g的硫化氢) 对很多萜烯类和有机硫化物都很敏感 (主要是对臭味、柠檬油精和胡椒嗉味的检测)	H ₂ S	1
S8	W2S	乙醇检测，也对部分芳香型化合物灵敏	CO	100
S9	W2W	芳香成分，对有机硫化物灵敏	H ₂ S	1
S10	W3S	用于检测高浓度烷烃(>100 μg/g)	CH ₃	100

PEN3电子鼻系统测不同发酵和后熟时间的混菌发酵乳的风味，检测时清洗时间90 s，测样时间72 s，流速采用400 mL/min。

1.2.5.2 主成分分析法(PCA) PCA是将所提取的传感器多指标的信息进行数据转换和降维，并对降维后的特征向量进行线性分类，最后在PCA分析的散点图上显示主要的两维散点图^[9]。PC1和PC2上包含了在PCA转换中得到的第一主成分和第二

主成分的贡献率，贡献率越大^[10]，说明主要成分可以较好地反映原来多指标的信息。

2 结果与分析

2.1 质构结果分析

按照1.2.3中方法制备样品，再根据1.2.4中所设定的程序方法进行检测，得到发酵乳样品的硬度、稠度、黏度、黏聚性等参数随时间的变化情

表2 未添加酵母的发酵乳不同发酵和后熟时间质构结果

时间	指标			
	硬度	稠度	黏结性	黏度指数
发酵0 h	11.98±0.19	306.6±0.9	7.32±0.07	1.16±0.11
发酵1 h	12.11±0.52	304.7±1.8	7.45±0.13	1.29±0.10
发酵2 h	12.23±0.41	306.6±1.6	7.54±0.06	1.20±0.08
发酵3 h	12.21±0.80	307.4±4.7	7.49±0.20	1.33±0.10
发酵3.5 h	12.29±0.94	309.3±7.2	7.56±0.24	1.22±0.14
发酵4 h	20.68±3.83	510.5±43.5	10.22±0.69	1.60±0.97
发酵5 h	61.64±0.49	1566.4±74.1	27.00±1.18	42.98±5.71
凝乳时	73.76±6.08	1901.4±166.8	36.85±2.62	90.77±8.87
后熟6 h	88.06±0.46	2247.2±90.3	43.12±3.10	102.72±2.88
后熟12 h	95.04±2.33	2507.0±17.6	57.94±0.97	136.56±6.18
后熟18 h	104.47±1.86	2684.9±86.2	61.54±3.30	142.13±7.24
后熟24 h	119.86±5.13	3075.7±294.8	83.83±4.60	182.47±6.47
后熟36 h	133.69±1.20	3529.7±101.5	90.24±3.39	182.85±4.78
后熟48 h	139.38±4.56	3692.6±108.0	98.15±4.47	199.43±9.07
后熟3 d	146.20±1.61	3720.7±126.2	99.73±1.06	203.39±6.59
后熟7 d	153.91±1.82	4196.3±29.6	79.41±2.81	165.44±6.48
后熟14 d	161.00±1.26	4149.2±132.0	85.19±3.42	173.57±4.04
后熟21 d	167.26±2.86	4233.3±107.4	81.61±2.52	163.27±0.75



况, 结果见表2和表3。

由表2和表3对比可以看出, 发酵乳样

表3 添加酵母的发酵乳不同发酵和后熟时间质构结果

时间	指标			
	硬度	稠度	黏结性	黏度指数
发酵0 h	11.86±0.20	306.2±0.2	7.499±0.089	1.13±0.08
发酵1 h	12.16±0.66	306.4±2.5	7.455±0.157	1.20±0.15
发酵2 h	12.29±0.34	306.5±4.4	7.436±0.274	1.19±0.14
发酵3 h	12.26±0.65	308.5±6.8	7.487±0.203	1.20±0.05
发酵3.5 h	12.27±0.70	308.7±3.7	7.583±0.321	1.21±0.08
发酵4 h	42.47±3.10	1051.4±85.4	18.622±1.832	26.48±2.19
发酵5 h	58.85±6.41	1560.1±72.9	27.436±1.912	48.34±2.89
凝乳时	72.26±5.32	1845.7±91.3	31.607±2.306	66.08±5.87
后熟6 h	85.85±4.16	2189.0±172.4	45.900±3.952	106.28±5.02
后熟12 h	94.43±0.83	2334.6±72.6	48.593±2.597	109.07±2.91
后熟18 h	99.24±2.62	2499.1±59.6	55.719±2.161	123.12±2.51
后熟24 h	105.80±3.47	2617.1±106.6	56.129±4.566	135.25±2.54
后熟36 h	124.60±6.46	3232.2±151.4	72.451±2.789	158.93±6.44
后熟48 h	133.48±1.16	3497.2±123.6	83.011±2.437	182.84±3.79
后熟3 d	143.91±7.71	3759.5±144.7	93.488±1.136	193.89±4.14
后熟7 d	152.51±1.47	4063.5±84.1	85.755±2.574	178.80±3.60
后熟14 d	155.67±1.36	4163.8±24.9	79.496±1.605	161.19±10.37
后熟21 d	165.18±4.84	4284.2±93.8	77.135±3.724	157.36±7.87

品的Firmness(硬度)、Consistency(稠度)、Cohesiveness(黏结性)、Index of Viscosity(黏度指数)在发酵前3.5 h基本没有太大变化, 但3.5 h以后变化明显, 且大体趋势是随时间的延长在增大。

在相同发酵时间时加酵母的样品与不加酵母的发酵乳在各项数值上均有差异, 硬度一直随时间的延长而增大; 且运用Minitab 16和SPSS 20软件分析后表明2组样品在发酵4 h, 后熟24、36、48 h以及14 d时差异显著。在发酵4 h时添加酵母的发酵乳比未添加酵母的发酵乳样品硬度大, 且添加酵母的发酵乳凝乳时间短, 而后熟过程中添加酵母的发酵乳比未添加酵母的发酵乳样品硬度小。

稠度的变化大体上与硬度相同, 是随时间的延长而增大, 且运用Minitab 16和SPSS 20软件分析后表明2组样品在发酵4 h, 后熟24、36、48 h以及7 d时差异显著。在发酵4 h时添加酵母的发酵乳比未添加酵母的发酵乳样品稠度大, 而后熟过程中添加酵母的发酵乳比未添加酵母的发酵乳样品稠度小。

黏结性和黏度指数的变化大体上都是先增大后减小, 在后熟3 d时达到最大, 且运用Minitab 16和SPSS 20软件分析后除个别时间外, 两者之间差

异均显著。在发酵4 h时添加酵母的发酵乳比未添加酵母的发酵乳样品黏结性和黏度指数大, 后熟过程中添加酵母的发酵乳比未添加酵母的发酵乳样品小。

2.2 电子鼻检测发酵乳风味结果

参照1.2.3中发酵乳的制备方法, 得到不同发酵时间和后熟贮藏时间的混菌发酵乳和乳酸菌发酵乳。按照1.2.5.1中电子鼻系统的程序设定方法测不同发酵和后熟时间的混菌发酵乳的风味变化情况, 如图1所示为添加酵母的发酵乳后熟12 h的检测八卦图谱。

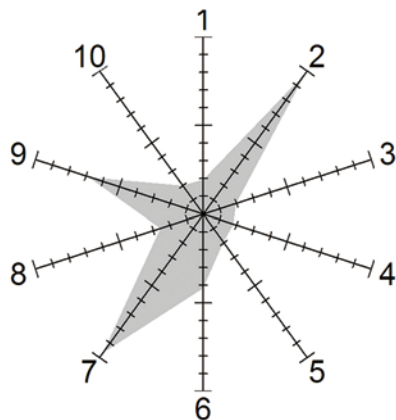


图1 添加酵母的发酵乳后熟12 h的40 s时八卦图谱

由图1可见，10个传感器对发酵乳的风味都有一定的响应，且由表4中数据可以看出有5个传感器的响应信号非常明显，从大到小依次是S2、S7、S9、S6、S8，对应表1中电子鼻感应器敏感的物质可表明：发酵乳的挥发性风味物质有萜

烯类、芳香成分、氮氧化合物以及醇类等物质。电子鼻检测样品所得的图谱很多，在此不一一列出，由进样图谱均可以看出传感器在33~43 s时信号较稳定，用于作PCA和LDA分析，具体含量见表5和表6。

表4 添加酵母发酵乳后熟12 h最高点第18 s时G/G0数据表

传感器	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
R/Ohm	89087	44517	45744	1993	35357	11651	11803	58263	6951	85891
G/G0	0.635	29.744	0.775	1.083	0.898	4.143	27.377	2.212	14.372	1.418

表5 添加酵母的发酵乳不同后熟时间电子鼻不同传感器的感应值

后熟时间/h	传感器S				
	2	7	9	6	8
发酵1 h	12.199	10.423	6.56	2.929	1.892
凝乳时	37.098	30.069	16.173	4.671	2.180
后熟12 h	40.003	28.797	14.704	3.7947	1.856
后熟18 h	42.695	65.232	35.741	6.45	2.611
后熟1 d	40.92	37.299	20.099	6.899	2.897
1.5 d	31.01	26.482	14.38	4.1097	1.9947
2 d	63.56	90.524	52.087	8.000	2.815
3 d	35.614	30.248	15.585	3.89	1.919
7 d	34.925	50.208	29.073	8.358	2.958

表6 未添加酵母的发酵乳不同后熟时间电子鼻不同传感器的感应值

后熟时间/h	传感器S				
	2	7	9	6	8
发酵1 h	10.144	9.195	6.073	2.81	1.944
凝乳时	37.461	29.314	15.680	3.683	1.881
后熟12 h	35.146	27.696	14.689	3.113	1.617
后熟18 h	44.389	67.743	37.425	6.28	2.526
后熟24 h	42.774	47.152	26.427	5.626	2.538
36 h	29.639	25.371	13.924	3.944	1.9455
2 d	74.938	91.196	50.23	6.998	2.556
3 d	38.906	32.486	16.593	3.776	1.829
7 d	40.239	49.163	29.499	7.879	2.843

由表4、表5可以看出不同发酵时间菌种发酵所产生的挥发性成分都有差别，因而传感器的响应值不同，通过测定传感器响应值可以得到挥发性成分的变化规律。

2.3 PCA法和LDA法分析电子鼻检测风味结果

运用系统自带分析软件主成分分析法(PCA)和线性判别分析法(LDA)分析，不同发酵时间的发酵乳的气味特性，建立对应的发酵乳风味随时间变化的指纹图谱模板。

如图2中所示：PC1贡献率为92.99%，PC2贡

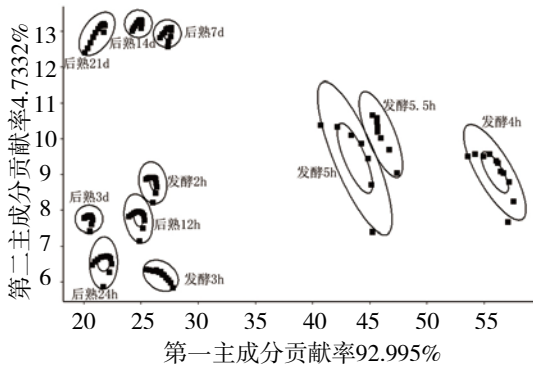


图2 未添加酵母的发酵乳不同发酵和后熟时间PCA分析结果

献率为4.73%，两者之和为97.728%，大于90%，所以这2个主成分已经代表了样品的主要信息特征。从PCA分析图可知，未添加酵母的发酵乳在不同发酵和后熟时间内，风味物质成分变化很大；不同发酵和后熟时间发酵乳样品的PCA分析模板分离度均大于0.9，接近于1，说明分析结果可靠。

从图2可以看出发酵样品大致可分为4组：一是发酵初期，即发酵2 h和发酵3 h；二是发酵接近凝乳时，即发酵4、5、5.5 h；三是后熟初期，即后熟12、24 h和3 d；四是长时间后熟贮藏期，即后熟7、14、21 d。

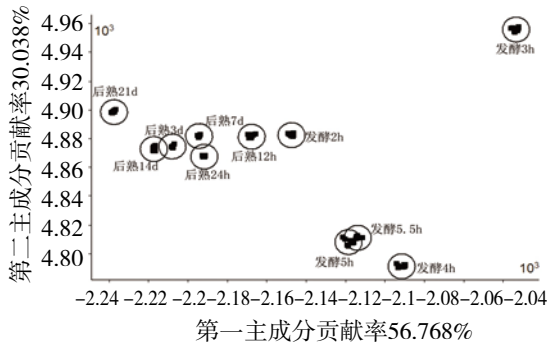


图3 未添加酵母的发酵乳不同发酵和后熟时间LDA分析结果

从图3 LDA分析图可知，LD1贡献率为56.768%，LD2贡献率为30.028%，和为86.796%，



大于85%，所以这2个主成分已经代表了样品的主要信息特征。未添加酵母的发酵乳在不同发酵和后熟时间内，风味物质成分变化很大，但风味与时间之间并不成正比关系。

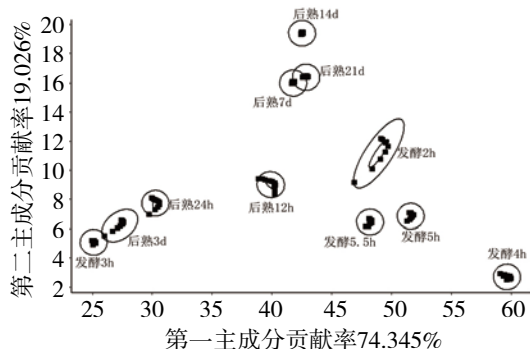


图4 添加酵母的发酵乳不同发酵和后熟时间PCA分析结果

如图4中所示：PC1和PC2贡献率和为93.371%，大于90%，所以这2个主成分已经代表了样品的主要信息特征。分析图4可知，添加酵母的发酵乳在不同发酵和后熟时间内，风味物质成分变化很大；其PCA分析结果的分离度也均大于0.9，接近于1。

从图4中可以看出，发酵样品除发酵3 h外，大致可分为3组：一是发酵阶段，即发酵2、4、5、5.5 h；二是后熟初期，即后熟12、24 h和3 d；三是长时间后熟贮藏期，即后熟7、14、21 d。

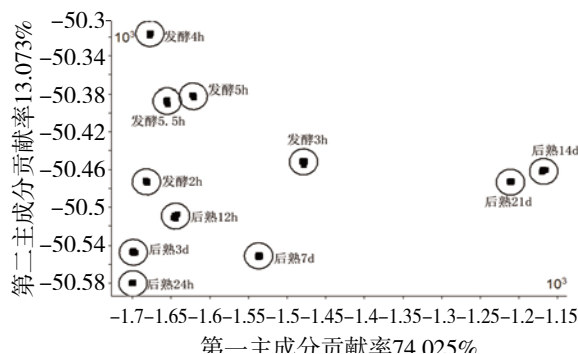


图5 添加酵母的发酵乳不同发酵和后熟时间LDA分析结果

从图5的LDA分析可知，LD1贡献率为74.025%，LD2贡献率为13.073%，和为87.098%，大于85%，所以这2个主成分已经代表了样品的主要信息特征。添加酵母的发酵乳在不同发酵和后熟时间内，风味物质成分变化很大。

如图6所示，PC1和PC2贡献率和为99.33%，大于90%，所以这2个主成分已经代表了样品的主要信息特征。从分析图6可知，添加酵母对发酵乳在不同发酵和后熟时间内，风味物质成分影响很大，但也有个别样品分离度较小，无法完全分离开。

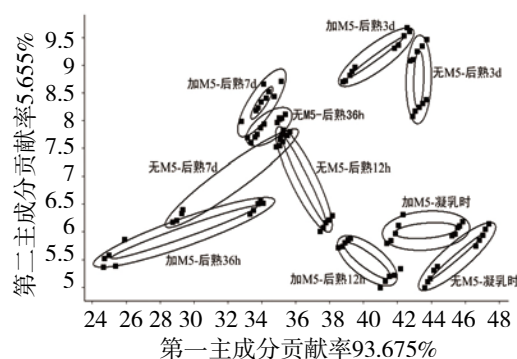


图6 2组发酵乳不同后熟时间的PCA分析结果

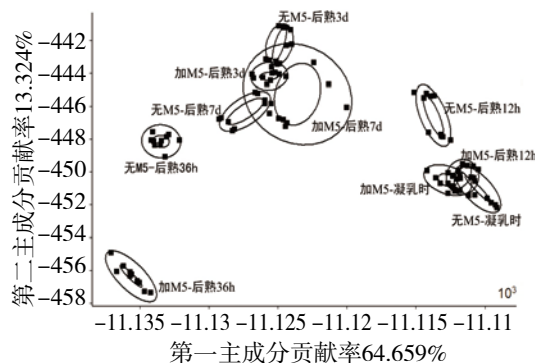


图7 2组发酵乳不同后熟时间的LDA分析结果

从图7的LDA分析可知，LD1贡献率为64.659%，LD2贡献率为13.324%，和为77.983%，所以这2个主成分已经代表了样品的主要信息特征。从分析图7可知，添加酵母对发酵乳在不同发酵和后熟时间内，风味物质成分影响很大，但也有个别样品有交联，无法完全分离开。

结合图6和图7可以看出，发酵样品在凝乳时和后熟3、7 d时，酸乳与加酵母菌的发酵乳在PCA模板图中虽然可以分开，但位置十分接近，相对于其他时间的样品，其相似性很大；在LDA模板图中更是有重合交联的部分，表明在这一时间样品的风味与酵母菌的添加与否虽有差别，但差异不大；而在后熟初期由于酵母菌的代谢作用使2种样品的风味差异显著。

3 结论

总体来说，2组发酵乳样品的质构特性还是有显著差异的，造成这一现象的原因是酵母菌对乳酸菌代谢产生了影响，推测主要是由于以下2个方面：一，酵母菌的加入利用了乳糖和乳酸，而乳酸菌又能源源不断地提供这2种物质^[11]。同时酵母菌还消耗氧气，使得乳酸菌加快了代谢，缩短了发酵液的凝乳时间，使得加入酵母菌的发酵乳硬度和稠度的增大点提前。二，酵母菌自身也进行代谢反应，在生成乙醇的同时，也会放出CO₂等气



体,有利于发酵液中乳清的排除^[12],从而使发酵乳在后熟过程中的硬度、稠度等其他质构特征比乳酸菌发酵乳小。

运用电子鼻系统自带分析软件PCA和LDA方法分析,可以从PCA图和LDA图中直观地区分不同发酵时间的发酵乳风味情况,PCA双标图综合分析发酵乳的风味特性,建立了对应的发酵乳风味随时间变化的指纹图谱模板,可应用于以后检测未知样品贮藏时间。但电子鼻是一种宏观成分的区分方法,若想进一步分析酵母菌对发酵乳具体风味成分的影响,需要结合GC-MS^[13]、GC-O等仪器进一步分析。

参考文献:

- [1] 李延华,王伟军,张兰威,等.发酵乳中风味物质的研究进展[J].中国酿造,2008,(14):8-11
- [2] HEFA CHENG. Volatile Flavor Compounds in Yogurt: A Review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition,2010,50:938-950
- [3] 王伟君,李延华,张兰威,等.发酵乳风味及风味物质成分分析[J].通化师范学院学报,2007,28(8):49-51
- [4] SAEVELS S, LAMMERTYN J, BERNA A Z, et al. An electronic nose and a mass spectrometry based electronic nose for assessing apple quality during shelf life[J]. Postharvest Biology and Technology,2004,31:9-19
- [5] Marsilir T. SPME-MS-MVA as an electronic nose for the study of off-flavor in milk[J]. Agric Food

Chem,1999,47:648-654

- [6] CONCINA I, FALASCONI M, GOBBI E, et al. Early detection of microbial contamination in processed tomatoes by electronic nose[J]. Food Control,2009,20:873-880
- [7] HARTE F, CLARK S, BARBOSA-CANOVAS G V. Yield Stress for Initial Firmness Determination on Yogurt[J]. Journal of Food Engineering,2007,80:990-995
- [8] GULER-AKIN M B, AKIN M S. Effects of Cysteine and Different Incubation Temperatures on the Microflora Chemical Composition and Sensory Characteristics of Bio-yoghurt Made from Goat's Milk[J]. Food Chemistry, 2007,100:788-793
- [9] 任东旭,刘辉,赵悦.电子鼻PCA分析方法对鸡汤品质分析研究[J].食品科技,2013,38(4):296-301
- [10] GOMEZ A H, HU Guixian, WANG Jun, et al. Evaluation of tomato maturity by electronic nose[J]. Computers and Electronics in Agriculture,2006,54:44-52
- [11] 罗兰珍.酵母菌在发酵乳制品中的有益作用[J].中国乳品工业,1996,24(2):31-33
- [12] Judith A Narvhus, Tendekayi Henry Gadaga. The role of interaction between yeasts and lactic acid bacteria in African fermented milks: a review[J]. International Journal of Food Microbiology,2003,86:51-60
- [13] BENEDETTI S, DRUSCH S, MANNINO S. Monitoring of autoxidation in LCPUFA-enriched lipid microparticles by electronic nose and SPME-GCMS[J]. Talanta,2009, 78:1266-1271

(上接第292页)

果表明,沉淀物所得的酪蛋白和未沉淀的乳清蛋白实测数据相加得到的理论蛋白质含量与实际测定的总蛋白质含量误差不超过1.38%,说明测定数据不但准确可信,而且符合质量守恒原则。

本研究确定的纯牛乳中酪蛋白沉淀测定方法是准确称量30~40 mL牛乳样品于200 mL烧杯中,将转子放入烧杯中置于磁力搅拌器上,搅拌同时用10%的乙酸溶液调节样品的pH到4.6,然后将样品转移到50 mL离心管中,放入离心机,3000 r/min离心15 min,所得沉淀物用30 mL蒸馏水分别洗涤、3000 r/min离心15 min、沉淀2次,再通过震荡法用6~10 mL 0.1 mol/L NaOH溶液碱复溶酪蛋白沉淀物,得到酪蛋白复溶溶液,最后用凯氏定氮法分别对酪蛋白复溶溶液、纯牛乳进行含氮量测定,通过两者的比值得到样品中酪蛋白质量分

数,以此判断纯牛乳真实性问题。

建议尽早将酪蛋白指标和酪蛋白沉淀测定方法列入乳品安全国家标准中。

参考文献:

- [1] 李宏梁,黄峻榕,等.酪蛋白质量分数作为乳品掺假检验指标的探讨[J].中国乳品工业,2008,36(1):52-54,62
- [2] 丁慧.酪蛋白质量分数作为乳品掺假鉴定指标的研究[D].西安:陕西科技大学,2010
- [3] 李宏梁,焦茜楠,黄峻榕,等.酪蛋白沉淀检测方法机器在牛乳经济掺假鉴定中的应用[J].食品科技,2008,33(12):262-266,267
- [4] 邵锦震,易理清.等电沉淀分离酪蛋白方法的探讨—兼对黄石市场鲜牛乳质量分析[J].湖北师范学院学报(自然科学版),2004,24(1):19-22
- [5] 朱晓莹,覃靖娟,朱日生,等.等电沉淀法提取酪蛋白的实验方法改进[J].卫生职业教育,2013,31(9):93-94
- [6] 李宏梁,高洁.凯氏定氮法测定牛乳中酪蛋白含量[J].食品科技,2012,37(1):243-245