发酵过程中韩式泡菜风味的变化

严先朋[1]，刘 刚[*1,2]，张晓喻[1,2]，刘兴艳[2,3]，
汪淑芳[1,2]，李学理[1]，卢 相[1]，蒋小妹[1]

（1. 四川师范大学 生命科学学院，四川 成都 610101；2. 四川师范大学 食品功能及加工应用研究所，四川 成都 610101；3. 四川师范大学 化学与材料科学学院，四川 成都 610068）

摘要： 为了研究韩式泡菜在发酵过程中风味的变化，先测定韩式泡胡萝卜、泡白菜的乳酸菌含量、pH 值及总酸度；再用电子鼻、电子舌检测比较气味和滋味的差异性，并应用主成分分析、线性判别式分析对其风味特征进行比较。结果发现：发酵 6 d 韩式泡胡萝卜的乳酸菌含量达到最大值，发酵 4 d 韩式泡白菜达到最大值。达到最大值后，2 种泡菜的乳酸菌含量都快速减少。发酵 3 d 形成可检测的乳酸，韩式泡胡萝卜发酵 6 d、韩式泡白菜发酵 4 d 的 pH 分别是 3.40、3.48，总酸度分别是 1.26%、0.51%。不同的发酵时间，韩式泡胡萝卜、泡白菜的风味变化明显有差异。韩式泡胡萝卜与泡白菜，在气味特征上十分接近，但可依据气味特征的差异明确分成 4 类。而在味觉特征方面韩式泡胡萝卜、泡白菜则存在明显差异，特别是咸味值、苦味值和涩味值，韩式泡白菜比韩式泡胡萝卜的值都大。试验说明发酵过程中，在同一种制作工艺、发酵条件下，韩式泡菜的气味、滋味等风味特征变化明显，其风味的变化受到发酵时间、原材料的类型等因素的影响。

关键词： 韩式泡菜；电子鼻；电子舌；风味变化

中图分类号：TS 218；Q 946.91　**文章编号：**1673-1689(2019)04-0150-10　**DOI：**10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.04.022

Changes of Korean Kimchi's Flavor in Fermentation Process

YAN Xianpeng[1]，*LIU Gang*[*1,2]，*ZHANG Xiaoyu*[1,2]，*LIU Xingyan*[2,3]，
WANG Shufang[1,2]，*LI Xueli*[1]，*LU Xiang*[1]，*JIANG Xiaomei*[1]

（1. College of Life Sciences，Sichuan Normal University，Chengdu 610101，China；2. Food Function and Application Research Institute，Sichuan Normal University，Chengdu 610101，China；3. College of Chemistry and Materials Science，Sichuan Normal University，Chengdu 610101，China）

Abstract： In order to study the flavor changes of kimchi in fermentation process，we firstly measured the lactic acid bacteria contents，the pH values and the total acidities of kimchi carrot and kimchi cabbage. Then we compared the difference in odour and taste by using e-nose and e-tongue，respectively. In addition，we compared flavor features of the two kinds of kimchi by PCA（principal component analysis）and LDA （linear discriminant analysis）. The result shows that the lactic acid

收稿日期： 2016-09-26

基金项目： 四川师范大学大精设备开放基金项目(DJ2016-08)；四川师范大学 2015 年创新创业教育课程“食品与药品制造检验综合应用的实践”项目；2015 年“生物技术专业实践教学目标的整合与协调研究”质量工程项目。

*** 通信作者：** 刘 刚(1968—)，男，硕士，副教授，硕士研究生导师，主要从事植物资源的开发与研究。E-mail：rh682@sohu.com

引用本文： 严先朋，刘刚，张晓喻，等. 发酵过程中韩式泡菜风味的变化[J]. 食品与生物技术学报，2019，38(04)：150-159.

bacteria content of Korean carrot kimchi arrived at the maximum value after fermentation of 6 days, and that of Korean cabbage kimchi achieved the maximum value on fourth day of fermentation. Both the lactic acid bacteria contents of the two kinds of kimchi declined rapidly after reaching the maximum value. The lactic acid bacteria could be detected after fermentation of 3 days. The pH value of Kimchi Carrot after 6 days fermentation and Kimchi Cabbage after 4 days fermentation was 3.40 and 3.48 respectively, and their total acidity was 1.26% and 0.51% respectively. Significant difference in flavor change with fermentation time was observed between Korean carrot kimchi and Korean cabbage kimchi. Odor characteristics of the two kinds of kimchi were very close to each other. The kimchi can still be classified into four categories according to their discrepancy of odor characteristics. In terms of taste characteristics, there was remarkable difference between the two, especially in the salty value, bitterness value and astringency value. These values of Korean cabbage kimchi were larger than those of Korean carrot kimchi. Results indicated that kimchi differed obviously in favor characters such as odor and taste features, even under the same process and fermentation conditions. And the flavor characters changed with fermentation time, type of raw material and other factors.

Keywords: Korean kimchi, e-nose, e-tongue, flavor changes

泡菜以生鲜蔬菜为原料，利用食盐的高渗透压，经微生物发酵，特别是乳酸菌的发酵，产生乳酸，最终形成有独特风味的食品[1-5]。泡菜中除了具有乳酸菌等有益菌外，还含有人体所需的十余种氨基酸及丰富的维生素、钙、磷等营养物质[6]，且加工简单，成本低廉，易于保存[7]。泡菜作为传统的调味及休闲食品，在我国具有明显资源优势[8]。食用泡菜既能补充营养，又具备抗衰老、提高免疫力、有利减肥、维持人体肠道健康等功效[9-15]。

中国泡菜以生鲜蔬菜或蔬菜咸坯为原料，经2%~10%中低浓度盐水泡渍、发酵、拌料调味、包装(或不包装)、灭菌(或不灭菌)等加工而成[16]。中国制作泡菜的历史有 1 700 多年[17-18]，北魏贾思勰的《齐民要术》就有制作泡菜的叙述[19]。四川泡菜为我国泡菜的典型代表，具有鲜香、脆嫩、味美等优点，其历史悠久，流传广泛。泡菜在四川几乎家家会做，人人都吃，在筵席上也常有泡菜[20]。韩国泡菜以蔬菜为主要原料，添加水果、海鲜及肉料、鱼露、辣椒和食盐，经过发酵而成[21]。由于韩国泡菜加入了一般中国泡菜不使用的发酵成分，其味道丰富，而且朝鲜半岛冬季寒冷而漫长，缺少新鲜果蔬的供给，泡菜在朝鲜半岛的重要性远大于中国，长此以往，便形成韩国泡菜追求五味，既能佐饭，又能佐酒的独特传统特征[22]。本研究拟对韩国泡菜的口感、香气滋味、乳酸菌含量以及风味变化进行分析，以期改进中国泡菜的生产工艺，提高生产效益，促进食品的品质和安全性。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂和仪器

新鲜的白菜、胡萝卜，购于龙泉果蔬批发市场；大蒜、生姜、干辣椒面、白糖、泡菜食盐、白酒、醪汁、面粉、苹果、梨、鱼露等，购于某超市。

MRS 肉汤培养基，购于北京奥博星生物技术有限责任公司；TS-5000Z 型味觉分析系统，购于日本 INSENT 公司；PEN3 型电子鼻，购于德国 AIRSENSE 公司，东联/HZQ-C 培养箱，购于中国哈尔滨东联电子技术开发有限公司；PHS-320 型 pH 计，购于成都世纪方舟科技有限公司；LDZH-50KBS 型灭菌锅，购于上海申安医疗器械厂。

1.2 制作工艺

按图 1 所示工艺流程制作韩式泡菜。

腌制食盐的添加质量分数为新鲜菜的 4%，腌制 2 d，捞出清水清洗 2 次，沥干后备用。面粉加水调匀，加热糊化，再冷却到室温，然后加辣椒 3.5%、白糖2.5%、梨或苹果 2.5%、花椒面 2%、味精 1.2%、姜茸3.5%、蒜茸 0.75%、鱼露 0.5%等(以上均为质量分数)制成调料浆，均匀抹在腌制处理蔬菜的内外，

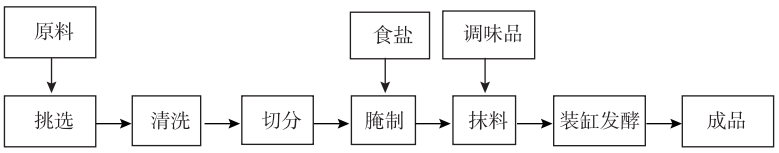


图 1　韩式泡菜的制作工艺流程

Fig. 1　Technological process of making Korean kimchi

放入缸内逐层压紧,盖上保鲜膜和缸盖,置于通风、洁净、阴凉处,自然发酵 7~10 d 即为成品。

1.3　指标的测定方法

1.3.1　乳酸菌含量、pH 值和乳酸产生的测定　乳酸菌含量的测定:MRS 肉汤培养基,用稀释平板法进行计数,同时,测定菌落革兰显色反应。pH 值的测定:随机取一定泡菜样,榨取汁液,室温下用 pH 计测定。乳酸的鉴别:纸层析法。标准溶液为质量分数 1%的乳酸、柠檬酸,溶剂系统为乙醇:浓氨水:水=80:5:15(体积比),以质量分数 0.04%溴甲酚紫作显色剂。

1.3.2　味道和气味分析　用电子鼻、电子舌分析泡菜的味觉和嗅觉等风味特征,分析发酵中的风味变化,比较不同材料发酵的风味差异性。电子鼻 10 个传感器的性能见表 1。

表 1　电子鼻的 10 个传感器的性能

Table 1　Ten sensors' performance of the e-nose

阵列序号	传感器名称	性能描述
1	W1C	芳香成分
2	W5S	灵敏度大,对氮氧化合物很灵敏
3	W3C	氨水,对芳香成分灵敏
4	W6S	主要对氢气有选择性
5	W5C	烷烃芳香成分
6	W1S	对短链烷烃灵敏
7	W1W	对硫化物灵敏
8	W2S	对乙醇灵敏
9	W2W	芳香成分,对有机硫化物灵敏
10	W3S	对烷烃灵敏

电子鼻测试采用直接顶空吸气法:进样针直接插入盛样品的密封杯,进行测定。测定条件:采样时间 1 s/组;传感器自清洗 100 s;传感器归零时间 10 s;样品准备 5 s;进样流量 400 mL/min;分析采样 60 s。

电子舌测试:破碎样品,准确称取 20 g 置于 250 mL 烧杯中,加 100 mL 蒸馏水,充分震荡后超声 20 min,双层纱布过滤,取滤过液测试。测得的值越大则所测得味道程度越大。

1.4　统计与分析

按图 1 的工艺流程制作韩国泡菜,在其发酵过程中,每间隔 1 天定时取一次样品,冷藏备用。先测定样品中乳酸菌含量、pH 值和乳酸,再进行电子鼻和电子舌的测定。将电子鼻、电子舌分析采集的数据,用其自带的软件进行统计分析和作图,分析方法包括主成分分析(PCA)和线性判别式分析(LDA)。

2　结果与讨论

2.1　乳酸菌含量和乳酸的产生

结合革兰染色反应和菌落特征,平板计数法测定不同发酵时间韩式泡胡萝卜和韩式泡白菜的乳酸菌含量,结果见图 2。

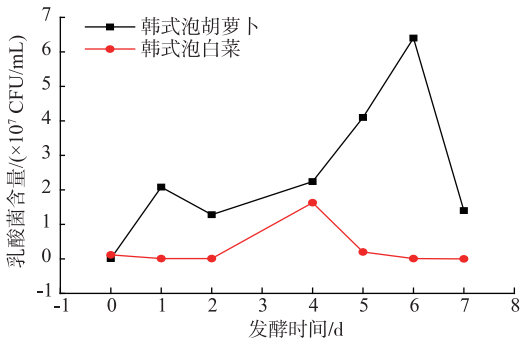


图 2　韩式泡菜发酵过程乳酸菌的变化

Fig. 2　Changes of lactic acid bacteria in the fermentation process of Kimchi

从图 2 可以看出,随着发酵的进行,乳酸菌含量逐渐增加,韩式泡胡萝卜发酵 6 d 乳酸菌含量达到最大,而韩式泡白菜发酵 4 d 达到最大。韩式泡胡萝卜和韩式泡白菜,乳酸菌含量达到最大值后,都快速减少。

泡菜发酵时,每日定时取样测定乳酸的形成,发现到 3 d 时,泡菜汁液的 Rf 值与标准乳酸的 Rf 值一致,表明出现了可检测的乳酸。在乳酸菌过程中,发酵产生乳酸,升高了酸度,降低了 pH 值。韩式泡菜中乳酸菌繁殖到一定量,才能形成可检测的乳

酸。分别测定韩式泡胡萝卜发酵 6 d、韩式泡白菜发酵 4 d 的有效酸度、总酸度,结果见表 2。韩式泡胡萝卜 3.40 和韩式泡白菜 3.48 的有效酸度相差不大,但是,总酸度差异较大,韩式泡胡萝卜为 1.26%,韩式泡白菜为 0.51%。

表 2　韩式泡菜的 pH 值和总酸

Table 2　pH and total acid of Kimchi

种　类	有效酸度	总酸度/%
韩式泡胡萝卜	3.40	1.26
韩式泡白菜	3.48	0.51

2.2　电子鼻传感器使用性能的分析结果

用电子鼻分别检测韩式泡胡萝卜和韩式泡白菜,经过 PCA 分析,得到传感器矩阵模式,PCA 分析结果见图 3。

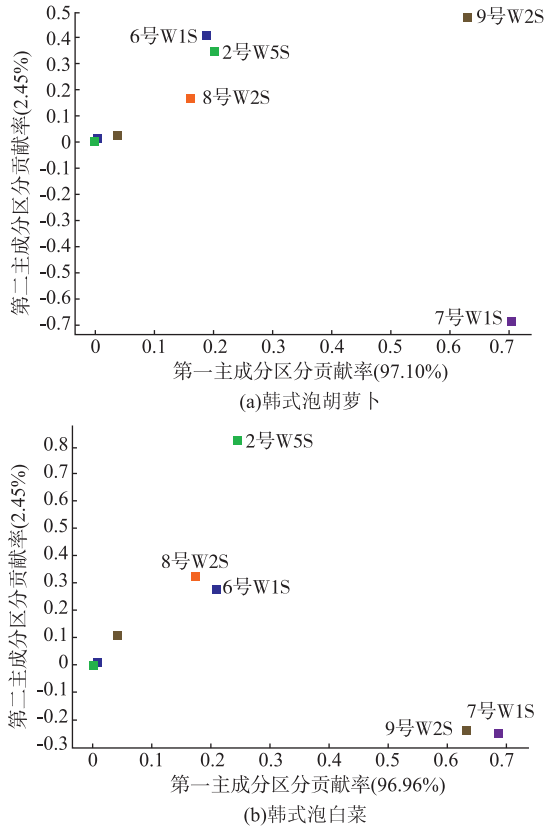


图 3　检测韩式泡胡萝卜、泡白菜电子鼻传感器性能的主成分分析

Fig. 3　PCA the sensor performance of E –nose for detecting Korean carrot and cabbage Kimchi

从图 3 可看出:对韩式泡菜的气味,电子鼻的 10 个传感器中 2、6、7、8 号和 9 号传感器的响应明显,其中,7 号和 9 号传感器的响应最强烈。韩式泡胡萝卜:7 号 W1W 和 9 号 W2W 传感器对第一主成分的区分贡献率最大,而 2 号 W5S、6 号 W1S 和 8 号 W2S 对第二主成分有很大的区分贡献率,同时,9 号传感器对第二主成分的区分贡献率也很大;这些传感器对第一主成分的区分贡献率达 97.1%,第一、第二主成分的累计区分贡献率达 99.55%,因此,第一、第二主成分基本上涵盖了韩式泡胡萝卜的特征气味信息。韩式泡白菜:同样是 7 号 W1W 和 9 号 W2W 传感器对第一主成分的区分贡献率最大;2 号传感器 W5S 对第二主成分的区分贡献率最大,其次是 6 号和 8 号传感器;第一主成分的区分贡献率达到了 94.41%,且第一、第二主成分的累计区分贡献率达到 99.13%,涵盖了韩式泡白菜的特征气味信息。

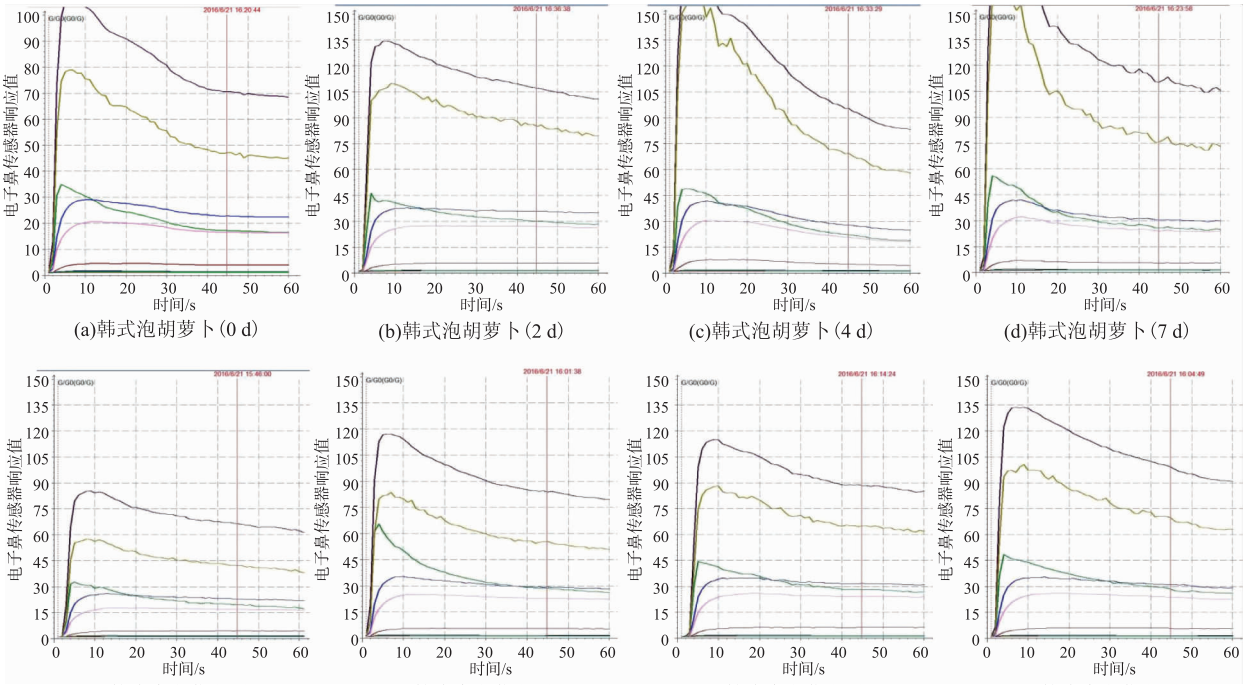
综上分析,结合电子鼻的 10 个传感器性能(见表 1),可以知道,韩式泡胡萝卜:气味组分的差异主要表现在第一主成分上,即 7 号和 9 号传感器对应的芳香成分、有机和无机硫化物。发酵 2 d 泡胡萝卜和发酵 7 d 泡胡萝卜二者在第一主成分上重叠,差异主要来自于第二主成分,即除了芳香成分、有机硫化物以外,二者在 2 号、6 号和 8 号传感器对应的氮氧化合物、短链烷烃和乙醇类物质方面存在差异。韩式泡白菜:发酵 0 d 的泡白菜与发酵 2、4、7 d 的泡白菜差异表现在第一主成分上,由于 7 号和 9 号传感器对第一主成分贡献率最大,即发酵 0 d 的泡白菜与发酵 2、4、7 d 的泡白菜挥发性气味的差异也主要表现在芳香成分、有机和无机硫化物几类物质上。分析发酵 2、4、7 d 的韩式泡白菜,在第一主成分上有差异,略有重叠,而在相应的第二主成分上 2 号、6 号和 8 号传感器贡献率最大,即这三者的差异主要表现在氮氧化合物、短链烷烃和乙醇类物质上。

2.3　电子鼻分析韩式泡菜气味的结果

应用电子鼻分析各个样品。不同发酵时间,韩式泡胡萝卜和韩式泡白菜的气味响应曲线图和雷达图见图 4 和图 5,图中横坐标为采样时间(t),纵坐标为电子鼻传感器响应值[G/G_0(G_0/G)]。

从图 4 和图 5 可以看出:韩式泡胡萝卜和韩式泡白菜的气味响应曲线图和雷达图都很相似,说明韩式泡胡萝卜、韩式泡白菜的气味特征都十分接近。

用电子鼻分别检测不同发酵时间的韩式泡胡萝卜、韩式泡白菜,测定 45、46、47 s 的特征气味数值,再进行相关性分析,得到气味传感器矩阵模式的相关性分析,结果见表 3。

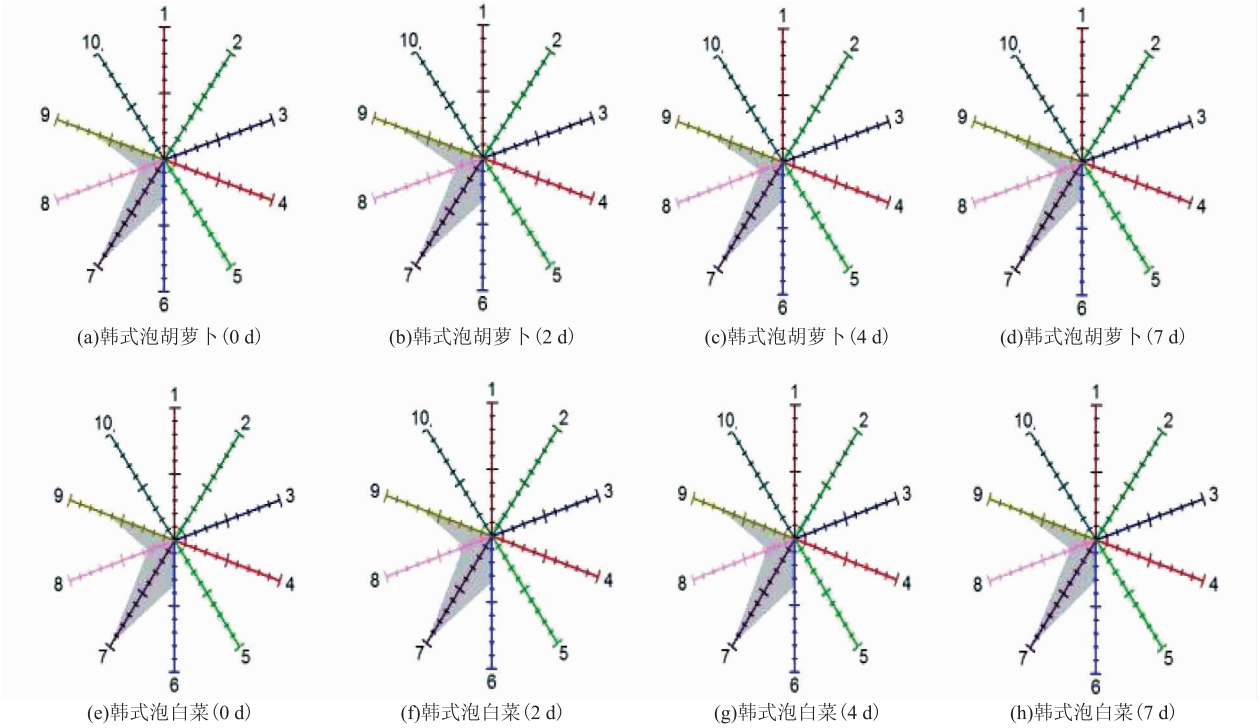


(a)韩式泡胡萝卜(0 d) (b)韩式泡胡萝卜(2 d) (c)韩式泡胡萝卜(4 d) (d)韩式泡胡萝卜(7 d)

(e)韩式泡白菜(0 d) (f)韩式泡白菜(2 d) (g)韩式泡白菜(4 d) (h)韩式泡白菜(7 d)

图 4 电子鼻分析韩式泡胡萝卜和泡白菜的气味响应曲线

Fig. 4 Smell response curve of Electronic nose for compareing Korean carrot and cabbage Kimchi



(a)韩式泡胡萝卜(0 d) (b)韩式泡胡萝卜(2 d) (c)韩式泡胡萝卜(4 d) (d)韩式泡胡萝卜(7 d)

(e)韩式泡白菜(0 d) (f)韩式泡白菜(2 d) (g)韩式泡白菜(4 d) (h)韩式泡白菜(7 d)

图 5 电子鼻分析韩式泡胡萝卜和泡白菜的气味雷达图

Fig. 5 Smell radar figures of electronic nose for compareing Korean carrot and cabbage Kimchi

表 3　韩式泡胡萝卜及韩式泡白菜特征气味的相关性分析

Table 3　Correlational analysis of the smell characteristic for Korean carrot kimchi

样品	0 d	2 d	4 d	7 d
韩式泡胡萝卜(0 d)	—	0.949	0.820	0.944
韩式泡胡萝卜(2 d)	0.949	—	0.983	0.719
韩式泡胡萝卜(4 d)	0.820	0.983	—	0.960
韩式泡胡萝卜(7 d)	0.944	0.719	0.960	—
韩式泡白菜(0 d)	—	0.928	0.909	0.978
韩式泡白菜(2 d)	0.928	—	0.814	0.839
韩式泡白菜(4 d)	0.909	0.814	—	0.732
韩式泡白菜(7 d)	0.978	0.839	0.732	—

经过一定时间的发酵,泡菜 45、46、47 s 特征气味数值的相关性分析表明,各样品间气味的相关系数较高,韩式泡胡萝卜的最大相关系数是 4 d 和 7 d 的 0.960,最小相关系数是 2 d 和 7 d 的 0.719;韩式泡白菜的最大相关系数是 0 d 和 7 d 的 0.978,最小相关系数是 4 d 和 7 d 的 0.732。

应用电子鼻分析 2 种原料制备的不同发酵时间样品,研究样品的挥发物的气味,再经过主成分分析,结果见图 6。

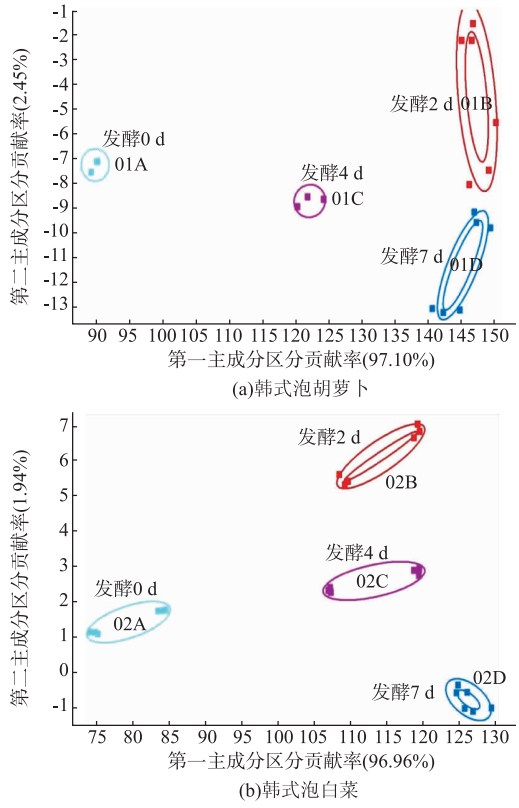


图 6　韩式泡胡萝卜及泡白菜气味的主成分分析

Fig. 6　PCA of Korean carrot and cabbage Kimchi

从图 6 可看出:通过主成分分析后,样品的特征气味聚集成 2 个主成分,可以方便地看出样品间的差异。韩式泡胡萝卜的分析结果:第一主成分的区分贡献率为 97.10%,第二主成分的区分贡献率为 2.46%,两个主成分的累积区分贡献率为 99.56%,所以这两个主成分可代表韩式泡胡萝卜的主要特征气味信息。韩式泡白菜的分析结果:第一主成分的区分贡献率 96.96%,第二主成分的区分贡献率 1.94%,两个主成分的累积区分贡献率 98.90%,所以这两个主成分可完全代表韩式泡白菜的主要特征气味信息。

对气味特征进行 LDA 分析,可以有效地抽取特征气味的信息,使类别区分达到最佳的分离性。为进一步区分不同发酵时间的韩式泡白菜、韩式泡胡萝卜的差异性,对气味特征进行 LDA 分析,结果见图 7。韩式泡胡萝卜、韩式泡白菜的气味特征可以明显分成 4 类,即未发酵的胡萝卜和白菜明显分开地独自成 2 个群,而且它们距离发酵产品很远;发酵后的胡萝卜和白菜可各自明显分开,独自成为 2 个群。

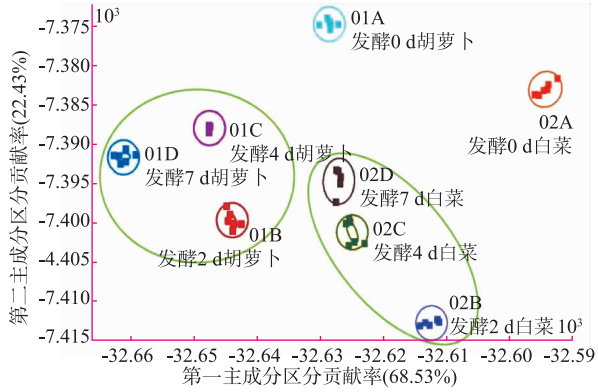


图 7　韩式泡胡萝卜和泡白菜的线性判别式分析

Fig. 7　LDA of Korean carrot and cabbage Kimchi

2.4　电子舌分析韩式泡菜味觉的结果

以 KCL-酒石酸的人工唾液为标准参比溶液,此基准参比溶液的输出为“0”点,除了酸味和咸味,其他味觉指标的无味点均为 0,将大于无味点的味觉项目作为评价指标,分析各个样品的可评价味觉,达到绝对输出值,再经过数值处理,得到结果见表 4。

由于基准人工唾液标准参比溶液是氯化钾、酒石酸配制而成,含有少量的酸和盐,酸味和咸味的无味点分别为-13 和-6,无味点项目中的味觉可以认为是该样品没有味道的起始味觉,以参比溶液为基准的样品味觉雷达图见图 8。

表 4　以参比溶液为基准的韩式泡胡萝卜、泡白菜的味觉分析结果

Table 4　Taste analyzing results of Korean carrot and cabbage Kimchi on the basis of reference solution

项 目	酸味	苦味	涩味	苦味回味	涩味回味	鲜味	丰富性	咸味
参比溶液	−13.00	0	0	0	0	0	0	−6.00
韩式泡胡萝卜(0 d)	12.87	1.33	0.45	1.20	0.81	−2.94	−1.29	4.50
韩式泡胡萝卜(2 d)	16.12	2.03	1.05	1.48	1.15	−4.55	−3.23	5.92
韩式泡胡萝卜(4 d)	14.88	1.89	0.90	1.60	1.12	−3.83	−2.60	5.87
韩式泡胡萝卜(7 d)	15.20	1.54	0.68	1.40	1.13	−3.91	−2.49	5.19
韩式泡白菜(0 d)	16.33	5.38	2.00	1.85	1.94	−4.87	−4.88	10.76
韩式泡白菜(2 d)	14.44	5.61	2.46	1.87	1.97	−3.67	−2.98	8.33
韩式泡白菜(4 d)	14.40	5.58	2.23	1.85	2.01	−3.69	−3.22	9.78
韩式泡白菜(7 d)	16.65	6.46	3.70	1.98	2.28	−4.86	−4.74	7.97

注:以 KCL−酒石酸的人工唾液为标准参比溶液,Tasteless 为无味点(参比溶液);由于参比溶液呈酸性,故酸味的无味点为−13,咸味的无味点为−6。

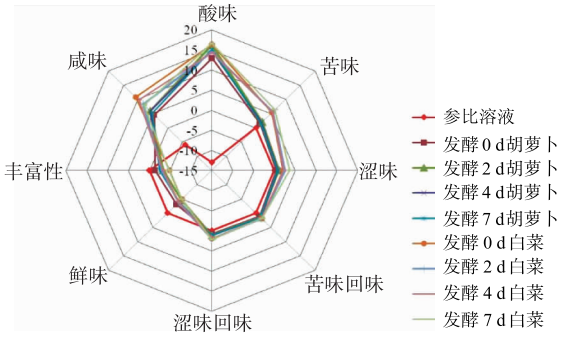


图 8　以参比溶液为基准的全味觉雷达图

Fig. 8　Full taste radar figure on the basis of reference solution

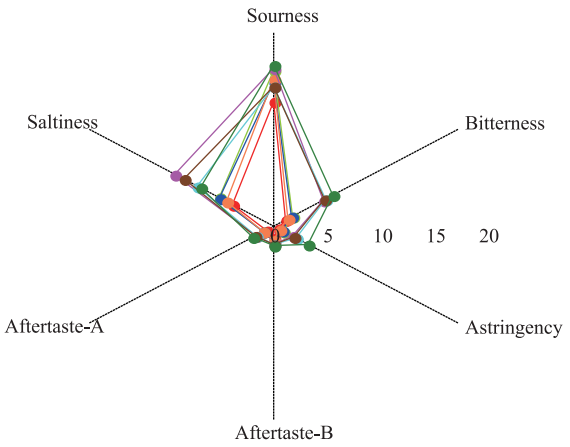


图 9　韩式泡胡萝卜、泡白菜的有效味觉雷达图

Fig. 9　Effective taste radar figure of Korean carrot and cabbage Kimchi

由表 5 可知,韩式泡胡萝卜、韩式泡白菜的鲜味、丰富性两个味觉特征都比无味点的参比溶液特征小,因此,鲜味和丰富性不能作为评价韩式泡菜的有效指标。由图 8 可知,除鲜味和丰富性这两个味觉特征外,其他的味觉指标都可以用来分析韩式泡胡萝卜、韩式泡白菜的滋味差异性。

由于泡菜的鲜味和丰富性的信号不能作为评价指标,故可去除鲜味和丰富性的测定数值,将其他的指标值用来评价泡菜的味觉,制成的雷达图,见图 9。从图 9 可知,在不同的发酵时间,韩式泡胡萝卜、韩式泡白菜的味道多样,均具有可分辨,差异显著的酸味、咸味、苦味、涩味和苦味回味、涩味回味味觉特征;同时,两类材料的韩式泡胡萝卜、韩式泡白菜在这些味觉特征上,也存在一定的变化差异性。

2.4.1　韩式泡菜酸味的变化　韩式泡胡萝卜与韩式泡白菜,发酵 0、2、4、7 d 酸味值的变化见图 10。在发酵 0~7 d,韩式泡胡萝卜和韩式泡白菜的酸味值均有显著变化,为 12~16。在 0 d 时韩式泡胡萝卜的酸味值最小为 12.75,发酵 2 d 时酸味值就达到最大值 16.0,到 4 d 时酸味值降低,7 d 酸味值稍微增加,但与 4 d 时的接近。与韩式泡胡萝卜比较,韩式泡白菜在 0 d 时酸味值很大,发酵 2 d 时酸味值降低为 14.5,到 4 d 时酸味值再降低到最小值,7 d 酸味值增加明显,而与 0 d 时的接近。因此,在发酵 0~7 d,韩式泡胡萝卜和韩式泡白菜的酸味值变化均十分显著,酸味差异达 2 个单位,一般人即可分辨其酸味值变化的差异性,但是,两种材料制备的韩式泡菜,酸味值的变化规律不同,这很可能是由于根茎类蔬菜与叶类蔬菜的细胞、组织差异性造成的。

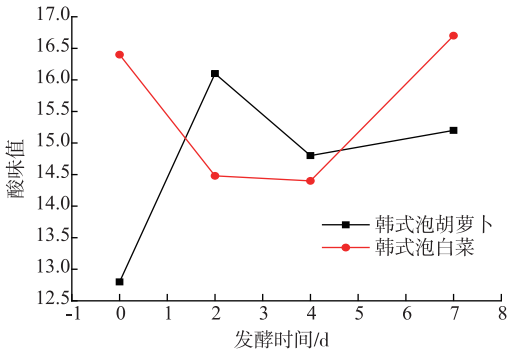


图 10　韩式泡胡萝卜、韩式泡白菜的酸味变化

Fig. 10　Sour change of Korean carrot and cabbage Kimchi

2.4.2　韩式泡菜咸味的变化　咸味是泡菜重要的味觉指标,韩式泡胡萝卜与韩式泡白菜,发酵 0、2、4、7 d 的咸味变化见图 11。韩式泡胡萝卜的咸味远小于韩式泡白菜,二者差易较大。韩式泡胡萝卜在 0 d 时咸味最小 4.5,2 d 时最大为 6.0，到发酵 4 d 时稍减小,而与 2 d 时的咸味相近,各个样品间咸味值的差异均在 1 个单位以上,因此,一般人便可分辨各个样品间咸味变化的差异。与韩式泡胡萝卜比较,韩式泡白菜的咸味很重,在 0 d 时咸味最大约为 11.0,2 d 时减小到最小为 8.5，到发酵 4 d 时稍增大,到 7 d 时又减小,而与 2 d 时的咸味一致,4 个样品间的咸味差异显著,一般人便可分辨。

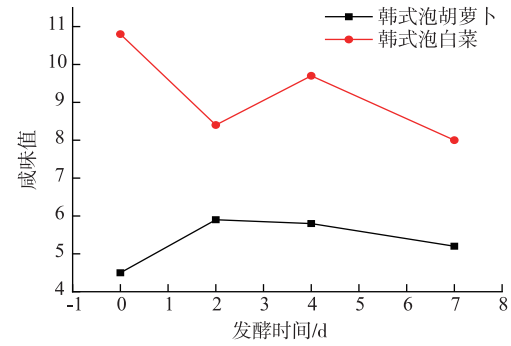


图 11　韩式泡胡萝卜和韩式泡白菜的咸味变化

Fig. 11　Salinity change of Korean carrot and cabbage Kimchi

2.4.3　韩式泡菜苦味及苦味回味的变化　人对苦味的感觉最慢，但人对苦味比其他味觉都敏感,更容易被觉察。苦味是基本的味觉之一,也是泡菜的重要风味指标,略带一点苦味,可使菜肴具有香鲜爽口的特殊风味,刺激人的食欲,但过强的苦味就令人无法接受。韩式泡胡萝卜与韩式泡白菜发酵 0、2、4、7 d,苦味和苦味回味变化见图 12。韩式泡胡萝卜与韩式泡白菜的苦味差异很大,韩式泡白菜的苦味远大于韩式泡胡萝卜。韩式泡白菜在发酵 0、2 d 和 4 d 时,样品间的苦味差异很小,人的味觉不能分辨它们的差异,到 7 d 时,苦味增加明显,达到人可以分辨其苦味与其他样品的差异性。韩式泡胡萝卜发酵 0 d 时苦味最小,发酵 2 d 达到苦味最大值,差异接近 1 个单位,人可分辨差异性,在发酵 4 d 和 7 d 苦味逐渐降低,但是,样品间苦味的差异性不明显。

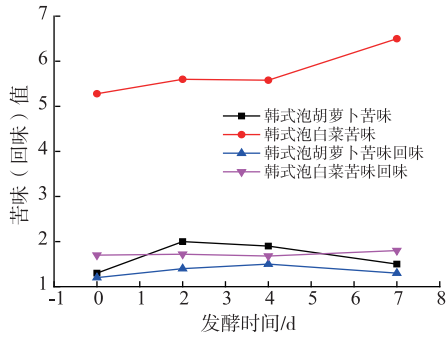


图 12　韩式泡胡萝卜与韩式泡白菜的苦味和苦味回味变化

Fig. 12　Bitterness and bitter aftertaste changes of Korean carrot and cabbage Kimchi

韩式泡胡萝卜与韩式泡白菜的苦味回味接近,苦味回味值均在 1~2 之间变化,各样品间几乎无差异,韩式泡白菜的苦味回味稍强于韩式泡胡萝卜。

2.4.4　韩式泡菜涩味及涩味回味的变化　韩式泡胡萝卜与韩式泡白菜，发酵 0、2、4、7 d 的涩味和涩味回味变化见图 13。韩式泡胡萝卜在发酵 0 d 时的涩味值最小约 0.25，发酵 2 d 时达到涩味最大值的 1.0,4 d 时减小,7 d 时涩味进一步减小,样品间差异较小,人不能分辨差异性。韩式泡白菜在发酵 0 d 时涩味值最小,发酵 2 d 时涩味值增加 0.5 个单位,4 d 时稍减小,但比 0 d 时稍大,到 7 d 时大幅跃升增加 1.5 个单位,人明显能分辨差异性。

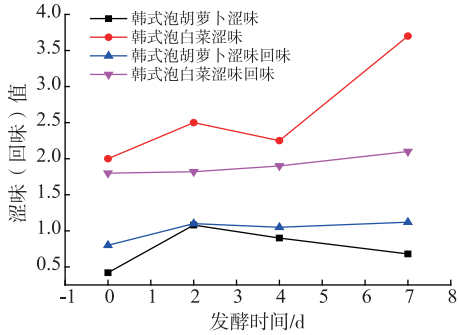


图 13　韩式泡胡萝卜与韩式泡白菜的涩味和涩味回味变化

Fig. 13　Astringency and astringent aftertaste changes of Korean carrot and cabbage Kimchi

韩式泡胡萝卜、韩式泡白菜的涩味回味值的变化幅度相似,但是,涩味回味值的大小差异较大,韩式泡胡萝卜的涩味回味值较韩式泡白菜的涩味回味值小 1.5 个单位, 涩味回味明显可以分辨出差异性。但是,在韩式泡胡萝卜或韩式泡白菜的同材料、不同发酵时间的样品间,涩味回味差异很小,人明显不能分辨泡菜的涩味回味差异性。

3 结 语

韩式泡胡萝卜发酵 6 d 时乳酸菌含量达到最大值,韩式泡白菜发酵 4 d 时达到最大值,达到最大值后,2 种泡菜的乳酸菌含量都快速减少。韩式泡菜发酵时,乳酸的形成在 3 d 时,发酵产生的乳酸升高了酸度,降低了 pH 值。

应用 PEN3 电子鼻检测发酵过程中样品气味特征,发现韩式泡胡萝卜和韩式泡白菜的气味响应曲线和雷达图都很相似,说明韩式胡萝卜泡菜、韩式白菜泡菜的气味特征十分接近。也发现各样品间具有显著的差异性。韩式泡胡萝卜和韩式泡白菜的气味特征差异主要表现在第一主成分上,即对应的芳香成分、有机和无机硫化物有明显差异。

应用 TS-5000Z 电子舌检测发酵过程中样品滋味特征, 发现除鲜味和丰富性这两个味觉特征外,其他的酸味、苦味、涩味和苦味回味、涩味回味等味觉特征都可以用来作为区分韩式泡胡萝卜、泡白菜的滋味差异性的指标。在不同的发酵时间,韩式泡胡萝卜、韩式泡白菜的味道多样,均具有可分辩酸味、咸味、苦味和苦味回味、涩味和涩味回味等味觉特征的差异;同时,叶类和根茎类蔬菜的韩式泡菜在这些味觉特征上的变化,也存在一定差异性。

参考文献:

[1] GAN Yi,LI Hongjun,FU Yang,et al. Physico-chemical and microbiological characteristics of kimchi[J]. **Food Science**,2014,19:125-127.(in Chinese)

[2] ZHANG Liang,XIANG Wenliang,ZENG Zesheng,et al. Formulation of lactobacillus strains for preparation of Sichuan pickles [J]. **Food Science**,2013,19:200-206.(in Chinese)

[3] LI Wenbin,TANG Zhongwei,SONG Minli. The up to date returns of nutritive value and health protection of Korean pickled vegetable[J]. **Agricultural Products Processing(Journal)**,2006(8):83-84+102.(in Chinese)

[4] JING Xiaofan,LI Xiaohui,ZHANG Qisheng,et al. Analysis on the nitrate and nitrite levels in pickles from Chengdu City[J]. **Modern Preventive Medicine**,2013,40(3):423-424+429.(in Chinese)

[5] ZHU Kongliang,WU Dan,WU Jing. Investigation on high cell density cultivation of lactobacillus brevis specific for vegetable fermentation[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2015,34(8):828-834.(in Chinese)

[6] WANG Liping,WANG Xin,AI Lianzhong,et al. Fermentation of low-salt pickled radish by pure strains of lactobacillus plantarum[J]. **Food Science**,2013,17:182-186.(in Chinese)

[7] YU Lingfang,LIU Juan,SHEN Yonggen,et al. Comparison of processing technology of Sichuan pickle and Korean pickle[J]. **Food and Fermentation Industries**,2014,40(8):109-113.(in Chinese)

[8] ZHANG Yan,Xiao Gengsheng,Chen Weidong,et al. Progress in the research of the fermented vegetables[J]. **Modern Food Science & Technology**,2005,21(1):184-186.(in Chinese)

[9] SOYOUNG P,YOSEP J,HYUNJOON P,et al. Evaluation of functional properties of lactobacilli isolated from Korean white kimchi[J]. **Food Control**,2016,6(9):5-12.

[10] HYUNJOON P,HEUYNKIL S,KYUYEON L,et al. Autoinducer-2 properties of kimchi are associated with lactic acid bacteria involved in its fermentation[J]. **International Journal of Food Microbiology**,2016,22(5):38-42.

[11] SU J J,MIN J K,SOO W C. Quality and functional characteristics of kimchi made with organically cultivated young Chinese cabbage(olgari-baechu)[J]. **Journal of Ethnic Foods**,2016,3(2):150-158.

[12] JI Y J,SE H L,CHE O J. Kimchi microflora:history,current status,and perspectives for industrial kimchi production[J]. **Applied**

Microbiology and Biotechnology,2014,98(6):2385-2393.

[13] KYUNGSUN H,SHAMBHUNATH B,WANG J H,et al. Contrasting effects of fresh and fermented kimchi consumption on gut microbiota composition and gene expression related to metabolic syndrome in obese Korean women[J]. **Mol Nutr Food Res**,2015,59(5):1004-1008.

[14] SE H L,JI Y J,CHE O J. Source tracking and succession of kimchi lactic acid bacteria during fermentation[J]. **Journal of Food Science**,2015,80(8):1871-1877.

[15] HONG S W,CHOI Y J,LEE H W,et al. Microbial community structure of korean cabbage kimchi and ingredients with denaturing gradient gel electrophoresis[J]. **Journal of Microbiology and Biotechnology**,2016,26(6):1057-1062.

[16] 刘娟. 年产 6000 吨韩式泡菜加工工厂设计[D]. 南昌:江西农业大学,2012.

[17] YANG Sijia,WANG Ying,LI Yuting,et al. Rapid detection of lactobacillus and a preliminary investigation of lactobacillus plasmids of pickle[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2013,32(6):639-644.(in Chinese)

[18] WANG Jinju,CUI Baoning,ZHANG Zhizhou. Flavor generation mechanism of pickle[J]. **Food Research and Development**,2008,12:163-166.(in Chinese)

[19] SONG Chunlu,HU Wenzhong,CHEN Chen,et al. Research of fermentation and storage characteristic in Chinese sauerkraut[J]. **Science and Technology of Food Industry**,2016,37(9):376-379.(in Chinese)

[20] CHEN Gong. Quality evaluation and standard discussion of Chinese pickle[J]. **Science and Technology of Food Industry**,2009,30(2):335-338.(in Chinese)

[21] SU Yang. How to make Korean pickled vegetables and its flavor chemical principles[J]. **China Condiment**,2010,35(8):71-74.(in Chinese)

[22] GAO Ling. The difference between Sichuan pickle and Korean pickle production[J]. **China Condiment**,2004,12:3-5.(in Chinese)

科　技　信　息

欧盟评估海藻间隙膨润土制品作为所有动物物种饲料添加剂的有效性

2019 年 2 月 15 日,据欧盟食品安全局(EFSA)消息,应欧盟委员会要求,欧盟动物饲料添加剂和产品(FEEDAP)研究小组被要求就海藻间隙膨润土制品作为黄曲霉毒素 B1((AfB1))粘合剂用于所有动物物种的有效性发表科学意见。

据了解,该添加剂由饲料级膨润土和石蒜属藻类组成。经过评估,研究小组得出结论,由于证据不足,欧盟动物饲料添加剂和产品小组无法断定海藻间隙膨润土作为所有动物物种的技术饲料添加剂的功效。

[信息来源]食品伙伴网. 欧盟评估海藻间隙膨润土制品作为所有动物物种饲料添加剂的有效性 [EB/OL]. (2019-3-1). http://news.foodmate.net/2019/03/508337.html