不同水解度鸡肉香精的风味研究

田怀香[1]，李凤华[1]，秦蓝[2]，于海燕[1]，马霞[1]
（1.上海应用技术学院香料香精技术与工程学院，上海 201418）
（2.雀巢研发中心上海有限公司，上海 201812）

摘要：以 5 种不同水解度的鸡骨架水解液为基料，通过美拉德反应制备鸡肉香精。利用感官评价以及电子鼻技术对不同水解度鸡肉香精的风味属性进行评价，并用气相色谱质谱仪（GC-MS）技术分析检测其风味物质。采用主成分分析（PCA）区分不同水解度鸡肉香精，通过偏最小二乘法（PLSR）将感官属性与 GC-MS 检测得到的风味物质进行相关性分析。感官评定结果表明 5 种不同水解度鸡肉香精的鸡肉味、脂肪香、大蒜味、辛辣味、酱香味、协调性，整体风味具有显著差异；电子鼻结合 PCA 分析不同水解度鸡肉香精达到 99%的区分度，可以很好的区分辨别不同水解度鸡肉香精；GC-MS 分析检测不同水解度鸡肉香精得到 82 种风味物质，主要包括醛类(17)，酮类(7)，含氮含硫化合物(12)，烯类(15)，醇类(19)，酯类(2)以及酸类(10)。PLSR 分析得到 36 种风味物质与感官属性相关性较好。实验说明电子鼻，GC-MS 结合多元统计分析方法是一项有效的识别不同水解度鸡肉香精的工具。

关键词：鸡肉香精；美拉德反应；感官评定；电子鼻；GC-MS；多元统计分析
文章篇号：1673-9078(2015)6-295-302 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.6.047

Aroma analysis of Chicken Flavorings with Different Degrees of Hydrolysis

TIAN Huai-xiang[1], LI Feng-hua[1], QIN Lan[2], YU Hai-yan[1], MA Xia[1]
(1.School of Perfume and Aroma Technology, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China)
(2.Nestlé R&D Centre Shanghai Ltd., Shanghai 201812, China)

Abstract: Chicken flavorings were prepared by the Maillard reaction using chicken skeleton hydrolysates that were hydrolyzed to different degrees as raw materials. The chicken flavorings with different degree of hydrolysis were used to investigate the aroma attributes using sensory evaluation and an electronic nose. The volatile compounds were identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Principal component analysis (PCA) was used to differentiate the chicken flavorings. The correlation between the sensory attributes and the volatile compounds was analyzed using partial least square regression (PLSR). The sensory evaluation indicated significant differences between the different chicken flavorings in the aroma properties of chicken, fat, spicy, garlic, onion, soy sauce, harmony, and overall flavor. The results of the electronic nose in combination with PCA explained 99 % of the variance, which showed that the electronic nose had the ability to differentiate chicken flavorings with different degrees of hydrolysis. A total of 82 volatile compounds including aldehydes (17), ketones (7), nitrogen- and sulfur-containing compounds (12), alkenes (15), alcohols (19), esters (2), and acids (10) were identified using GC-MS. Thirty-six volatile compounds showed good correlation with six sensory attributes according to the PLSR models. The results demonstrate that the electronic nose and GC-MS combined with multivariate statistical analysis were effective identification tools for the discrimination of chicken flavorings with different degrees of hydrolysis.

Key words: chicken flavoring; Maillard reaction; sensory evaluation; electronic nose; gas chromatography-mass spectrometry; multivariate statistical analysis

我国的饮食习惯使得肉香味食品深受广大消费者喜爱，然而长期以来肉制品加工过程中肉特征性风味的不足和损失，在一定程度上限制了肉制品、快餐业及其他相关食品产业的发展。目前，基于对肉类物质在加热过程中产生风味物质的反应模拟，以糖类和含硫氨基酸为原料，进行美拉德反应是产生肉香味的主要途径[1]；美拉德反应产物也具有良好的抗氧化性，可防止脂肪氧化，抑制细菌生长，能有效地延长肉味香精及其制品保质期[2~3]。酶解技术能充分地将原料蛋白改造成营养基料、功能性基料和调味基料，采用酶

收稿日期：2014-09-24
基金项目：校企合作项目（J2013-39）
作者简介：田怀香（1976-），女，博士，教授，研究方向：食品风味化学
通讯作者：马霞（1971-），女，博士，教授，研究方向：发酵食品

解技术对鸡骨架进行深加工，利用其中丰富的蛋白质制取氨基酸和小肽类，并应用这些氨基酸和小肽作为热反应型香精香料的前体物开发天然高品质的鸡肉风味香精香料[4]。酶解产物因水解程度的不同，在与还原糖发生美拉德反应时生成呈香、呈味化合物时的速率和程度不同[5~6]，得到的美拉德产物的感官风味也不同。因而，研究酶解液水解程度对美拉德反应产物感官风味的影响，对制备出优质天然的鸡肉香精具有重要意义。

对于鸡肉香精及鸡肉制品的感官质量分析，一直以来是通过人工感官评定的方法鉴别[7~8]。这种方法方便，不可替代，然而具有一定的主观性，易受评定人员身体状况，心里状况等因素的影响[9]。电子鼻作为一种用于分析、识别和检测复杂气味和挥发性成分的人工嗅觉装置，能很好的辅助人工感官评定评价肉味香精及肉制品的品质[10~11]。固相微萃取气相色谱质谱仪（SPME-GC-MS）作为检测物质特征性物质风味的有效方法，也广泛应用于鸡肉味香精及肉制品的品质控制[12]。然而，迄今未查阅到利用电子鼻和 GC-MS 对不同水解度的鸡肉香精进行分析研究的文献。

本文通过生物酶解技术制备不同水解度的鸡骨架水解液，再以该水解液为基料通过美拉德反应制备鸡肉香精。利用感官评定，电子鼻分析技术对不同水解度的鸡肉香精进行分析辨别，通过 SPME/GC-MS 技术对不同水解度的鸡肉香精的风味成分进行分析鉴定，对制备出优质天然的肉味香精具有重要意义，为企业控制鸡肉香精的质量以及鸡精调味料的生产提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 原料

鸡骨架，市售；葱粉，大蒜粉，八角粉，洋葱粉，桂皮粉，盐均为市售。

风味蛋白酶（Flavorzyme），25000 U/g，丹麦诺维信酶制剂公司；复合蛋白酶（Protamex），47500 U/g，丹麦诺维信酶制剂公司；木糖，果葡糖浆，半胱氨酸，甘氨酸，Vc，VB为食品级，上海国药集团化学试剂有限公司；鸡油为鸡骨架处理过程中得到；不同水解度水解液-DH1=13.67，风味蛋白酶单一水解鸡骨架最佳酶解工艺得到，酶添加量2%；DH2=14.32，复合蛋白酶单一水解鸡骨架最佳酶解工艺得到，酶添加量2%；DH3=13.93，（风味蛋白酶-1.5%，复合蛋白酶-1.5%），DH4=15.87（风味蛋白酶-2%，复合蛋白酶-2%），DH5=18.55（风味蛋白酶-2.5%，复合蛋白酶-2.5%），由风味蛋白酶与复合蛋白酶复配水解鸡骨架得到。

1.2 试剂

磷酸氢二钠，磷酸二氢钠，氢氧化钠，甲醛溶液，1,2-邻二氯苯，甲醇，上海国药集团化学试剂有限公司。

1.3 仪器

Delta320 型 pH 计，梅特勒-托利多仪器上海有限公司；BS 124S 电子天平，北京赛得利斯科学仪器有限公司；601 超级恒温水域，上海森地科学仪器设备有限公司；250 mL 酶反应器，无锡湖景玻璃仪器试剂批发店；84-1 型磁力搅拌器，上海美颖浦仪器设备有限公司；DF-Ⅱ集热式磁力加热搅拌器，江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司；美拉德反应瓶，上海有机化学研究所；FOX 4000 电子鼻，法国阿尔法莫斯公司；7890A 气相色谱-5975C 质谱仪，安捷伦科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 不同水解度鸡肉香精的制备

鸡油（冷冻保存）

↑

新鲜鸡骨架→清洗→高压蒸煮→鸡骨肉→干燥→粉碎（80 目）→干燥保存→鸡骨架粉+水混合（酶反应器）→调节温度，pH→加酶酶解（风味蛋白酶，复合蛋白酶）→控制酶解时间→灭酶处理（85 ℃，30 min）→冷却→离心（8000 r/min, 4 ℃, 15 min）→酶解产物（上清液，冷冻保存）→水解度测定→原料混合（美拉德反应瓶）→调节 pH 至 6.0→油浴锅中反应（反应时间 40 min，反应温度 105 ℃）→取出冷却→冷藏保存

1.3.2 鸡骨架水解液水解率[13]的测定

取水解液 5 mL，加入 75 mL 蒸馏水，磁力搅拌下用 0.05 mol/L 标准 NaOH 溶液滴定至酸度计至 pH 为 8.2，加入已中和的甲醛溶液 10 mL，记录将其 pH 滴至 9.2 时所消耗的 0.05 mol/mL 标准 NaOH 溶液的体积。同时取 80 mL 水，先用 0.05 mol/L 标准 NaOH 溶液滴定至酸度计至 pH 为 8.2，加入已中和的甲醛溶液 10 mL，记录将其 pH 滴至 9.2 时所消耗的 0.05 mol/mL 标准 NaOH 溶液的体积，作为试剂空白。

计算公式：

$$DH(\%)=\frac{(V_1-V_2)\times c\times\frac{V_3}{5}}{M\times w\%\times 6.25}\times 100$$

式中：DH-水解度，单位为%；V_1-测定用试样稀释液加入甲醛后消耗氢氧化钠标准溶液的体积，单位为 mL；V_2-试剂空

白加入甲醛后消耗氢氧化钠标准溶液的体积，单位为 mL；V_3-试样稀释液总体积，单位为 mL；c-氢氧化钠标准滴定溶液的浓度，单位为 mol/L；M-酶解试样质量，单位为 g；w%-鸡骨架粉中蛋白质含量百分比。

1.3.3 感官评定

不同水解度美拉德反应液各取 20 mL 样品，置于 50 mL 玻璃杯中。感官评价方法选用定量描述性感官评价，10 名感官评价人员（5 男 5 女，年龄在 20~30 岁之间）嗅闻美拉德反应液并综合其鸡肉味、脂肪香、大蒜味、辛辣味、洋葱味、酱香味、协调性以及整体风味对样品进行评分。评分方式采用 10 点制，0~2，可有可无；2~4，弱；4~6，中等；6~8，强；8~10，非常强[14]。

1.3.4 电子鼻检测条件

为了保证电子鼻测量数据的稳定性和精确度，电子鼻系统在监测之前进行预热和校准处理。美拉德反应液各称取 1.0 g，精确至 0.0002 g。

气味指纹分析条件：载气为合成干燥空气，流速 150 mL/min；顶空产生参数：时间 1080 s，温度 60 ℃，搅动速度 500 r/min；顶空注射参数：注射体积 1500 μL，注射速度 1500 μL/s，注射温度 70 ℃。获取参数时间 120 s，延滞时间 600 s。每个样品重复采集 6 次，取稳定后的 4 次数据。

1.3.5 GC-MS 检测条件

SPME 条件：萃取针型号为 50/30 μm DVB/CAR/PDM，先把 SPME 萃取针在 GC 进样口老化 30 min，老化温度为 250 ℃，取美拉德反应液 3.0 g 放入 20 mL 萃取瓶中，置于 60 ℃水浴锅内平衡 3 min，将 SPME 萃取针插入萃取瓶中萃取 30 min 后打入 GC-MS。

气相色谱条件：色谱柱为 HP-Innowax（60 m ×0.25 mm×0.25 μm），载气为 He，分流比为 3:1。程序升温：50 ℃保持 2 min，以 4 ℃/min 速率升温至 250 ℃再保持 10 min。

质谱条件：E1 离子源，电离能 70 eV，离子源温度 230 ℃，接口 250 ℃，进样量 1 μL，扫描范围 40~450 u，全扫描方式。所得质谱数据用 Wiely7n.1 质谱数据库检索，用内标法确定各组分的相对含量，内标为 1,2-邻二氯苯（0.0192 μg/μL，10 μL，以甲醇为内标溶剂）。每个样品重复检测 3 次，取其平均值。

1.4 数据处理

感官评定及 GC-MS 结果（平均值以及标准偏差）由 SAS 软件分析；电子鼻结果由 PCA 统计分析。风味物质与感官属性的 PLSR 相关统计分析由 Unscrambler version 9.7 软件完成。

2 结果与讨论

2.1 感官评定对不同水解度鸡肉香精的区分

对 5 种不同水解度鸡肉香精的感官属性（鸡肉味、脂肪香、大蒜味、辛辣味、洋葱味、酱香味、协调性以及整体风味）进行感官评定，感官评定结果通过方差分析统计，感官属性的平均值及标准偏差结果见表 1。

表 1 不同水解度鸡肉香精感官评定结果

Table 1 Sensory evaluation results of chicken flavor with different degrees of hydrolysis

DH	鸡肉香	脂肪香	大蒜味	辛辣味	洋葱味	酱香味	协调性	整体风味
DH1	7.40 ± 0.52^{c}	7.30 ± 0.82^{c}	4.40 ± 0.52^{b}	6.80 ± 0.79^{b}	4.80 ± 0.63^{a}	5.20 ± 0.63^{b}	7.80 ± 0.63^{bc}	8.00 ± 0.94^{b}
DH2	7.80 ± 0.92^{bc}	7.70 ± 0.82^{bc}	4.90 ± 0.57^{ab}	6.50 ± 0.85^{b}	4.70 ± 0.67^{a}	5.10 ± 0.74^{b}	7.50 ± 0.53^{c}	7.90 ± 0.88^{b}
DH3	8.40 ± 0.52^{ab}	8.20 ± 0.79^{ab}	5.10 ± 0.74^{a}	6.70 ± 0.48^{b}	5.10 ± 0.57^{a}	5.30 ± 0.48^{b}	8.30 ± 0.48^{b}	8.30 ± 0.67^{ab}
DH4	8.90 ± 0.57^{a}	8.70 ± 0.48^{a}	5.40 ± 0.84^{a}	7.00 ± 0.47^{b}	5.30 ± 0.48^{a}	5.50 ± 0.53^{ab}	8.90 ± 0.74^{a}	9.00 ± 0.67^{a}
DH5	8.00 ± 0.67^{bc}	8.30 ± 0.82^{ab}	4.90 ± 0.74^{ab}	7.70 ± 0.67^{a}	4.90 ± 0.74^{a}	6.00 ± 0.82^{a}	7.90 ± 0.67^{bc}	8.20 ± 0.79^{b}

注：同一列不同字母(a~c)表示组间差异显著(P<0.05)。

由表 1 可知，5 个不同水解度鸡肉香精的感官属性（鸡肉味、脂肪香、大蒜味、辛辣味、洋葱味、酱香味、协调性以及整体风味）之间大多具有显著性差异（P<0.05），邓肯氏分析结果表明，鸡肉香、脂肪香、协调性的显著性差异最显著，其次是大蒜味、辛辣味、酱香味、整体风味属性，洋葱味属性不具有显著性差异。因此，感官评价可以很好的表示不同水解度鸡肉香精的风味特征。单一酶水解得到的鸡肉香精（DH1, DH2）的风味均低于复合酶水解得到的鸡肉香精（DH3，DH4，DH5）的风味，说明复合蛋白酶与风味蛋白酶复配水解鸡骨架粉可以提供更好的美拉德反应基料。其中，水解度 DH4 得到的鸡肉香精的协调性及整体风味最佳。水解度 DH5 得到的鸡肉香精由于辛辣味过重而影响了鸡肉香精的协调性及整体风味。

2.2 电子鼻对不同水解度鸡肉香精的区分

对 5 种不同水解度鸡肉香精的风味进行电子鼻检测，对电子鼻采集得到的数据进行 PCA 分析，结果见

图 1。

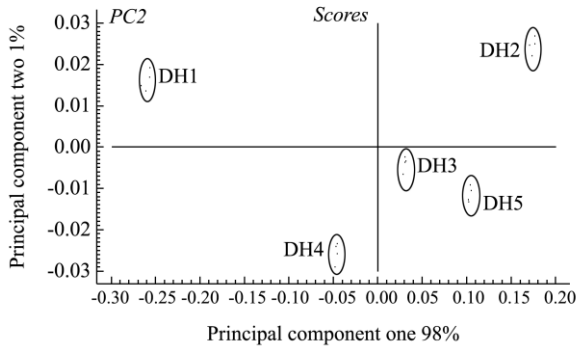


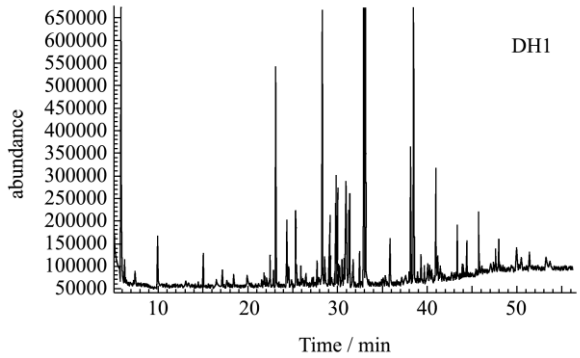
图 1 电子鼻对 5 种不同水解度鸡肉香精的 PCA 分析图

Fig.1 PCA plot of chicken flavor with different degrees of hydrolysis analyzed with an electronic nose

PCA 图以散点图为基础，每个点代表一个样品，点之间的距离代表样品之间特征差异的大小。由图 1 可知，不同水解度鸡肉香精的 4 次重复数据点可以清晰的聚成一个独立的族群，说明 PCA 分析得到的各样品数据的重复性很好。图 1 中两个主成分的累积方差贡献率达到 99%（PC1 为 98%；PC2 为 1%），说明 PC1 和 PC2 包含了较大的样品信息量，能很好的反应样品的整体信息，反映不同水解度鸡肉香精样品的差异。根据 PC1 区分结果得到，5 个不同水解度鸡肉香精样品在图 1 中从左至右依次被区分出来，根据 PC2 区分结果，可把复配酶水解得到的水解度为 DH3，DH4，DH5 的鸡肉香精与单一酶水解得到的鸡肉香精区分；表明电子鼻有足够的灵敏度区分不同水解度鸡肉香精，且复配酶水解得到的鸡肉香精（DH3，DH4，DH5）之间的差异相对较小，这与感官评定的结果一致。

2.3 GC-MS 对不同水解度鸡肉香精的风味物质检测

对 5 种不同水解度鸡肉香精的风味进行 GC-MS 分析检测，结果通过统计分析得到风味物质的风味物质的色谱图见图 2，平均值及标准偏差结果见表 2。



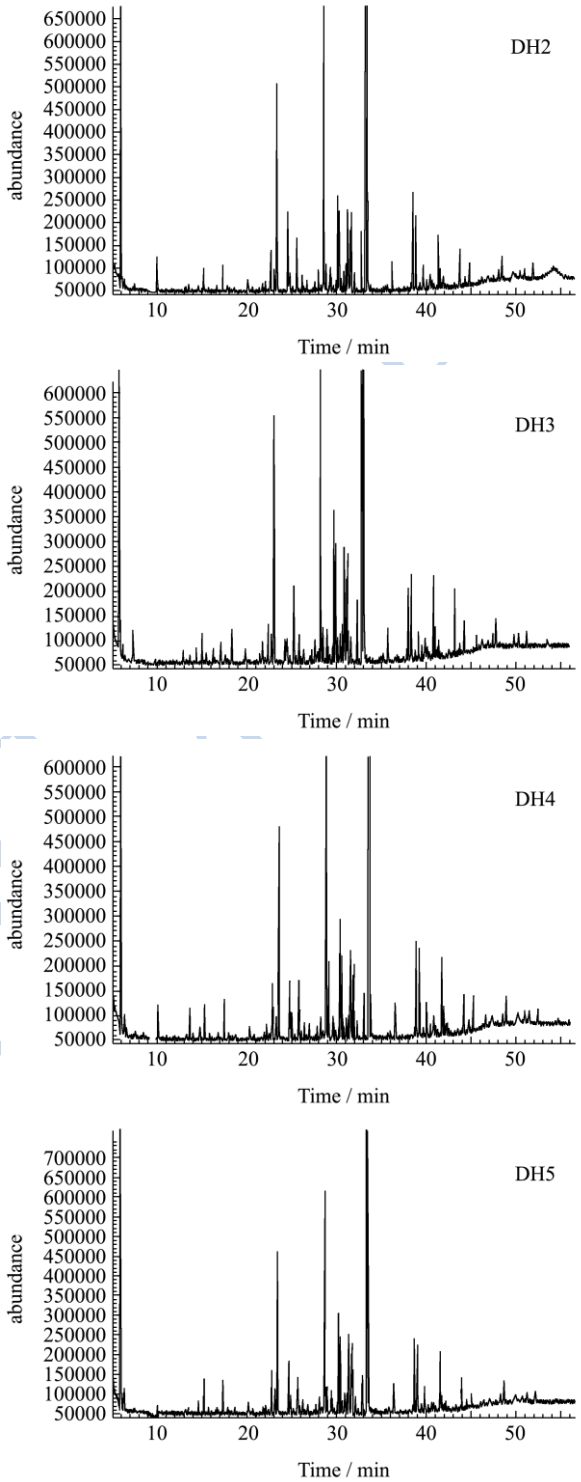


图 2 不同水解度鸡肉香精风味成分的总离子流图

Fig. 2 Total ion chromatogram of volatile compounds in the chicken flavor with different degrees of hydrolysis

由表 2 可以得到，不同水解度鸡肉香精中共检测到风味物质 82 种，主要包括醛类、酮类、含氮含硫化合物、烯类、醇类、酯类以及酸类。其中醛类 17 种，酮类 7 种，含氮含硫化合物 12 种，烯类 15 种，醇类 19 种，酯类 2 种，酸类 10 种。其中，复合蛋白酶单一水解（DH2）得到的风味物质的总含量最少；风味

蛋白酶单一水解（DH1）得到的风味物质的总含量虽然高于水解度 DH3、DH4 的鸡肉香精，但主要是醇类、以及醛类中肉桂醛的含量较高，这些物质对美拉德反应产物风味的贡献较小；风味蛋白酶和复合蛋白酶复配水解得到的风味物质的总含量随着水解度的增大而升高。美拉德反应过程中随着水解度的增大，得到的主要致香风味物质-含硫含氮化合物的含量也依次增加；除复合蛋白酶单一水解得到的鸡肉香精外，参与美拉德反应的酸类物质含量随着水解度的增大而减少。由感官评定实验可知，水解度为 DH5 的鸡肉香精由于辛辣味过重而影响其感官品质，这可能由其中的茴香脑含量过多造成。为了探究检测得到的风味物质中每种物质对鸡肉香精风味的贡献程度，图 3 展示了运用 PLSR 法对不同水解度鸡肉香精感官属性与 SPME/GC-MS 检测到的风味物质的相关性载荷图。其中，以 SPME/GC-MS 检测得到的 82 种风味物质作为 Y 变量，鸡肉香精的 6 种感官属性（鸡肉味、脂肪香、大蒜味、辛辣味、洋葱味、酱香味）作为 X 变量。图 3 中的两个椭圆分别表示 50 %（小）和 100 %（大）的方差贡献率。位于两个椭圆之间的风味物质均与感官属性具有较好的相关性。其中，风味物质异戊醛，正辛醛，苯甲醛，2-庚酮，香豆素，二烯丙基二硫，5-戊基-2（5H）-呋喃酮，δ-杜松萜烯，去二氢菖蒲烯，3, 5-辛二烯-2-醇，茴香脑，柏木醇，2-辛烯酸与辛辣味、酱香味相关性较好；风味物质反式-2, 4-癸二烯醛，2-正戊基呋喃，3-甲硫基丙醛，2-乙酰基吡咯，庚醇，α-松油醇，丁位辛内酯与鸡肉味、大蒜味、洋葱味相关性较好；风味物质反式-2-癸烯醛，2-甲基丁醛，2-十一烯醛，2-戊酮，2, 5-二甲基吡嗪，姜烯，橙花叔醇，3-苯丙醇，甲基-异丁子香酚，正戊酸与脂肪香相关性较好。风味物质 2, 4-癸二烯醛，己酰胺，β-红没药烯，1-辛烯-3-醇，肉桂醇，辛酸对鸡肉香精的鸡肉味、大蒜味、洋葱味、脂肪香均有较大贡献。

表 2 不同水解度鸡肉香精风味成分的 SPME/GC-MS 检测结果

Table 2 Results of volatile compounds in the chicken flavor with different degree of hydrolysis identified by SPME/GC-MS (μg/g, n=3)

保留时间/min		物质	DH1(13.67)	DH2(14.32)	DH3(13.93)	DH4(15.87)	DH5(18.55)
醛类(17)							
1	6.25	2-甲基丁醛	1.70±0.02	2.00±0.05	3.06±0.08	3.89±0.10	3.63±0.04
2	6.32	异戊醛	4.20±0.11	3.02±0.08	4.93±0.14	5.53±0.26	5.34±0.11
3	7.49	戊醛	3.50±0.17	2.84±0.00	0.96±0.02	1.28±0.08	1.70±0.08
4	10.02	己醛	9.80±0.25	nd	10.47±0.36	11.72±0.17	11.02±0.33
5	13.22	庚醛	1.60±0.02	nd	1.58±0.12	1.80±0.09	1.61±0.03
6	16.69	正辛醛	1.30±0.11	nd	1.53±0.07	1.89±0.08	1.74±0.03
7	20.19	壬醛	5.30±0.36	2.89±0.18	6.08±0.27	6.72±0.21	5.01±0.11
8	24.68	苯甲醛	20.10±0.35	4.98±0.11	16.52±0.41	17.72±0.21	23.61±0.22
9	28.09	反式-2-癸烯醛	nd	nd	6.96±0.09	7.53±0.13	6.63±0.22
10	29.24	3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	nd	1.11±0.03	nd	nd	nd
11	31.19	2-十一烯醛	nd	nd	9.82±0.27	8.56±0.13	7.91±0.09
12	31.20	反式-2-己烯醛	11.50±0.42	7.95±0.06	nd	nd	nd
13	31.59	2,4-癸二烯醛	0.98±0.00	1.07±0.01	1.37±0.04	1.52±0.02	1.29±0.05
14	32.89	反式-2,4-癸二烯醛	10.60±0.12	12.11±0.21	12.98±0.04	12.68±0.10	11.94±0.09
15	38.70	大茴香醛	36.50±0.23	14.05±0.11	nd	nd	nd
16	38.71	对甲氧基苯甲醛	nd	nd	25.72±0.12	26.32±0.02	24.30±0.18
17	39.04	肉桂醛	81.20±0.65	nd	nd	nd	nd
总含量（醛类）			188.28	52.02	101.98	107.16	105.73
酮类（7）							
18	7.38	2-戊酮	nd	nd	4.73±0.09	4.50±0.04	4.03±0.01
19	13.08	2-庚酮	nd	nd	2.19±0.00	2.17±0.01	2.76±0.01
20	20.03	4-辛酮	nd	0.93±0.01	nd	nd	nd
21	33.11	环癸酮	0.70±0.03	nd	nd	nd	nd

转下页

接上页

22	40.65	2,4,5-咪唑啉三酮	10.00±0.12	nd	nd	nd	nd
23	41.74	茴香基丙酮	nd	6.28±0.14	nd	nd	nd
24	41.74	对甲氧基苯基丙酮	6.80±0.11	nd	6.18±0.08	7.05±0.16	5.94±0.07
		总含量（酮类）	17.50	7.21	13.10	13.72	12.73
含硫含氮化合物（12）							
25	14.65	2-正戊基呋喃	1.10±0.00	2.56±0.03	3.17±0.02	3.49±0.01	2.72±0.03
26	17.90	2,5-二甲基吡嗪	1.30±0.02	1.02±0.03	1.74±0.01	2.38±0.02	2.01±0.03
27	22.42	3-甲硫基丙醛	2.90±0.04	3.62±0.05	4.10±0.05	4.19±0.04	4.43±0.00
28	22.70	糠醛	3.60±0.04	2.21±0.08	3.03±0.04	3.33±0.03	3.00±0.00
29	23.18	二烯丙基二硫	6.40±0.23	5.81±0.14	6.46±0.09	7.05±0.19	7.82±0.21
30	37.17	2-乙酰基吡咯	1.04±0.01	1.11±0.03	1.16±0.03	1.28±0.00	1.02±0.03
31	38.59	2-吡咯甲醛	nd	0.67±0.05	nd	nd	nd
32	38.60	3-甲氧基-4-甲基苯胺	1.60±0.19	nd	nd	nd	nd
33	39.86	5-戊基-2（5H）-呋喃酮	7.10±0.09	6.83±0.13	7.33±0.25	7.57±0.03	8.48±0.09
34	40.26	己酰胺	nd	nd	4.90±0.08	3.10±0.06	3.20±0.09
35	40.65	1,4-二甲基哌嗪	nd	8.74±0.21	nd	nd	nd
36	48.68	香豆素	6.38±0.09	6.88±0.18	7.30±0.03	7.49±0.04	7.93±0.04
		总含量（含硫含氮化合物）	31.42	39.45	39.19	39.88	40.61
烯类（15）							
37	15.76	苯乙烯	nd	nd	1.24±0.01	1.63±0.01	1.05±0.00
38	24.92	萜品油烯	5.10±0.03	4.11±0.05	5.05±0.05	5.50±0.10	5.03±0.01
39	26.81	1-石竹烯	5.10±0.04	3.32±0.03	4.50±0.04	4.66±0.00	4.94±0.09
40	28.59	γ-杜松烯	nd	4.35±0.67	nd	nd	nd
41	30.10	Epizonarene	4.00±0.05	nd	3.53±0.05	3.88±0.07	4.26±0.01
42	30.25	姜烯	30.70±0.26	29.01±0.08	33.21±0.18	34.22±0.09	32.46±0.17
43	30.44	β-红没药烯	nd	28.89±0.09	29.07±0.23	29.48±0.05	33.96±0.33
44	30.57	α-芹子烯	1.40±0.02	nd	1.24±0.03	1.52±0.00	1.47±0.02
45	30.82	γ-姜黄烯	nd	1.81±0.11	nd	nd	nd
46	30.83	α-长叶蒎烯	2.30±0.16	nd	nd	nd	nd
47	30.95	α-金合欢烯	6.80±0.09	nd	7.07±0.10	7.32±0.02	6.89±0.03
48	31.40	δ-杜松萜烯	40.70±0.13	38.45±0.07	43.36±0.19	44.06±0.04	47.93±0.27
49	31.70	β-倍半水芹烯	21.10±0.08	16.61±0.02	18.90±0.13	19.07±0.09	17.24±0.10
50	35.82	去二氢菖蒲烯	2.90±0.00	nd	1.27±0.03	1.19±0.03	2.47±0.03
51	38.92	β-甲基苯乙烯	2.10±0.11	nd	nd	nd	nd
		总含量（烯类）	122.20	126.55	148.44	152.53	157.70
醇类（19）							
52	15.23	1-戊醇	7.80±0.07	5.33±0.04	7.93±0.04	9.46±0.02	6.24±0.06
53	20.70	3,5-辛二烯-2-醇	1.00±0.00	nd	1.51±0.01	1.91±0.04	1.81±0.04
54	21.83	1-辛烯-3-醇	1.70±0.01	1.66±0.00	2.42±0.01	2.40±0.03	2.16±0.02
55	22.00	庚醇	1.08±0、02	1.44±0.00	1.74±0.02	1.76±0.01	1.40±0.01
56	25.22	1-辛醇	1.80±0.02	nd	2.10±0.03	1.67±0.03	1.55±0.04
57	28.10	2-环己烯-1-醇	7.40±0.10	nd	nd	nd	nd
58	28.22	2,3-辛二醇	1.20±0.00	nd	nd	nd	nd

转下页

接上页							
59	29.57	α-松油醇	3.60±0.03	3.88±0.14	4.21±0.05	4.72±0.07	3.97±0.03
60	33.47	茴香脑	1491.20±12.34	1254.63±9.78	1395.20±3.88	1542.85±10.02	1681.86±20.10
61	35.58	苯乙醇	2.00±0.03	1.51±0.03	1.34±0.03	1.40±0.00	1.32±0.02
62	37.46	2,4-癸二烯-1-醇	nd	1.19±0.04	nd	nd	nd
63	38.10	5-甲基-己烯-2-醇	nd	0.38±0.00	nd	nd	nd
64	38.52	橙花叔醇	nd	nd	3.00±0.04	2.15±0.01	2.49±0.01
65	38.92	3-苯丙醇	nd	nd	1.45±0.02	1.46±0.01	1.38±0.03
66	40.84	柏木醇	4.20±0.06	3.51±0.03	3.68±0.04	3.91±0.02	4.06±0.03
67	41.89	异丁香酚	2.50±0.03	1.71±0.02	2.30±0.01	2.41±0.00	1.90±0.02
68	42.15	甲基-异丁子香酚	nd	nd	3.42±0.03	3.50±0.04	3.40±0.02
69	42.27	A-毕橙茄醇	2.20±0.01	nd	2.06±0.01	2.75±0.09	2.35±0.04
70	44.54	肉桂醇	2.25±0.04	2.39±0.01	2.87±0.03	3.13±0.04	2.67±0.00
总含量（醇类）			1529.93	1277.63	1435.23	1585.48	1718.56
酯类（2）							
71	35.89	丁位辛内酯	1.20±0.03	nd	nd	nd	nd
72	35.90	丙位壬内酯	nd	0.71±0.03	nd	nd	nd
总含量（酯类）			1.20	0.71	nd	nd	nd
酸类（10）							
73	24.82	丙酸	5.70±0.06	4.56±0.04	4.79±0.06	3.95±0.07	3.85±0.01
74	25.69	异丁酸	21.70±0.12	15.81±0.10	15.38±0.08	15.35±0.18	14.96±0.11
75	27.51	丁酸	2.00±0.01	nd	1.18±0.04	2.12±0.05	1.69±0.03
76	28.71	异戊酸	126.40±1.56	85.13±0.55	104.17±0.76	94.30±0.22	91.80±1.33
77	30.67	正戊酸	nd	nd	6.30±0.00	5.26±0.07	5.28±0.13
78	33.59	己酸	137.50±0.54	72.43±0.33	95.40±0.29	92.91±1.21	93.37±0.45
79	36.38	庚酸	11.70±0.21	6.54±0.02	9.40±0.08	9.69±0.03	8.07±0.04
80	39.03	辛酸	nd	17.22±0.16	24.37±0.03	20.83±0.24	22.97±0.21
81	41.55	壬酸	31.30±0.22	16.60±0.12	22.41±0.08	20.29±0.19	16.72±0.21
82	42.02	2-辛烯酸	5.10±0.01	2.98±0.02	4.54±0.01	3.58±0.04	3.55±0.05
总含量（酸类）			341.40	221.27	287.94	268.28	262.26
总含量			2231.93	1724.84	2015.88	2167.05	2297.59

注：nd代表没有检测到或者不存在。

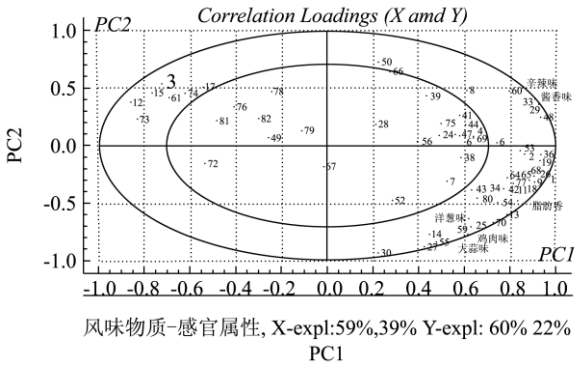


图 3 感官属性与风味物质相关性 PLSR 分析图

Fig. 3 PLSR plot of the correlation between sensory attributes and volatile compounds

3 结论

本试验使用感官评定，电子鼻技术，GC-MS 结合多元统计分析方法对不同水解度鸡肉香精进行分析研究。感官评定结果表明 5 种不同水解度鸡肉香精样品的感官属性鸡肉味、脂肪香、大蒜味、辛辣味、酱香味、协调性，整体风味具有显著差异。电子鼻技术结合 PCA 方法可以识别不同水解度鸡肉香精的风味特征，进而将不同水解度的鸡肉香精区分出来，表明电子鼻具有识别不同水解度鸡肉香精的能力。GC-MS 分析检测不同水解度鸡肉香精，得到 82 种风味物质，其中醛类 17 种，酮类 7 种，含氮含硫化合物 12 种，

烯类 15 种，醇类 19 种，酯类 2 种，酸类 10 种。应用 PLSR 法研究感官属性与风味物质的相关性结果表明检测到的风味物质中 36 种物质对鸡肉香精感官属性有较大的贡献。说明电子鼻技术，GC-MS 技术可以很好的识别不同水解度鸡肉香精，为企业在制作鸡精调味料等过程中提供实时监测的手段，为控制产品品质提供理论基础。

参考文献

[1] WANG Ran, YANG Chao, SONG Huan-lu. Key meat flavour compounds formation mechanism in a glutathione-xylose Maillard reaction [J]. Food Chemistry, 2012, 131(1): 280-285

[2] SUN Wei-zheng, ZHAO Mou-ming, CUI Chun, et al. Effect of Maillard reaction products derived from the hydrolysate of mechanically deboned chicken residue on the antioxidant, textural and sensory properties of Cantonese sausages [J]. Meat Science, 2010, 86(2): 276-282

[3] Miranda L T, Rakovski C, Were L M. Effect of Maillard reaction products on oxidation products in ground chicken breast [J]. Meat Science, 2012, 90(2): 352-360

[4] Pagán J, Ibarz A, Falguera V, et al. Enzymatic hydrolysis kinetics and nitrogen recovery in the protein hydrolysate production from pig bones [J]. Journal of Food Engineering, 2013, 119(3): 655-659

[5] Kim J S, Lee Y S. Study of Maillard reaction products derived from aqueous model systems with different peptide chain lengths [J]. Food Chemistry, 2009, 116(4): 846-853

[6] 陈海涛,徐晓兰,张宁,等.鸡肉酶解工艺对热反应鸡肉香精香气的影响[J].食品科学,2013,34(9):150-154
CHEN Hai-tao, XU Xiao-lan, ZHANG Ning, et al. Opitimal chicken enzymatic hydrolysate for the preparation of chicken flavoring [J]. Food Science, 2013, 34(9): 150-154

[7] Yoon Y M, Park J H, Lee J H, et al. Effects of gamma-irradiation before and after cooking on bacterial population and sensory quality of Dakgalbi [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2012, 81(8): 1121-1124

[8] Dyubele N L, Muchenje V, Nkukwana T T, et al. Consumer sensory characteristics of broiler and indigenous chicken meat: A South African example [J]. Food Quality and Preference, 2010, 21(7): 815-819

[9] WANG Dan-feng, WANG Xi-chang, LIU Tai-ang, et al. Prediction of total viable counts on chilled pork using an electronic nose combined with support vector machine [J]. Meat Science, 2012, 90(2): 373-377

[10] SONG Shi-qing, LIN Yuan, ZHANG Xiao-ming, et al. Rapid measuring and modelling flavour quality changes of oxidised chicken fat by electronic nose profiles through the partial least squares regression analysis [J]. Food Chemistry, 2013, 141(4): 4278-4288

[11] Rajamäki T, Alakomi H L, Ritvanen T, et al. Application of an electronic nose for quality assessment of modified atmosphere packaged poultry meat [J]. Food Control, 2006, 17(1): 5-13

[12] Schindler S, Krings U, Berger R G, et al. Aroma development in high pressure treated beef and chicken meat compared to raw and heat treated [J]. Meat Science, 2010, 86(2): 317-323

[13] 檀志芬,生庆海,邱泉若,等.蛋白质水解度的测定方法[J].食品工业科技.2005, 26 (7): 174-175, 178
TAN Zhi-fang, SHENG Qing-hai, QIU Quan-ruo, et al. Determination method of the degree of hydrolysis of protein [J]. Science and Technology of Food Industry, 2005, 26(7): 174-175, 178

[14] QIN Zi-han, PANG Xue-li, CHEN Dong, et al. Evaluation of Chinese tea by the electronic nose and gas chromatography–mass spectrometry: Correlation with sensory properties and classification according to grade level [J]. Food Research International, 2013, 53 (2):864-874