

应用电子鼻检测 内源性脂肪酶作用猪肉风味的变化

孟鑫,姚晓蕾,尚宏丽,孙晶,王玉田

(辽宁医学院食品科学与工程学院,辽宁锦州 121000)

摘要:为考察内源性脂肪酶对肉品风味的影响,本研究通过单因素和正交实验优化建立最佳作用条件,并结合感官评定和电子鼻检测酶处理前后肉品风味的变化。结果表明:当作用时间为 40 min,加酶量为 30%,作用温度为 37 ℃ 时,感官评定分析肉品风味评分达到最高值;酶解后挥发性风味物质含量在硫化物、有机硫化物、芳香类及含乙醇类等成分含量变化明显;主成分分析法(PCA)和线性判别式分析法(LDA)进一步说明添加内源性脂肪酶在一定程度上有效地改善了肉品的香气。

关键词:内源性脂肪酶,电子鼻,风味,猪肉

Change of pork flavor on endogenous lipase by electronic nose

MENG Xin, YAO Xiao-lei, SHANG Hong-li, SUN Jing, WANG Yu-tian

(College of Food Science and Engineering, Liaoning Medical University, Jinzhou 121000, China)

Abstract: In order to study the effect of endogenous lipase on the pork flavor, the optimum reaction condition was studied through single factor and orthogonal experiment. The electronic nose was used to detect the changes of pork flavor by different enzyme treatment. The results showed that when the time was 40 min, the amount of enzyme was 30%, temperature was 37 ℃, the pork flavor score reached the highest point by sensory analysis. The composition of sulfides, organic sulfides, aromatic and ethanol was increased significantly, meanwhile, Principal Component Analysis (PCA) and Linear Discriminant Analysis, LDA (LDA) analysis further illustrated that the flavor of pork was effectively improved after adding endogenous lipase in a certain extent.

Key words: endogenous lipase; electronic nose; flavor; pork

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)05-0292-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.05.050

风味是衡量肉品品质的一个重要指标,它与质地、营养、安全性等一并成为影响人们对肉品选择的决定性因素^[1-2]。基于消费者对肉品品质需求的发展,肉品风味已成为畜产品加工领域的研究热点之一。但由于肉品风味的影响因素繁多,且许多影响因素对肉品风味形成机理尚处于探索阶段,严重制约了原料肉在我国畜产品加工领域的推广和产品开发。随着食品生物技术的发展,利用酶法合成的类似香料的风味化合物,在肉品加工、肉的嫩化、肉的保鲜及改善肉品品质、提高原料利用率等方面起着重要的作用^[3-4]。添加到食品中可以改善和强化风味的酶制剂称为风味酶^[5],由 1965 年 Hewitt 等首次提出,并对酶在果蔬风味形成中的作用进行了研究^[6-7]。近年来,已有研究表明在肉品中添加酶制剂能够提高肉品风味^[8],改善肉品嫩度。然而,对于肉品风味形成相关酶及蛋白功能的研究尚处于探索阶

段,风味酶改善肉品风味机制的研究也涉及甚少。

在传统肉类风味检测研究中,感官评定作为主要评价方法。随着电子鼻技术在食品行业检测中发展,电子鼻检测肉品风味物质的方法已逐渐被应用^[9-10]。黄业传等^[11]通过电子鼻技术检测了腊肉挥发性物质风味物质的形成规律,莫树平等^[12]探讨皮下脂肪和肌内脂肪对猪肉风味的贡献,这些研究为改善猪肉产品风味提供理论依据。

本研究以猪肉为研究对象,拟在肉品中添加猪肉内源性脂肪酶,通过单因素和正交实验建立优化条件,结合电子鼻和感官评定检测经不同条件处理前后肉制品风味物质变化情况,并运用主成分分析法(Principal Component Analysis, PCA)和线性判别式分析法(Linear Discriminant Analysis, LDA)对数据进行分析处理,为进一步解析肉品风味形成的基础和调控机理奠定理论基础,并为肉制品深加工提供技术指导。

收稿日期: 2015-06-23

作者简介: 孟鑫(1981-),女,博士,副教授,研究方向:食品生物化学, E-mail: woxing1981@163.com。

基金项目: 横向课题(LYHX2013015)资助;辽宁医学院校长基金项目资助(Y2011B10);食品学院教学项目资助;2014 年国家大学生创新课题(201410160033)资助。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;仪器

聚乙二醇 2000 (PEG2000)、硫酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、十六烷基三甲基氯化铵 (CTAB)、壳聚糖 国药集团化学试剂公司均为分析纯;牛血清白蛋白、考马斯亮蓝 G250 Sigma 公司均为生化试剂;冷鲜猪肋条肉 辽宁省锦州市大润发超市购买。

高速组织捣碎机 南京昕航科学仪器有限公司;PEN3 电子鼻 德国 AIRSENSE 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 内源性脂肪酶的制备 将 5 g 新鲜冷却肉用预冷 4 ℃ 蒸馏水冲洗,用滤纸吸干,剪碎置于三角瓶中,加入 10 倍体积的预冷蒸馏水中,用高速组织捣碎机匀浆 2 min,4000 r/min 离心 20 min,上清液即为粗酶液。常温下,采用双水相萃取法萃取内源性脂肪酶^[13],萃取条件为:PEG2000 浓度为 25%, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 浓度为 12%,pH 为 6.5。

脂肪酶活力单位定义为:在一定条件下,脂肪酶水解脂肪每分钟产生 1 μmol 的脂肪酸,定义为一个酶活力单位,以 μ/mL 表示^[14]。

1.2.2 单因素实验 在烧杯中将 7.5 mL 的 1.2.1 中制备的内源性脂肪酶酶液和 25 g 的生猪肉充分混合,分别考察作用温度、作用时间、加酶量三个单因素对猪肉风味的影响,以未经脂肪酶处理的 25 g 生猪肉作空白对照(室温),将待测肉品和空白对照分别煮熟,对成品进行感官综合评分,确定单因素的最适作用条件(表 1)。

表 1 单因素实验处理条件

Table 1 The condition of single factor test

单因素	处理条件
作用温度	分别置于 25、30、35、37、40、45、50、55、60 ℃ 的温水浴中处理 30 min
作用时间	分别作用 10、20、40、60、80、100 min
加酶量	分别添加 4%、6%、12%、20%、30%、40%、50% 的内源性脂肪酶粗酶液

1.2.3 正交实验 基于对肉品风味及成本因素的考虑,通过正交实验,建立内源性脂肪酶对肉制品风味影响的最佳的作用条件。参照单因素实验的结果,选取影响成品风味的作用时间、作用温度与加酶量进行 $L_{16}(4^3)$ 正交实验(表 2),以感官综合评分结果进行极差分析,确定最佳的作用条件。

表 2 影响猪肉风味的正交实验因素水平

Table 2 Factors and levels of orthogonal test by influence on pork flavor

水平	因素		
	A 作用时间 (min)	B 作用温度 (℃)	C 加酶量 (%)
1	20	30	12
2	40	35	20
3	60	37	30
4	80	40	40

1.2.4 感官评定 聘请 10 名食品专业人士组成感官评分小组,分别对样品进行评价。经过专业培训,小组成员根据外观、气味、弹性和风味对本实验的肉制品进行感官综合评分。满分 100 分,外观、气味、质地和风味分别占 30%、20%、20%、30%,各样品分别取其平均值作为该样品的综合评分,评价标准见表 3^[15]。

表 3 猪肉风味感官评分标准表

Table 3 Standard table of sensory evaluation of pork flavor

项目	评分标准	评分
外观	内容物呈本色或淡粉红色,表面呈加工后应有色泽	25~30
	内容物呈玫瑰红色,表面呈一定颜色	15~25
30 分	内容物呈深红色或黄色,表面暗淡无色泽	0~15
	猪肉香味浓郁	10~20
	猪肉香味明显	5~10
气味	猪肉香味正常	0~5
	质地紧密并且富有弹性	10~20
20 分	质地较软,弹性小	5~10
	质地较硬,无弹性	0~5
	具有经处理后猪肉正常的香味,无异味	20~30
质地	稍有异味,风味不适	5~20
	有异味,风味严重不适	0~5

1.2.5 电子鼻检测 将猪肋条肉分割为每个重约 25 g,厚约 7 mm 的待测样品两组。样品组:经过上述建立的优化体系条件下,用猪肉内源性脂肪酶进行处理;空白组:不经脂肪酶处理,直接放置于 4 ℃ 冰箱中备用。待样品组反应结束后,将两组样品取出,分别放入约 300 mL 沸水中煮制 2 min。两组样品分别取 1 g 放入 100 mL 顶空瓶中,加盖密封待检,3 min 后开始测量。电子鼻检测条件:电子鼻测定时间为 120 s,内部流量 300 mL/min,进样流量 300 mL/min,每个样品重复测定 3 次,统计分析 10 个不同选择性传感器的 G/G0 值,利用电子鼻 Winmuster 分析软件对采集到的数据进行分析。按照上述方法,每组实验重复 3 次。PEN3 型便携式电子鼻传感器性能描述见表 4。

1.2.6 电子鼻检测数据分析 电子鼻检测取稳定后第 81~85 s 这 5 s 的数据信息进行 PCA 分析和 LDA 分析,采用电子鼻自带软件 Winmuster 进行数据分析。分别采用 PCA 方法和 LDA 方法对最佳作用条件处理前后的猪肉挥发性风味物质成分进行分析。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

2.1.1 温度对肉品风味的影响 感官综合评分结果如图 1 所示,作用温度从 25~37 ℃ 逐渐升高的过程中,成品的感官综合评分不断提高,但当温度达到 40 ℃ 时,综合评分逐渐下降,从整体来看,差异不显著($p > 0.05$)。综合考虑肉品风味及生产成本,37 ℃

表4 PEN3型便携式电子鼻传感器性能描述
Table 4 Properties of sensor on PEN3 electronic nose

阵列序号	传感器名称	传感器表示符号	性能描述	灵敏物质及阈值 (mL/cm ⁻³)
1	W1C	R(1)	芳香成分	甲苯,10
2	W5S	R(2)	灵敏度大,对氮氧化合物很敏感	二氧化氮,1
3	W3C	R(3)	氨水,对芳香成分灵敏	苯,10
4	W6S	R(4)	主要对氢气有选择性	氢气,100
5	W5C	R(5)	烷烃,芳香成分	丙烷,1
6	W1S	R(6)	对甲烷灵敏	甲烷,100
7	W1W	R(7)	对硫化物灵敏	硫化氢,1
8	W2S	R(8)	对乙醇灵敏	一氧化碳,100
9	W2W	R(9)	对芳香成分,有机硫化物灵敏	硫化氢,1
10	W3S	R(10)	对烷烃灵敏	甲烷,10

时肉品质地、弹性、风味等因素均处于最佳状态,综合评分约90分,而未经脂肪酶处理的肉品感官综合评分为57分,因此,选择37℃作为最适作用温度。

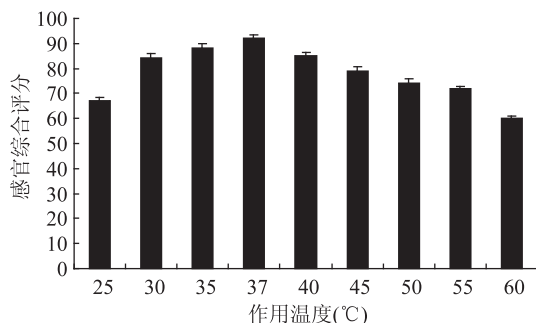


图1 温度对肉品风味的影响

Fig.1 The influence on meat flavor by different temperature

2.1.2 作用时间对肉品风味的影响 在最适作用温度37℃的条件下,考查了不同作用时间对肉品风味的影响。感官综合评分结果如图2所示,作用时间从10~40 min,成品的感官综合评分不断升高,继续延长作用时间,对肉品风味提高不明显,感官综合评分逐渐降低,总体来看,差异均不显著($p > 0.05$)。综合考虑肉品风味,节约生产时间,降低生产成本,当作用40 min时,肉品的质地、弹性、风味等因素达到最大值,因此,将肉品用脂肪酶处理40 min作为最佳作用时间。

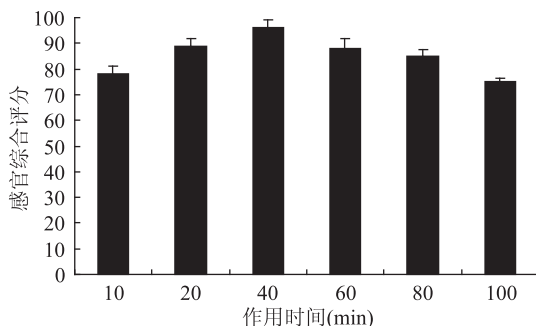


图2 时间对肉品风味的影响

Fig.2 The influence on meat flavor by different time

2.1.3 加酶量对肉品风味的影响 在最适温度

37℃、最适作用时间40 min的条件下处理肉品,感官综合评分结果如图3所示,未经脂肪酶处理的肉品,综合评分约为55分,当添加一定量脂肪酶处理后,肉品质地、弹性、风味等因素均有所提高。随着酶添加量的逐渐增大,成品的感官综合评分不断提高。当加酶量从30%提高到40%,感官综合评分均较高,约为90分;当添加量达到40%时,综合评分达到最高值。但在肉品中继续添加脂肪酶,对肉品风味影响开始下降,推测可能由于脂肪酶过度水解,改变了风味物质组成及含量,影响了肉品风味,还需进一步研究探索。但总体来看,各个水平差异不显著($p > 0.05$),综合考虑成本、肉品风味等因素,选择最适加酶量为30%。

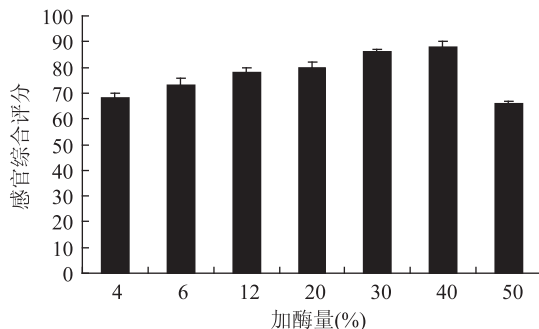


图3 加酶量对肉品风味的影响

Fig.3 The influence on meat flavor by different concentration of lipase

2.2 正交实验优化内源性脂肪酶对猪肉风味的影响

正交实验结果如表5所示,从极差R值的大小可知,因子的显著性顺序为:作用时间 > 加酶量 > 作用温度,根据均差k值大小可知,各因子的最优组合为A₂C₄B₃,加酶量的3水平和4水平差异不大,因此,考虑肉品风味、经济成本等因素,内源性脂肪酶对肉品风味影响的优化条件为:作用时间为40 min,加酶量为30%,作用温度为37℃,通过感官分析得到的感官综合评分结果为89分。

2.3 电子鼻检测内源性脂肪酶对猪肉风味影响

通过电子鼻10个传感器的响应图的测量,获得了内源性脂肪酶处理前后肉品风味的变化情况(图4)。图中每一条曲线代表着一个传感器,曲线的走

向代表着猪肉组织风味成分通过传感器通道时,相对电阻率(G/G0)随储藏温度的变化情况。从图4中可以看出,从进样初始到最后气体响应趋于平稳的过程中,相对电阻率先快速波动,然后再趋于相对平稳。电子鼻的检测实验表明,电子鼻对猪肉组织风味成分有明显的响应,并且每一个传感器对其的响应各不相同。这一结果与感官评定结果一致,这表明利用电子鼻PEN3系统测量经过最佳条件处理前后的猪肉样品风味变化是可行的。

表5 正交实验结果 $L_{16}(4^3)$ Table 5 The results of orthogonal experiment $L_{16}(4^3)$

实验号	因素			感官综合评分结果
	A 作用时间 (min)	B 作用温度 ($^{\circ}\text{C}$)	C 加酶量 (%)	
1	1	1	1	83
2	1	2	2	82
3	1	3	3	86
4	1	4	4	81
5	2	1	2	77
6	2	2	3	86
7	2	3	4	89
8	2	4	1	87
9	3	1	3	83
10	3	2	4	82
11	3	3	1	80
12	3	4	2	83
13	4	1	4	85
14	4	2	1	85
15	4	3	2	81
16	4	4	3	81
K_1	331	328	335	
K_2	339	335	323	
K_3	325	337	336	
K_4	331	332	337	
k_1	82.75	82.00	83.75	
k_2	84.75	83.75	80.75	
k_3	81.25	84.25	84.00	
k_4	82.75	83.00	84.25	
R	3.55	2.25	3.50	
较好水平	A_2	B_3	C_4	
因素主次	$A > C > B$			

从图5中可以看出,两样品的风味轮廓大体相似,说明在猪肉中添加一定比例的脂肪酶,不会使挥发性风味物质在种类上发生显著变化,只是在部分物质的峰面积上有不同程度的改变。肉品经内源性脂肪酶处理前后,在7号W1W、9号W2W、8号W2S三个传感器的响应强度变化最为明显,具有较高的相对电阻率值,而其他传感器变化不明显,这表明猪肉经内源性脂肪酶酶解后其挥发性风味物质含量在硫化物、有机硫化物、芳香类成分及含乙醇类成分等方面有明显增加,产生了更多的挥发性成分,改变了影响猪肉风味的组成成分,提高肉品风味。

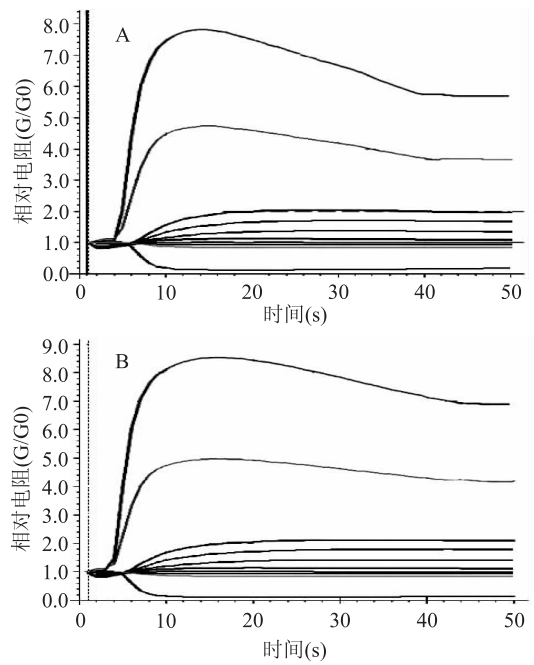


图4 猪肉样品经脂肪酶处理前后传感器响应变化曲线

Fig.4 The curve of sensor response about pork sample

注:A:未经脂肪酶处理的猪肉;B:经脂肪酶处理的猪肉。

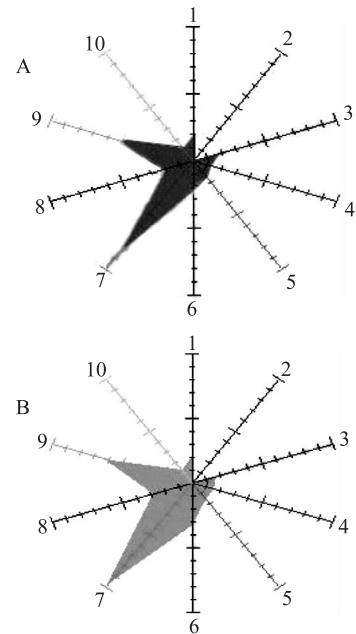


图5 猪肉样品感应强度雷达图

Fig.5 Radar chart of pork sample

注:A:猪肉样品酶处理前;B:猪肉样品酶处理后。

两组样品电子鼻区分的主成分分析效果如图6所示。图中a表示经最佳作用条件处理前猪肉的PCA分析图,b表示经最佳作用条件处理后猪肉的PCA分析图,图中每个椭圆代表同批次猪肉风味的数据采集点。从主成分PC1和PC2两个主轴上看,两样品差异显著。其中第一主成分和第二主成分的方差贡献率分别为99.35%和0.63%,累计达95%以上,为99.98%,说明PC1和PC2已经包含足够的信息量,可以代表样品整体的信息。样品差异主要表现在PC1上,其中代表对照样的信息采集点的椭圆

位于效果图右边,代表添加脂肪酶的样品的信息采集点的椭圆向左移动,电子鼻刚好能有效区分两样品。说明,添加及未添加脂肪酶的猪肉在香气上存在着差别,电子鼻可以很好的将两者区分。从而说明通过主成分分析的方法,能有效的区分添加脂肪酶前后样品的风味。

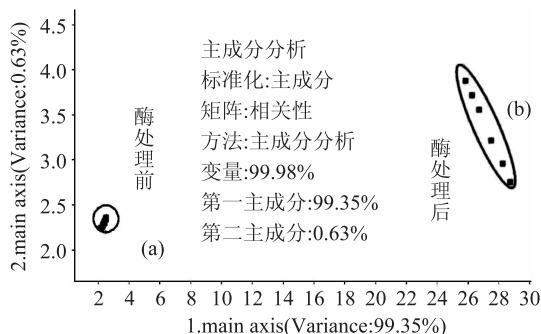


图6 处理前后的猪肉样品响应值 PCA 分析图

Fig.6 Two samples of pork response value of PCA analysis diagram

注:(a)猪肉样品酶处理前;(b)猪肉样品酶处理后。

两组样品电子鼻区分的线性判别式分析效果如图7所示。图中每个椭圆代表同批次猪肉风味的数据采集点。从判别式LD1和判别式LD2两个主轴上看,两样品差异显著。其中第一主成分和第二主成分的方差贡献率分别为99.71%和0.29%,累计达95%以上,说明LD1和LD2已经包含很大的信息量,能够反映样品的整体信息。经过内源性风味酶处理的猪肉样品之间主要通过第一主成分来区分,即根据横坐标的跨度区分,由图中可以看出两种样品在横坐标的跨度上明显的区分开,其中对照样位于效果图左边,添加脂肪酶的样品向右移动,与对照样的差异显著。第二主成分很接近,几乎位于纵轴同一水平,两主成分贡献率高达100%,并无重要信息遗漏。这一结果表明,添加及未添加脂肪酶的猪肉在香气上存在着明显差别,利用电子鼻检测可以很好的将两者区分。

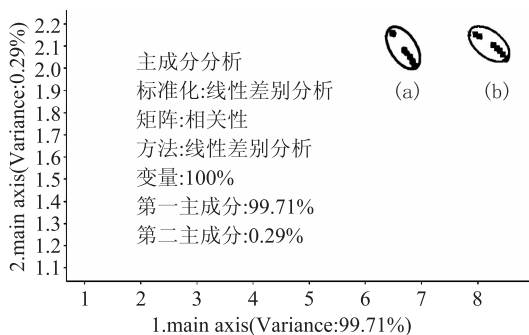


图7 处理前后的猪肉样品响应值 LDA 分析图

Fig.7 Two samples of pork response value of LDA analysis diagram

注:(a)未经酶处理的LDA分析图;
 (b)经酶处理后的LDA分析图。

3 讨论

肉类风味组成体系非常复杂,主要由滋味物质

和香味活性物质组成。其中,滋味物质主要来源于肉中的呈滋味物,如无机盐、游离氨基酸和小肽等;而香味主要来源于肌肉在加热过程中产生的挥发性风味物质,如不饱和醛酮、含硫化物及一些杂环芳香化合物。脂肪酶是肉类体内产生这些挥发性风味物质的主要催化剂,参与脂肪的水解及氧化反应。添加到肉品中的脂肪酶可以从外源机体中获得,也可以从自身获得。但由于内源酶较为复杂,近来有很多研究从外源酶着手,通过向肉品中添加外源酶来加速脂肪的降解以促进风味的形成^[16-18]。Fernandez^[19]等研究发现,将胰脂酶添加到发酵香肠中,对风味的形成有促进作用。封莉等^[20]在猪肉中添加了肉重0.06%的商品化脂肪酶,能够有效提高中式香肠脂肪降解和脂肪氧化,促进香肠中挥发性风味物质的生成。然而,国内外关于内源性脂肪酶对肉品风味的影响尚处于探索阶段。早期学者研究接种外源微生物和内源脂肪酶对香肠中脂肪降解的影响,结果表明香肠中脂解主要是靠内源酶。FidelToldra等的研究进一步证实了内源性脂肪酶与火腿风味形成有密切关系,在发酵肉制品的加工和成熟过程中对脂肪的酶解起主要作用^[21-22]。在肉品加工过程中,添加脂肪酶能够有效改善肉品风味,但起主要作用的脂肪酶是外源的,还是内源性的,国内外专家学者还处于争议,有待于进一步探索。为此,本研究继早期研究基础上,初步探索了内源性脂肪酶的功能。

4 结论

通过单因素和正交实验,考察了内源性脂肪酶对猪肉风味的影响,优化了作用条件,当作用时间为40 min,加酶量与肉量比30%,作用温度为37℃时,感官评定分析肉品风味评分达到最高值。通过电子鼻检测经内源性脂肪酶处理前后的猪肉风味的变化,传感器响应分析结果表明:在W2W、W2S、W1W三个传感器的响应强度变化最为明显,说明猪肉经脂肪酶酶解后其挥发性风味物质含量在硫化物、有机硫化物、芳香类成分及含乙醇类成分等方面有明显增加;PCA分析和LDA分析表明酶解后产生了更多的挥发性成分,在一定程度上有效的提高了猪肉原有的香气,为深入研究猪肉内源性脂肪酶功能奠定理论基础。

参考文献

- [1] 刘海洲,吴小飞,牛佰慧,等.脂肪酶在食品工业中的应用与研究展[J].粮食加工,2008,33(5):55-57.
- [2] 刘树立,王春艳,王华.酶制剂在肉制品加工中的应用进展[J].肉类研究,2007,(1):35-37.
- [3] Foraker A B, Chandra M K, Peter W S. Current perspectives on the cellular uptake and trafficking of riboflavin[J]. Advanced Drug Delivery Reviews, 2003, 55: 1467-1483.
- [4] 范芳.双水相萃取技术的应用进展[J].化学与生物工程, 2011, 28(7): 16-20.
- [5] Hasan Farina, Shah Aamer Ali, Hameed Abdul. Industrial applications of microbial lipases [J]. Enzyme and Microbial

Technology, 2006, 39(2):235-251.

[6] 刘俊花, 葛玉, 张宝善. 食品风味酶的研究进展[J]. 中国酿造, 2005, 2:6-8.

[7] 刘虹蕾, 缪铭, 江波, 等. 微生物脂肪酶的研究与应用[J]. 食品工业科技, 2012, 33(12):376-380.

[8] 黄业传, 李凤, 黄甜, 等. 利用电子鼻和气质联用研究腊肉挥发性风味物质的形成规律[J]. 食品工业科技, 2014, 35(6):73-77.

[9] 崔方超, 李婷婷, 杨兵, 等. 电子鼻结合 GC-MS 对草鱼脱腥前后风味变化的研究[J]. 食品科学, 2014(20):150-154.

[10] 徐永霞, 刘滢, 姜程程, 等. 电子鼻结合气质联用法分析大菱鲆冷藏过程中挥发性成分变化[J]. 分析与检测, 2014, 40(1):193-197.

[11] 黄业传, 贺雅非, 李洪军, 等. 皮下脂肪和肌肉脂肪对猪肉风味的作用[J]. 中国农业科学, 2011, 44(10):2118-2130.

[12] 莫树平, 林嘉慧, 柏建玲, 等. 肉制品中的风味物质及其分析方法[J]. 中国调味品, 2007, (1):25-30.

[13] Gupta R, Gupta N, Rathi P. Bacterial lipases: an overview of Production, Purification and biochemical Properties [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2004, 64:763-781.

[14] Chmidt DC, Sztajer H, Stoeckl ein W, et al. Screening, purification and properties of a thermophilic lipase from Bacillus thermocatenulatus [J]. Biochim Biopsy's Acta, 1994, 1214(1):43-53.

[15] 郑俏然. 真空包装调理猪肉制品的开发研究[J]. 食品科技, 2012, 37(2):142-147.

(上接第 291 页)

[8] Wu Jianhu, Yu Youwei. Prediction of Fresh Pork Quality using Hyperspectral Scattering Imaging (HSI) Technique [J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2015, 7(3):144-147, 151

[9] Gamal Elmasry, Douglas F Barbin, Da-Wen Sun, et al. Meat Quality Evaluation by Hyperspectral Imaging Technique: An Overview [J]. Food Science and Nutrition, 2012, 52(8):689-711.

[10] G Polder, G W A M Van Der Heijden, L C P Keizer, et al. Calibration and characterization of imagings pectrographs [J]. Near Infrared Spectroscopy, 2003, 11(3):193-210.

[11] 王婉娇, 贺晓光, 王松磊, 等. 基于高光谱成像技术的灵武长枣常见缺陷检测[J]. 食品与机械, 2015, 31(3):62-65.

[12] 杨强, 张志, 覃志豪, 等. 基于 ASTER 数据的混合像元分解技术在水之检测与评价中的应用[J]. 遥感信息, 2011(2):20-25.

[13] 李雅辉, 杨武年, 刘汉湖. 利用 ALI 遥感图像进行蚀变信

[16] Fernandez M. Effect of the Addition of Pancreatic Lipase on the Ripening of Dry Fermented Sausages. Part II. Free fatty acids, short-chain fatty acids, carbonyls and sensory quality [J]. Meat Science, 1995, 40:351-362.

[17] Diaz O, Fernandez M, Garcia de Femando G D, et al. Effect of the addition of pronase E on the proteolysis in dry fermented sausages [J]. Meat Science, 1993, 34(2):205-216.

[18] Zapelena M J, Zalacain I, Paz-de-Pena M, et al. Effect of the addition of a neutral proteinase from Bacillus subtilis on nitrogen fractions and texture of Spanish fermented sausage [J]. J of Agricultural and Food Chemistry, 1997, 45(7):2798-2801.

[19] Fernandez M, de la Hoz L, Diaz O, et al. Effect of the addition of pancreatic lipase on the ripening of dry-fermented sausages - Part 2. Free fatty acids, short-chain fatty acids, carbonyls and sensory quality [J]. Meat Science, 1995, 40(3):351-362.

[20] 封莉, 邓绍林, 黄明, 等. 脂肪酶 (Palatase) 对中式香肠脂肪降解、氧化和风味的影响 [J]. 食品科学, 2015, 36(1):51-57.

[21] Eva Hierro, Lorenzo de la Hoz, Juan A. Ordonez. Contribution of Microbial and Meat Endogenous Enzymes to the Lipolysis of Dry Fermented Sausages [J]. Agric Food Chem., 1997, (45):2989-2995.

[22] Fidel Toldra, Monica Flores, M Concepcion Aristoy. Pattern of Muscle Proteolytic and Lipolytic Enzymes from Light and Heavy Pigs [J]. Sci Food Agric., 1996, (71):124-128.

息提取方法探讨 [J]. 四川地址学报, 2010, 30(3):347-350.

[14] 姚璐, 丁亚明, 马晓钟. 基于高光谱成像技术的金华火腿无损分级检测研究 [J]. 食品安全质量检测学报, 2012, 3(3):162-166.

[15] Mohammed. K, Gamal. E, Da-Wen Sun. Non-destructive prediction and visualization of chemical composition in lamb meat using NIR hyperspectral imaging and multivariate regression [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2012, 6(3):4-12.

[16] 梁剑, 刘斌美, 陶亮之, 等. 基于水稻种子近红外特征光谱的品种鉴别方法研究 [J]. 光散射学报, 2013, 25(4):423-428.

[17] 褚小立. 化学计量学方法与分子光谱分析技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.

[18] 史智佳, 臧明伍, 吕玉, 等. 近红外光谱快速测定乳化香肠的化学成分 [J]. 食品科学, 2013, 34(18):175-179.

一套《食品工业科技》在手，
纵观中国食品工业全貌！