



保鲜方式对冷鲜猪肉挥发性风味物质的影响

赵冰, 李素, 张顺亮, 周慧敏, 潘晓倩, 李家鹏, 陈文华, 赵燕*

(北京食品科学研究院, 中国肉类食品综合研究中心, 肉类加工技术北京市重点实验室, 北京 100068)

摘要: 以冷鲜猪肉为对象, 研究保鲜方式对冷鲜猪肉挥发性风味物质的影响。通过气相色谱-质谱联用 (gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS) 分析发现, 70% O₂+20% CO₂+10% N₂气调保鲜和60% CO₂+40% N₂气调包装冷鲜猪肉的挥发性风味物质的种类和含量都明显低于真空保鲜的产品, 通过电子鼻主成分分析 (principal component analysis, PCA) 和线性判别分析 (linear discriminant analysis, LDA) 可以发现, 当真空保鲜的冷鲜猪肉发生变质时, 气调保鲜产品的挥发性风味物质与其有显著差异, 说明气调保鲜可有效地延缓蛋白质和脂肪的氧化降解。

关键词: 挥发性风味物质; 冷鲜猪肉; 气调保鲜; 货架期

Influence of Different Preservation Methods on Volatile Flavor Substances of Chilled Fresh Pork

ZHAO Bing, LI Su, ZHANG Shunliang, ZHOU Huimin, PAN Xiaoqian, LI Jiapeng, CHEN Wenhua, ZHAO Yan*

(Beijing Key Laboratory of Meat Processing Technology, China Meat Research Center, Beijing Academy of Food Science, Beijing 100068, China)

Abstract: The influence of different preservation methods on the volatile flavor substances of chilled fresh pork was investigated by GC-MS analysis and electronic nose. The results demonstrated that the types and contents of volatile flavor compounds in chilled fresh pork packaged in an modified atmosphere containing 70% O₂ + 20% CO₂ + 10% N₂ or 60% CO₂ + 40% N₂ were significantly lower than those of the vacuum packaged sample. Principal component analysis (PCA) and linear discriminant analysis (LDA) of electronic nose data showed that when its quality was deteriorated vacuum packaged pork exhibited significant differences in volatile flavor composition in comparison with modified atmosphere packaged pork, suggesting modified atmosphere packaging to be effective in delaying oxidative degradation of protein and fat.

Key words: volatile flavor substance; chilled fresh meat; modified atmosphere packaging; shelf life

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201702010

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2017) 02-0051-06

引文格式:

赵冰, 李素, 张顺亮, 等. 保鲜方式对冷鲜猪肉挥发性风味物质的影响[J]. 肉类研究, 2017, 31(2): 51-56. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201702010. <http://www.rlyj.pub>

ZHAO Bing, LI Su, ZHANG Shunliang, et al. Influence of different preservation methods on volatile flavor substances of chilled fresh pork[J]. Meat Research, 2017, 31(2): 51-56. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201702010. <http://www.rlyj.pub>

冷鲜肉是对屠宰后的畜胴体迅速冷却处理, 从而使胴体温度 (以后腿肉中心点为测量点) 在24 h以内降到0~4℃, 并在后续的加工、流通及销售过程中一直保持在0~4℃的生鲜肉^[1]。在我国, 由于消费习惯和技术发展的原因, 冷鲜肉的市场比率还比较小, 特别是在经济发展比较

落后的农村和偏远地区, 热鲜肉仍然是消费的主体。但是由于热鲜肉微生物生长繁殖较快, 会造成产品品质的降低, 甚至产生食品安全事件。相较于热鲜肉, 冷鲜肉具有安全系数高、营养价值高、口感风味佳和感官舒适性高等优势, 是理想的产品形式, 必将成为我国生鲜肉类消费的主流^[2]。

收稿日期: 2016-08-13

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 (2015BAD28B01); 北京市自然科学基金青年科学基金项目 (6164035); 北京市农业科技项目 (20150155)

作者简介: 赵冰 (1986—), 男, 工程师, 硕士, 研究方向为肉制品加工与安全。E-mail: zhaobtg@163.com

*通信作者: 赵燕 (1973—), 女, 高级工程师, 硕士, 研究方向为肉制品加工质量安全控制和清洁生产与节能减排。

E-mail: cmrczy@126.com

随着经济的发展及肉制品市场国际化趋势的推进,更加先进、安全的气调保鲜技术逐步在国内兴起。气调保鲜是冷却肉保鲜的重要方法,其机理是在包装中抽掉空气,用确定比例的气体代替包装内的气体环境,以抑制微生物的生长,保持鲜肉的品质,从而延长鲜肉的货架期^[3-4]。

冷鲜肉的气调保鲜最常使用的气体为CO₂、O₂和N₂,此外还包括低浓度的CO,或是这些气体的各种组合,这是由不同气体对冷鲜肉的保鲜作用决定的,每种气体对冷却肉的保鲜作用是不同的^[5-6]。国际上目前主要采用2种或者3种气体混合的方式,即CO₂和N₂的气体组合与O₂、CO₂和N₂的气体组合^[7-8]。合适的气体比例,不仅能够保持肉的色泽,而且能够显著抑制微生物的生长繁殖,保证肉的质量安全,同时可以保持冷却肉良好的感官品质,显著延长产品的货架期^[9-10]。

我国的冷鲜肉主要以开放式的流通方式为主,由于缺少包装的保护,产品容易受到微生物的污染,严重缩短了产品的货架期^[11],部分企业对冷鲜肉采用真空保鲜的方式进行流通,但是发现其对货架期的延长效果有限,这是由于真空保鲜不能抑制厌氧微生物的生长;市场上销售的冷鲜肉的货架期大约为3~5 d,这就严重地缩小了产品的流通半径,损害了企业的经济效益。冷鲜猪肉的风味非常清淡,一般只有咸味、金属味和血腥味,产品在贮藏的过程中,由于脂肪和蛋白质的氧化和降解,会形成碳氢化合物、醇类、酸类、酯类、酮类和酯类等化合物,其中醛类化合物由于具有较低的阈值,对整体的风味具有显著的影响,而碳氢化合物、醇类和酮类化合物具有较高阈值,对整体的风味影响较小^[12-13]。气调保鲜通过改变包装内部的气体比例,可以显著地改善这一难题,气调保鲜技术在肉类产业的应用已经成为研究的热点^[14-15]。

目前,对于冷鲜肉气调保鲜的研究主要集中在微生物和挥发性盐基氮方面,对于挥发性风味物质变化的研究还很少,因此本实验以冷鲜猪肉为研究对象,通过气相色谱-质谱联用(gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS)和电子鼻研究不同保鲜方式对冷鲜肉挥发性风味物质变化的影响,以期能为气调保鲜技术在冷鲜肉产业的应用和电子鼻新鲜度快速检测技术的研发提供理论和技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

猪Ⅲ号肉 北京中瑞食品有限公司分割车间;气调包装盒和包装膜 希悦尔包装(上海)有限公司;系列正构烷烃 北京化学试剂公司。

1.2 仪器与设备

TSQ8000气相色谱-质谱仪 美国Thermo公司;PEN3电子鼻 德国Airsense公司;TDS热脱附仪、TA吸附管 德国Gestel公司。

1.3 方法

1.3.1 冷鲜肉气调包装

将排酸后的冷鲜猪肉以每块250 g进行包装,包装形式有3种:真空包装(VP)、70% O₂+20% CO₂+10% N₂气调包装(MAP1)和60% CO₂+40% N₂气调包装(MAP2)。每次取样样品单独包装。

1.3.2 菌落总数测定

根据GB 4789.2—2010《食品微生物学检验 菌落总数测定》^[16]的方法进行样品的测定。

1.3.3 挥发性盐基氮测定

根据GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品 卫生标准的分析方法》^[17]中半微量定氮法进行测定。

1.3.4 感官评价

根据GB/T 22210—2008《肉与肉制品 感官评定规范》^[18]与GB/T 9959.2—2008《分割鲜、冻猪瘦肉》^[19]设定感官评定标准,由15位肉制品领域专业技术人员组成感官评定小组,通过触觉、视觉和嗅觉检验对气调包装冷鲜肉的色泽、组织状态及气味进行感官评价,评价采用10分制(表1),由高至低为:好10.0~8.0分;较好7.9~6.0分;一般5.9~4.0分;较差3.9~2.0分;极差1.9~0。通过数据统计与分析比较不同包装条件下冷鲜肉感官品质的变化。

表1 气调包装冷鲜肉感官评分标准
Table 1 Criteria for sensory evaluation of modified atmosphere packaged chilled meat

项目	评价标准	评分
色泽	肌肉色泽鲜红,有光泽	10
组织状态	肉质紧密,有坚实感	10
气味	具有猪肉固有的气味,无异味	10

1.3.5 挥发性风味物质检测

1.3.5.1 样品前处理

根据GB/T 9695.19—2008《肉与肉制品 取样方法》进行取样,以微生物、挥发性盐基氮和感官评价的结果为指标进行取样,当真空包装的冷鲜肉发生变质时即第5天时的样品,同时取3种包装的冷鲜肉检测挥发性风味物质,与新鲜的冷鲜肉比较,研究挥发性风味物质的变化情况。在5~10℃环境中将待测样品粉碎成肉糜状,混匀,准确称取10.0 g于样品瓶中,加入1 μL的2-甲基-3庚酮(质量浓度为0.816 μg/μL)作为内标,采用TA管进行风味物质的采集,50℃保温吸附30 min,氮气吹扫流速为50 mL/min,吸附完成后取出TA管插入TDS热脱附仪进样口进样。GC-MS分析得到不同样品挥发性物质的质谱

图, 比较其特征挥发性风味组分。实验重复3次, 将得到的数据取平均值^[20-21]。

1.3.5.2 热脱附程序

热脱附 (thermol desorption system, TDS) 程序: 初始温度40℃, 延迟0.5 min, 保持0.5 min, 然后以60℃/min上升到210℃, 保持10 min, 传输线温度为215℃, TDS不分流。

冷进样 (cold injection system, CIS) 程序: 初始温度-80℃, 平衡0.5 min, 然后以10℃/min上升到220℃, 保持10 min, 分流比为20:1。

1.3.5.3 GC-MS色谱条件

色谱柱: TG-wax毛细管柱 (30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 升温程序: 在40℃保持运行3 min, 然后以5℃/min的速率升高到200℃, 保持0 min, 再以10℃/min的速率升高到225℃, 保持3 min; 载气为He, 流速为1 mL/min; 传输线温度为250℃, 离子源温度为280℃。

1.3.5.4 风味组分的质谱分析

根据样品检测得到的质谱图, 检索NIST和Willey谱库对不同包装条件下冷鲜肉的挥发性物质进行定性分析, 并根据内标2-甲基-3-庚酮的浓度对挥发性化合物进行半定量分析:

$$C_x = \frac{C_0 \times S_x}{S_0}$$

式中: C_x 为未知化合物含量/(μg/kg); C_0 为内标化合物含量/(μg/kg); S_x 为未知化合物峰面积/(AU·min); S_0 为内标化合物峰面积/(AU·min)。

1.3.6 冷鲜肉电子鼻品质分析

准确称取4 g冷鲜肉待测样品, 放入样品瓶, 拧紧瓶盖, 25℃平衡2 h, 运用PEN3型电子鼻进行检测。传感型号在60 s后基本稳定, 选定信号采集时间为70 s, 做6个平行样品实验。然后采用主成分分析 (principal component analysis, PCA) 和线性判别分析 (linear discriminant analysis, LDA) 作为主要分析方法进行分析^[22]。电子鼻传感器性能见表2。

表2 PEN3型电子鼻不同传感器及其性能描述^[23]

Table 2 Sensors used and their performance descriptions in PEN 3 electronic nose^[23]

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	氨类, 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	对甲烷灵敏
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

2 结果与分析

2.1 气调包装对冷鲜猪肉细菌总数的影响

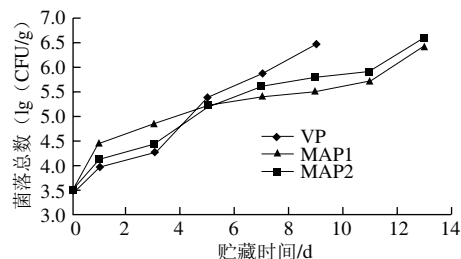


图1 不同包装对冷鲜猪肉细菌总数的影响

Fig. 1 Effects of different packaging methods on total bacterial number in chilled fresh pork

由图1可知, 不同包装对冷鲜肉的菌落总数情况具有显著性差异, 70% O₂+20% CO₂+10% N₂气调包装的冷鲜猪肉在前5 d的微生物总数较高, 但是后期增长速率较慢, 因此具有较长的货架期; 60% CO₂+40% N₂气调包装的冷鲜猪肉在前5 d的菌落总数较少, 但是5 d以后的增长速率比70% O₂+20% CO₂+10% N₂气调包装的冷鲜猪肉快; 真空包装的冷鲜猪肉虽然在前2 d具有较低的菌落总数, 这是由于无氧环境下抑制了微生物的生长, 但是后期厌氧微生物的生长与繁殖使产品中的菌落总数快速升高, 很快就超过了1×10⁶ CFU/g, 60% CO₂+40% N₂的气调包装由于没有O₂, 同时有CO₂的保护, 因此具有较长的保质期, 70% O₂+20% CO₂+10% N₂的气调包装由于O₂和CO₂在合适的比例下可以同时抑制好氧和厌氧微生物的生长, 因此货架期较长, 这与孙达^[24]的研究结果具有一致性。

2.2 气调包装对冷鲜猪肉挥发性盐基氮的影响

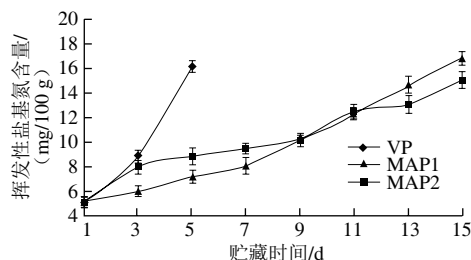


图2 不同包装对冷鲜猪肉挥发性盐基氮的影响

Fig. 2 Effect of different packaging methods on TVB-N in chilled fresh pork

由图2可知, 3种包装形式的冷鲜猪肉挥发性盐基氮的变化具有显著性差异, 真空包装的冷鲜猪肉在第5天的时候挥发性盐基氮的含量就超过了国家标准限值 (15 mg/100 g), 而2种气调包装产品的挥发性盐基氮的变化较缓慢, 70% O₂+20% CO₂+10% N₂气调包装产品的挥发性盐基氮在前7 d上升较快, 但是7 d以后的变

换比较缓慢,而60% CO₂+40% N₂气调包装产品与70% O₂+20% CO₂+10% N₂气调包装产品的趋势相反,这是由于2种包装形式使用的气体组成不同,造成微生物、包装环境和pH值的差异形成的,这也与林菊^[25]的研究结果具有一致性。

2.3 气调包装对感官品质的影响

表3 不同包装冷鲜肉感官评价分析

Table 3 Analysis of different packaging cold meat sensory evaluation

贮藏时间/d	1	3	5	7	9	11	13	15
VP	30.00±1.25	25.32±1.65	17.33±1.97					
MAP1	30.00±0.95	28.25±2.14	26.78±2.01	25.69±1.25	24.18±1.66	22.39±1.69	19.01±1.85	15.66±1.41
MAP2	30.00±1.18	29.12±2.11	27.44±1.44	26.74±2.91	25.72±2.27	22.85±2.36	18.32±1.22	15.21±0.94

由表3可知,不同包装形式的冷鲜猪肉具有显著性的感官差异,与挥发性盐基氮和微生物类似,真空包装的产品感官指标下降迅速,贮藏5 d时已明显变质;70% O₂+20% CO₂+10% N₂气调包装的感官指标高于60% CO₂+40% N₂气调包装产品,这是由于在没有O₂存在的情况下,冷鲜猪肉的颜色会变暗,且出水情况严重,但是不良风味的产生速率较慢,因此,分数稍低于O₂存在的包装。这2种包装形式各有优点,需要根据具体的需要进行选择。

2.4 气调包装冷鲜猪肉挥发性风味物质检测结果分析

表4 不同包装冷鲜肉挥发性风味物质分析

Table 4 Analysis of volatile flavor compounds in chilled fresh pork packaged by different methods

化合物名称	CAS号	化合物含量/（μg/kg）			
		鲜肉	VP	MAP1	MAP2
碳氢化合物					
3-乙基辛烷	5881-17-4		1.80	1.82	1.39
壬烷	111-84-2	1.30	2.68	3.52	2.53
2-甲基壬烷	871-83-0			2.70	2.20
癸烷	124-18-5	1.46	8.44	9.93	7.94
5-甲基癸烷	13151-35-4	0.42	4.53	2.45	1.96
2-甲基癸烷	6975-98-0	0.57	1.54	5.02	2.56
3-甲基癸烷	13151-34-3		2.68	2.15	1.89
4-甲基癸烷	2847-72-5		1.37	0.79	0.96
2,6-二甲基癸烷	13150-81-7			0.80	0.82
苯	71-43-2	1.84	1.77	2.27	1.58
甲苯	108-88-3	5.32	14.70	12.08	7.01
对二甲苯	106-42-3	8.16	66.65	58.21	43.07
连三甲苯	526-73-8	2.35	15.01	15.37	12.73
1,2,4,5-四甲苯	95-93-2	2.39	10.08	10.96	9.09
3-乙基甲苯	620-14-4	1.27	4.96	9.73	7.68
2-乙基甲苯	611-14-3		12.42	14.34	9.15
乙苯	100-41-4	1.02	21.09	18.35	12.40
丙苯	103-65-1	0.59			2.73
邻伞花烃	527-84-4	19.24	141.43	181.57	150.46
樟脑	76-22-2		11.29	14.33	9.99
萘	91-20-3		50.87	63.48	60.68
α-甲基萘	90-12-0	7.28	23.53	29.66	29.92
β-甲基萘	91-57-6	1.16	8.61	11.24	11.39
2,6-二甲基萘	581-42-0	2.33	5.42	6.38	6.90

续表4

化合物名称	CAS号	化合物含量/(μg/kg)			
		鲜肉	VP	MAP1	MAP2
1,3-二甲基萘	575-41-7		1.49	2.16	
1,8-二甲基萘	569-41-5	0.69	5.59	7.10	7.32
2,3,6-三甲基萘	829-26-5			3.53	4.53
联苯	92-52-4	1.36	6.11	7.64	8.47
4-甲基联苯	644-08-6	2.43	3.24	4.60	2.65
苯乙烯	100-42-5	2.13	21.58	17.35	13.29
柠檬烯	138-86-3		94.25	108.88	96.15
罗勒烯	3779-61-1			4.42	4.04
长叶烯	475-20-7	9.18	18.28	18.41	18.68
松油烯	99-85-4	5.01	105.25		110.73
醇类化合物					
苯乙醇	60-12-8		4.75		
2-苯基异丙醇	617-94-7	1.23	4.81	4.65	4.40
2,3-丁二醇	513-85-9		13.80		
异戊醇	123-51-3		24.26		
6-甲基-2-庚醇	4730-22-7			1.33	
2-丁基-1-辛醇	3913-02-8		0.87	1.02	0.73
2-己基-1-辛醇	19780-79-1			0.11	0.27
异辛醇	104-76-7	6.29	37.75	44.11	41.01
壬醇	143-08-8	0.57	3.23		
2-壬烯-1-醇	22104-79-6	0.92			
癸醇	112-30-1	2.88			
2-癸烯-1-醇	22104-80-9	1.79			
酚类化合物					
苯酚	108-95-2	39.50	14.97	14.02	
丁香酚	97-53-0		0.60	0.87	2.11
2,4-二特丁基苯酚	96-76-4	1.52	2.30	2.83	3.28
醛类化合物					
己醛	66-25-1	2.50	6.95	5.71	6.33
庚醛	111-71-7		6.08	5.01	5.91
辛醛	124-13-0	4.17	2.64	3.18	9.54
壬醛	124-19-6	35.96	110.16	80.77	50.09
反,反-2,4-癸二烯醛	25152-84-5	0.42			
反-2-十一碳烯醛	53448-07-0	0.71			
肉桂醛	104-55-2		2.46	3.67	3.97
苯甲醛	100-52-7	3.47	17.91	21.71	21.19
酮类化合物					
苯乙酮	98-86-2	4.64	10.73	14.39	13.69
3-羟基-2-丁酮	513-86-0	3.23	118.69	44.03	
5-甲基-3-己酮	623-56-3			2.72	2.83
3-庚酮	106-35-4		2.78		
甲基庚烯酮	110-93-0	1.56	4.43	4.12	4.02
酸类化合物					
丁酸	107-92-6	0.25	0.32	0.17	0.36
己酸	142-62-1	0.52	0.89	0.77	0.85
酯类化合物					
乙酸乙酯	141-78-6	0.19	1.06	1.91	
乙酸丁酯	123-86-4		12.37	10.91	8.70
其他类化合物					
苯并噻唑	95-16-9	3.57	9.41	11.84	11.43
二苯并噻吩	85-01-8	0.71	13.60	2.29	17.98
2,5-二氢噻吩	1708-32-3		2.21	2.43	
二苯并吡喃	132-64-9	4.15	4.36	17.60	22.53
2,2,4-三甲基-1,2-二氢喹啉	147-47-7		4.54		
2-戊基呋喃	3777-69-3	0.35			

由表4可知,不同包装方式对冷鲜猪肉的挥发性风味物质具有显著的影响。原料冷鲜猪肉中共检测出挥发性风味物质46种,含量为198.60 $\mu\text{g/kg}$;其中碳氢化合物22种,含量为77.50 $\mu\text{g/kg}$;醇类化合物6种,含量为13.68 $\mu\text{g/kg}$;酚类化合物2种,含量为41.02 $\mu\text{g/kg}$;醛类化合物6种,含量为47.23 $\mu\text{g/kg}$;酮类化合物3种,含量为9.43 $\mu\text{g/kg}$;酸类化合物2种,含量为0.77 $\mu\text{g/kg}$;酯类化合物1种,含量为0.19 $\mu\text{g/kg}$;其他类化合物4种,含量为8.78 $\mu\text{g/kg}$ 。

真空包装的冷鲜猪肉中共检测出挥发性风味物质58种,含量为1 105.56 $\mu\text{g/kg}$;其中碳氢化合物29种,含量为666.66 $\mu\text{g/kg}$;醇类化合物7种,含量为89.47 $\mu\text{g/kg}$;酚类化合物3种,含量为17.87 $\mu\text{g/kg}$;醛类化合物6种,含量为86.20 $\mu\text{g/kg}$;酮类化合物4种,含量为136.63 $\mu\text{g/kg}$;酸类化合物2种,含量为1.21 $\mu\text{g/kg}$;酯类化合物2种,含量为13.43 $\mu\text{g/kg}$;其他类化合物5种,含量为34.12 $\mu\text{g/kg}$ 。

70% O_2 +20% CO_2 +10% N_2 气调包装冷鲜猪肉中共检测出挥发性风味物质58种,含量为953.41 $\mu\text{g/kg}$;其中碳氢化合物32种,含量为654.24 $\mu\text{g/kg}$;醇类化合物5种,含量为51.22 $\mu\text{g/kg}$;酚类化合物3种,含量为17.72 $\mu\text{g/kg}$;醛类化合物6种,含量为120.05 $\mu\text{g/kg}$;酮类化合物4种,含量为65.26 $\mu\text{g/kg}$;酸类化合物2种,含量为0.94 $\mu\text{g/kg}$;酯类化合物2种,含量为12.82 $\mu\text{g/kg}$;其他类化合物4种,含量为34.16 $\mu\text{g/kg}$ 。

60% CO_2 +40% N_2 气调包装冷鲜猪肉中共检测出挥发性风味物质54种,含量为894.11 $\mu\text{g/kg}$;其中碳氢化合物33种,含量为662.89 $\mu\text{g/kg}$;醇类化合物4种,含量为46.41 $\mu\text{g/kg}$;酚类化合物2种,含量为5.39 $\mu\text{g/kg}$;醛类化合物6种,含量为97.03 $\mu\text{g/kg}$;酮类化合物3种,含量为20.54 $\mu\text{g/kg}$;酸类化合物2种,含量为1.21 $\mu\text{g/kg}$;酯类化合物1种,含量为8.7 $\mu\text{g/kg}$;其他类化合物3种,含量为51.94 $\mu\text{g/kg}$ 。

3种包装方式产品中挥发性风味物质的种类和含量都有明显的差异,这主要是由于冷鲜猪肉所处的环境造成的,真空包装的冷鲜猪肉由于隔绝氧气,环境中真空度较高,厌氧微生物生长较快^[26],且没有其他的保护措施,因此变质迅速,各类的挥发性风味物质都比较高,特别是醛类物质、酮类物质和酯类物质的含量显著升高,分别达到了86.20、136.63、13.43 $\mu\text{g/kg}$,这些物质主要是由脂肪和蛋白质氧化造成^[27-29]。醛类物质由于具有较低的阈值,因此,对冷鲜猪肉的风味具有显著影响,这是脂肪氧化的重要标志,而真空保鲜的猪肉醛类化合物含量较高,说明其氧化变质严重;酮类化合物、酸类化合物和酯类化合物也是脂肪氧化的重要产物,但是由于具有较高的阈值,因此,对整体风味的贡献不大。70% O_2 +

20% CO_2 +10% N_2 气调包装冷鲜猪肉和60% CO_2 +40% N_2 气调包装冷鲜猪肉中检测出的挥发性风味物质种类和含量都较低,而且对照前面的数据发现,这2种包装的产品仍处于货架期内,因此挥发性风味物质与真空包装的产品相比较少。

2.5 气调包装冷鲜猪肉电子鼻检测结果分析

为了更好地研究不同包装条件对冷鲜猪肉挥发性风味物质的影响,利用电子鼻对产品进行主成分分析(PCA)和线性判别式分析(LDA)^[30-31]。PC1和PC2上包含了在PCA转换中得到的第1主成分和第2主成分的贡献率,贡献率越大,说明主要成分可以较好地反映原来多指标的信息。

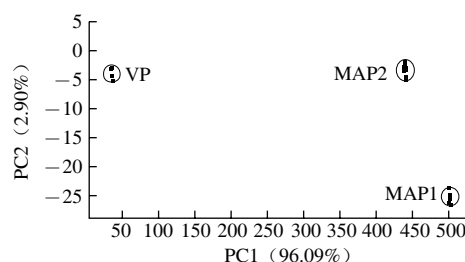


图3 不同包装条件冷鲜肉PCA分析

Fig. 3 PCA analysis of chilled fresh meat packaged by different methods

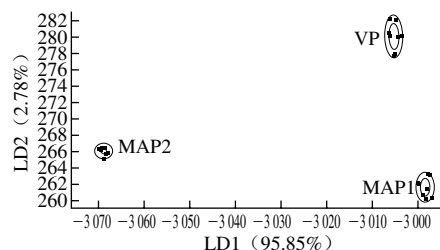


图4 不同包装条件冷鲜肉贮藏LDA分析

Fig. 4 LDA analysis of chilled fresh meat packaged by different methods

由图3~4可知,不同包装条件对冷鲜猪肉的挥发性气味成分有显著性的影响,贮藏5 d真空包装猪肉发生变质时,其他2种包装的冷鲜猪肉与真空包装的猪肉有明显不同。由图3可知,第1主成分和第2主成分区分贡献率达到98.99%,真空包装的冷鲜猪肉与60% CO_2 +40% N_2 气调包装冷鲜猪肉的差异主要体现在第1主成分上,而与70% O_2 +20% CO_2 +10% N_2 气调包装冷鲜猪肉的差异更加明显,在第1主成分和第2主成分都有显著差异。

LDA分析是分析样品所属类型的一种统计方法。由图4可知,通过LDA分析,LD1和LD2的贡献率达到了98.63%,3种包装方式的LDA分析结果明确表明其挥发性风味成分有显著性差异,这主要是由于不同包装方式造成产品所处的环境不同,这也就与前面GC-MS的检测结果相对应。

3 讨论

通过研究不同保鲜方式对冷鲜猪肉挥发性风味物质的影响,结合货架期的研究结果,通过感官评价、GC-MS分析和电子鼻研究分析,真空包装和气调包装的冷鲜猪肉从挥发性风味物质的种类和含量方面都表现出显著性差异,从电子鼻的PCA分析和LDA分析也证实不同保鲜方式的冷鲜肉挥发性风味物质不同。根据其挥发性风味物质的不同,找出产品在不同的包装条件下发生变质的原因,进而开展针对性的研究,以期进一步的延长产品的货架期,为冷鲜肉产业的进步提供技术支持,同时为建立冷鲜肉新鲜度的电子鼻快速检测技术提供理论支持。

参考文献:

- [1] 姚艳玲,贺雅非,李洪军,等.包装材料对高氧气调包装冷鲜肉品质变化的影响[J].食品科学,2012,33(8):313-317.
- [2] 彭佳程.冷鲜肉品质安全控制技术研究[D].武汉:武汉轻工大学,2014.
- [3] AL-NEHLAWI A, SALDO J, VEGA L F, et al. Effect of high carbon dioxide atmosphere packaging and soluble gas stabilization pre-treatment on the shelf-life and quality of chicken drumsticks[J]. Meat Science, 2013, 94(1): 1-8. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.12.008.
- [4] KOSTAKI M, GIATRAKOU V, SAVVAIDIS I N, et al. Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets[J]. Food Microbiology, 2009, 26(5): 475-482. DOI:10.1016/j.fm.2009.02.008.
- [5] 赵毓芝,刘成国,周玄.气调包装技术在冷鲜肉生产中的研究进展[J].肉类研究,2011,25(1):72-77.
- [6] SEKAR A, DUSHYANTHAN K, RADHAKRISHNAN K T, et al. Effect of modified atmosphere packaging on structural and physical changes in buffalo meat[J]. Meat Science, 2006, 72(2): 211-215. DOI:10.1016/j.meatsci.2005.07.003.
- [7] 李侠,李银,张春晖,等.高氧气调包装对不同品种冷却猪肉贮藏品质及持水性的影响[J].农业工程学报,2016,32(2):236-243. DOI:10.11975/j.issn.1002-6819.2016.02.034.
- [8] 孙天利,岳喜庆,张平,等.冰温结合气调包装对牛肉品质的影响[J].现代食品科技,2014,30(5):239-244.
- [9] OZLEM K E, REYHAN I, NURCAN D, et al. The effects of modified atmosphere gas composition on microbiological criteria, color and oxidation values of minced beef meat[J]. Meat Science, 2011, 88(2): 221-226. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.12.021.
- [10] 董同力嘎,张晓燕,王立立,等.PPC/PVA/PPC复合膜制备及其在冷鲜肉包装的应用[J].包装工程,2014(13):19-23.
- [11] 张玉琴,齐小晶,梁敏,等.冷鲜肉贮藏前处理及保鲜包装技术进展[J].肉类研究,2016,30(9):35-39. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.09.007.
- [12] FERNANDES R P, FREIRE M T, de PAULA E S, et al. Stability of lamb loin stored under refrigeration and packed in different modified atmosphere packaging systems[J]. Meat Science, 2014, 96(1): 554-561. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.08.005.
- [13] MARTÍNEZ L, DJENANE D, CILLA I, et al. Effect of different concentrations of carbon dioxide and low concentration of carbon monoxide on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere[J]. Meat Science, 2005, 71(3): 563-570. DOI:10.1016/j.meatsci.2005.04.041.
- [14] 刘骁,谢晶.生物保鲜剂结合气调包装对冷却猪肉品质的影响[J].食品工业科技,2014,35(12):344-348.
- [15] 孔保华,刁新平.冷却肉包装保鲜技术的研究进展[J].肉类研究,2008,22(2):54-59.
- [16] 中华人民共和国卫生部. GB/T 4789.2—2010 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [17] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.44—2003 肉与肉制品 卫生标准的分析方法[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [18] 全国肉禽蛋制品标准化技术委员会. GB/T 22210—2008 肉与肉制品 感官评定规范[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [19] 中华人民共和国商务部. GB/T 9959.2—2008 分割鲜、冻猪瘦肉[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [20] 赵冰,任琳,陈文华,等.烟熏工艺对熏肉挥发性风味物质的影响[J].食品科学,2013,34(6):180-187. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201306040.
- [21] 赵冰,周慧敏,王守伟,等.苹果木烟熏液对湖南腊肉品质的影响[J].肉类研究,2016,30(1):1-5. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.01.001.
- [22] 柴春祥,杜利农,范建伟,等.电子鼻检测猪肉新鲜度的研究[J].食品科学,2008,29(9):444-447. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2008.09.102.
- [23] 赵冰,李素,王守伟,等.苹果木烟熏液的品质特性[J].食品科学,2016,37(8):108-114. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201608019.
- [24] 孙达.鲜猪肉气调包装和预处理对其货架期品质的影响[D].无锡:江南大学,2004.
- [25] 林菊.鲜猪肉气调贮藏保鲜技术研究[D].南昌:江西农业大学,2013.
- [26] 董玉影,刘笑笑,李官浩,等.不同包装方式对贮藏牛肉食用品质的影响[J].食品工业科技,2015,36(6):317-321.
- [27] XIE Jianchun, SUN Baoguo, WANG Shuaibin. Aromatic constituents from Chinese traditional smoke-cured bacon of Mini-pig[J]. Food Science and Technology International, 2008, 14(4): 329-340. DOI:10.1177/1082013208098331.
- [28] ANSORENA D, ZAPELENA M J, ASTIASARAN I, et al. Addition of palatase M (lipase from *Rhizomucor miehei*) to dry fermented sausages effect over lipolysis and study of the further oxidation process by GC-MS[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46(8): 3244-3248. DOI:10.1021/jf980103p.
- [29] 孙宝国.食用调香术[M].2版.北京:化学工业出版社,2010:44-46.
- [30] 赵梦醒,丁晓敏,曹荣,等.基于电子鼻技术的鲈鱼新鲜度评价[J].食品科学,2013,34(6):143-147. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201306031.
- [31] MAHDI G V, MOHTASEB I S S, SIADATM, et al. Meat quality assessment by electronic nose (Machine Olfaction Technology)[J]. Sensors, 2009, 9(8): 6058-6083. DOI:10.3390/s90806058.