

基于主成分分析法 羊肉火腿香气质量评价模型的构建

王旭, 龚媛, 张同刚, 曲云卿, 刘敦华*

(宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021)

摘要:采用顶空固相微萃取-气相色谱质谱联用技术(HSPME-GC-MS)测定10个羊肉火腿样本中的挥发性物质,筛选出22种主要风味物质,利用主成分分析法构建香气质量评价模型。结果表明:第一至五主成分的累积贡献率为82.989%,包含了十八醛、1-壬醇、正辛醛等15种化合物,能够较好地反映原始数据的信息。同时,该模型评价结果与感官评价结果具有很好的一致性,能综合、准确地反映羊肉火腿的香气质量优劣,为羊肉火腿香气质量评价提供了一种新方法。

关键词:羊肉火腿,挥发性风味物质,气相色谱-质谱法,主成分分析,评价模型

Modeling for aroma quality evaluation of mutton ham based on principal component analysis

WANG Xu, GONG Yuan, ZHANG Tong-gang, QU Yun-qing, LIU Dun-hua*

(College of Agriculture, Ning Xia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: The volatile flavor compounds in 10 tested mutton hams were determined by HS-SPME-GC-MS, and 22 major flavor substances were analyzed and identified. The aroma quality evaluation model of mutton hams flavor was constructed by principal component analysis (PCA). The result showed that the cumulative contribution of the former 5 main factors was 82.989%, containing 15 chemical compounds such as eighteen aldehyde, 1-nonyl alcohol, octyl aldehyde and some other compounds, reflected the information of the original data well. Meanwhile, the model had a good agreement with sensory evaluation, it can synthetically and accurately reflected the flavor quality of mutton hams, provided a new evaluation method of mutton hams flavor.

Key words: mutton ham; volatile flavor compounds; GC-MS; principal component analysis; modeling of evaluation

中图分类号: TS251.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)21-0122-06

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.21.017

对于肉制品,其香气是评价肉制品品质的一项重要指标,目前主要采用感官对肉制品香气进行评价,感官评价方法又易受评价人员、环境、组织形式等主观因素的影响,其准确性受到了一定程度的限制^[1]。羊肉火腿的香气是影响其品质的重要指标,因此建立与完善羊肉火腿的客观评价体系尤为重要,这对提高和完善羊肉火腿评价体系有重要的意义。

主成分分析(或称主分量分析)是一种通过降维技术把多个变量化为少数几个主成分(即综合变量)的统计方法^[2-4]。主成分分析法普遍应用于挥发性成分含量与香气描述等数据处理中^[5]。主成分分析作为一种产品品质的定量描述分析方法,在牛肉、羊肉等肉制品中已有所应用,目前在肉制品方面应用主成分分析主要用来研究不同处理方式^[6]或不同香料^[7]对肉制品挥发性风味物质的影响,而对肉制品

香气质量评价的研究鲜有报道。

本研究采用顶空固相微萃取气相色谱-质谱(gas chromatograph-mass spectrometry, GC-MS)联用技术对羊肉火腿样品进行分析,测定其挥发性风味物质,利用主成分分析建立羊肉火腿的香气质量评价模型,以找到比感官评价方法更客观的评价方法。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

乌色黑山羊前腿(6月龄羯羊,1岁羯羊,2岁羯羊各一只);乌色黑山羊前腿(6月龄羯羊,1岁羯羊,2岁羯羊各一只);白色山羊前腿(6月龄羯羊,1岁羯羊,2岁羯羊);滩羊前腿(1岁羯羊),均购于下桥琦灵养殖场。

萃取头:65 μm PDMS/DVB,美国 Supelco 公司;气相色谱-质谱联用仪:JJ-2(2003-61)型,日本岛津

收稿日期:2015-03-10

作者简介:王旭(1990-),女,硕士研究生,研究方向:食品质量与安全,E-mail:271086754@qq.com。

*通讯作者:刘敦华(1964-),男,博士,教授,研究方向:食品科学及食品质量与安全,E-mail:duhualiu@126.com。

表1 感官评价标准

Table 1 Standard of sensory evaluation

膻味	无膻味(41~50分)	略有膻味(31~40分)	膻味略浓(21~30分)	膻味浓厚(<20分)
香气	香味浓郁(41~50分)	香味清淡(31~40分)	无香味(21~30分)	有异味(<20分)

公司;高速组织捣碎机:A-88(JJ-2),金坛市盛威实验仪器厂;恒温水浴锅:HH-1A(J02082),玖蓝仪器厂。

1.2 样品制备方法

1.2.1 工艺流程:原料预处理→切块→腌制→预煮成型→煮制→干燥→灭菌→包装→成品

1.2.2 关键控制点

1.2.2.1 原料预处理:挑选洁净、无病害羊前腿肉,浸泡约20 min。

1.2.2.2 切块:将羊前腿切为10 cm×10 cm肉块。

1.2.2.3 腌制:腌制液中常压腌制20 h。

1.2.2.4 煮制:将腌制后的羊腿肉装膜,90℃煮制30 min。

1.3 测定方法

1.3.1 羊肉火腿挥发性风味物质提取

1.3.1.1 样品处理 将按照1.2制备的羊肉火腿样品用高速组织捣碎机粉碎成肉糜,待用。

1.3.1.2 固相微萃取 根据文献^[8]并做修改:加5.0 g肉糜到20 mL顶空瓶中,加入0.6 g氯化钠,混匀。置于60℃恒温水浴锅中恒温平衡30 min,再将65 μm PDMS/DVB萃取头插入顶空瓶中,萃取30 min后取出萃取头,进样,解析5 min。

1.3.2 羊肉火腿挥发性风味物质检测

1.3.2.1 色谱条件 DB-5MS毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.5 μm; Agilent Technologies),进样口温度:250℃,FID检测器温度:250℃^[9]。升温程序:初

始温度50℃,保持2 min,以15℃/min升温到100℃,再以5℃/min升温到220℃,保持10 min,再以10℃/min升温到260℃,最后以5℃/min升温到280℃,载气为氦气,流量为3.7 mL/min,不分流。

1.3.2.2 质谱条件 质谱质量扫描范围20~450 m/z,色谱-质谱接口温度250℃,谱库NIST05a.L^[9]。

1.4 定性、定量方法

1.4.1 定性分析 样品图谱与NIST05a.L库图谱对比,当匹配度大于800的物质予以确认定性。

1.4.2 定量分析 面积归一化法,根据组份峰面积/总峰面积得到各组份的相对含量,并结合质谱、保留时间等进一步确定。

1.5 感官评价方法

根据GB/T 2210-2008《肉与肉制品感官评价规范》,及相关文献并作适度修改^[10],羊肉火腿感官评价标准见表1。请10位经过一定训练的评价人员(相关专业的老师和学生共10名)根据表1对10个样品进行香气评价,将10位评价员3次打分的平均值,作为该样品的最终得分。

1.6 数据处理

采用Excel和SPSS19.0软件并参考文献^[11-13]进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同羊肉火腿香气成分比较

将10个样品分别测定其挥发性风味物质含量及感官评分,结果见表2。

表2 不同羊肉火腿样品的香气成分含量及感官评价得分

Table 2 Aroma composition and sensory evaluation of different samples of mutton ham score

序号	保留时间 (min)	化合物	S1 (%)	S2 (%)	S3 (%)	S4 (%)	S5 (%)	S6 (%)	S7 (%)	S8 (%)	S9 (%)	S10 (%)
1	6.32	月桂烯	-	3.51	3.75	3.68	3.78	3.26	3.29	3.66	3.54	3.73
2	11.37	6-甲基十一烷	2.27	2.35	2	2.06	2.3	2	2.09	2.18	2.16	2.15
3	11.798	十二烷	0.5	0.57	0.52	0.53	0.49	0.51	0.48	0.49	0.52	0.53
4	14.334	正十三烷	1.56	1.62	1.55	1.49	1.52	1.61	1.58	1.56	1.58	1.54
5	14.907	十四烷	0.16	0.09	0.15	0.18	0.16	0.14	0.09	0.13	0.12	0.16
6	19.451	十八烷	1.17	1.19	1.09	1.2	1.16	1.17	1.12	1.22	1.21	1.18
7	23.819	1-溴二十烷	0.3	0.28	0.32	0.25	0.28	0.39	0.32	0.25	0.21	0.26
8	33.284	4-苯基-二十烷	0.12	-	-	0.1	0.08	0.16	0.15	0.19	0.14	0.14
9	6.725	正十一烷	0.25	-	-	0.28	0.31	0.2	0.29	0.22	0.29	0.19
10	14.045	环十六烷	0.92	1.08	0.86	0.99	0.89	1.04	1.03	0.95	0.83	0.94
11	20.415	α-姜黄烯	2.08	1.99	2.13	2.04	2.08	2.06	2.03	1.96	2.12	2.05
12	13.572	石竹烯	0.35	0.38	-	0.37	0.33	0.29	0.3	0.33	0.31	0.35
13	18.937	姜烯	2.98	2.83	2.93	2.96	2.9	2.85	2.88	2.8	2.82	2.88
14	15.58	α-蒎烯	2.52	2.63	2.58	2.69	2.53	2.6	2.55	2.5	2.53	2.5
15	20.553	二十烷	-	-	0.28	0.19	0.33	-	0.25	-	0.24	0.33
16	13.255	环十五烷	-	0.25	0.28	-	0.15	0.19	0.2	-	-	0.22
17	16.227	环十七烷	-	0.15	-	0.19	0.14	0.09	-	-	0.07	-

续表

序号	保留时间 (min)	化合物	S1 (%)	S2 (%)	S3 (%)	S4 (%)	S5 (%)	S6 (%)	S7 (%)	S8 (%)	S9 (%)	S10 (%)
18	20.026	十九烷烃	-	-	0.13	0.14	-	-	0.09	0.06	-	0.05
19	15.247	正十六烷	14.22	13.76	13.72	13.66	16.87	14.88	15.89	16.96	15.92	10.33
20	9.53	壬醛	10.37	10.2	8.35	8.29	8.37	7.94	7.57	7.49	8.55	9.29
21	7.169	正辛醛	-	0.23	-	-	0.18	-	0.16	0.11	0.14	-
22	6.275	苯甲醛	0.14	-	0.09	-	0.51	0.05	0.09	-	0.07	0.1
23	8.45	反-2-辛烯醛	0.26	0.26	0.5	0.64	0.66	0.19	0.18	-	0.16	0.12
24	9.361	(Z)-4-癸烯醛	0.76	0.59	0.83	0.65	0.9	0.74	0.54	0.52	0.6	0.56
25	10.869	(E)-壬烯醛	0.47	0.28	-	0.33	0.29	-	-	0.29	0.31	-
26	22.279	十二醛	0.53	0.44	0.6	0.42	0.77	0.5	0.31	0.37	0.36	0.42
27	26.993	十八醛	0.43	0.52	0.65	0.83	1.21	1.01	0.37	0.45	0.54	0.69
28	17.189	肉豆蔻醛	0.25	-	0.22	-	0.28	0.15	0.21	0.16	0.19	0.19
29	11.991	癸醛	0.87	1.05	1.16	1.63	2.15	1.73	0.55	0.72	0.91	1.22
30	16.051	2-十一烯醛	0.6	0.43	0.68	0.49	0.84	0.59	0.37	0.45	0.43	0.41
31	6.418	庚醇	1.21	1.03	1.05	1.14	1.18	1.22	1.23	1.09	1.14	1.17
32	6.658	蘑菇醇	0.31	0.29	0.3	0.29	0.33	0.28	0.3	0.29	0.25	0.27
33	8.719	1-辛醇	1.52	2.45	2.25	2.23	1.84	1.87	0.83	0.82	1.02	1.25
34	11.102	1-壬醇	0.1	0.11	0.24	0.25	0.25	0.24	0.04	0.04	0.1	0.12
35	13.43	(1S,2S,3S,5R)-异松蒎醇	0.41	0.32	0.29	0.38	0.4	0.33	0.27	0.45	0.31	0.29
36	13.65	十二烷二元醇	0.1	-	0.06	-	0.12	-	0.07	-	0.06	0.08
37	17.011	1,4-环己烷二甲醇	0.07	0.04	0.03	-	0.09	-	0.05	-	0.06	-
38	18.815	十二醇	0.18	0.11	0.1	0.14	-	0.2	0.15	0.13	-	-
39	19.769	胆甾烷-3,5,6-三醇	0.66	0.5	0.62	0.58	0.61	0.59	0.62	0.6	0.59	0.63
40	21.357	十三醇	0.07	-	0.05	-	0.04	-	0.08	-	-	0.07
41	24.285	二十八烷醇	0.09	-	0.06	0.06	0.08	0.09	0.07	-	0.11	0.1
42	15.28	己酸丁酯	0.19	-	0.5	1.02	5.08	0.02	0.29	1.29	3.03	1.05
43	18.231	邻苯二甲酸二甲酯	0.45	0.31	0.41	0.33	0.4	0.38	0.36	0.36	-	0.29
44	21.69	邻苯二甲酸二乙酯	0.36	0.45	0.58	0.76	1.15	0.96	0.3	0.36	0.42	0.44
45	27.935	邻苯二甲酸二异丁酯	0.4	0.51	0.48	0.36	0.39	0.42	0.45	0.52	0.43	0.38
46	6.729	2-甲基-3-辛酮	3.1	2.85	2.89	3.02	3.01	2.94	2.99	3.05	3.99	2.84
47	9	4-癸酮	0.3	-	0.15	0.08	-	0.12	-	0.11	0.14	-
48	11.616	2-癸酮	0.35	0.38	0.38	0.3	0.33	0.32	0.35	0.32	0.31	0.31
49	13.879	二辛基酮	0.81	0.72	0.65	0.66	0.58	0.77	0.81	0.73	0.69	-
50	5.28	2-丁酮	2.06	2.05	2.14	2.1	2.08	1.98	2.15	2.09	1.99	1.87
51	11.68	3-羟基-2-丁酮	0.88	9.08	5.24	1.82	3.42	5.96	5.28	4.7	6.8	10.02
52	11.94	2,5-辛二酮	-	-	2.64	2.55	2.38	-	2.84	2.95	2.71	2.83
53	5.199	2-氨基-6-甲基苯甲酸	0.19	0.14	0.22	0.18	-	-	0.11	-	0.14	0.15
54	11.699	环己甲酸	0.33	0.29	0.35	0.31	0.26	0.15	0.39	0.28	0.22	-
55	13.524	异壬酸	0.1	-	0.08	-	-	0.06	0.05	0.11	0.07	-
56	16.192	N-乙酰基-3,5-二碘酪氨酸	0.18	-	0.08	0.06	-	0.1	0.12	0.11	-	0.15
57	6.833	2-戊基咪喃	1.91	2.8	2.74	2.69	2.94	2.77	3	2.85	2.89	1.25
58	9.067	2,3,5,6-四甲基吡嗪	0.08	0.11	0.02	0.06	0.04	0.12	0.1	0.05	0.03	0.04
59	14.137	1-甲氧基-4-[(Z)-1-丙烯基]苯	0.5	0.42	0.53	0.44	0.39	0.39	0.38	0.44	0.52	0.51
60	51.919	4-(二丙基氨基)-3,5-二硝基-苯磺酰胺	7.78	-	7.52	7.43	7.06	7.33	7.28	7.22	7.29	7.33
61	52.767	N,N-二丙基-4-氨基磺酰基-2,6-硝基苯胺	8.66	8.53	8.8	7.98	0.86	8.73	7.85	6.53	6.95	6.94
62	12.573	N,N-二甲基-1-十五烷胺	0.25	0.38	0.19	0.36	0.35	0.22	0.26	0.33	0.3	0.31
63	16.52	对丙烯基茴香醚	3.82	-	2.32	2.61	1.58	0.52	1.75	2.79	1.58	2.48
64	14.32	对烯丙基苯甲醚	0.12	0.08	0.1	0.1	0.09	0.08	0.11	0.05	0.04	0.13
65	23.219	二葵基硫醚	10.19	8.25	10.26	8.03	8.22	10.03	7.39	7.42	6.29	10.06
66	30.229	癸基醚	0.1	-	-	-	0.04	0.08	0.03	0.05	-	0.03
		感官评价得分	88	85	93	90	92	91	82	83	80	87

注:-表示小于检测限。

由表2可知从10个羊肉火腿的样本中共分离鉴定出挥发性物质66种,其中烷烃类10种,醛类11种,醇类11种,酯类4种,酮类7种,酸类4种杂环类10种。样本1共59组分,样本2共49组分,样本3共58组分,样本4共57组分,样本5共60组分,样本6共56组分,样本7共63组分,样本8共56组分,样本9共59组分,样本10共57组分。10个羊肉火腿样本的挥发性成分含量不同,主要香气成分的相对含量差异较大。通过感官评价可以看出不同品种、性别、年龄的原料羊腿对加工出的羊肉火腿香气成分影响较大。

2.2 香气组分主成分的提取及模型构建

对表2中10个样本的66种挥发性物质利用,SPSS19.0构成10×66的矩阵,进行描述统计,按照剔除最小特征值的主成分中对应的最大特征向量的变量的原则^[8],同时根据方差、标准差及相关资料^[14](烷烃类化合物阈值较高,对香气成分贡献较小,因此剔除烷烃类化合物)选择了22个组分进行主成分分析,其中包括9种醛类,3种醇类,3种酯类,3种酮类,1种酸类,1种醚类和2种杂环类,其中有3种物质已经被确认为对羊肉风味起决定性作用^[15],如2-十一烯醛具有脂肪香,异壬酸具有羊脂味和烤羊肉味,1-壬醇具有橙香和油脂味^[16]。22个组分主成分分析矩阵特征值见表3。从表3可知,前5个向量累计的贡献率为82.989%,能代表原变量的绝大部分信息,因此,用前5个主成分进行羊肉火腿香气质量评价是可行的。

表3 主成分分析特征值

Table 3 Eigenvalues by principal component analysis

特征向量	特征值	方差贡献率 (%)	累积贡献率 (%)
F1	7.628	34.671	34.671
F2	3.394	15.425	50.096
F3	3.167	14.397	64.493
F4	2.205	10.024	74.517
F5	1.864	8.472	82.989
F6	1.388	6.309	89.298
F7	0.985	4.478	93.776
F8	0.866	3.938	97.714
F9	0.503	2.286	100.000

主成分分析的特征向量值见表4,由表3、表4可知,第一主成分中贡献最大为1-壬醇、癸醛,其对应的特征值为:0.3369、0.3341,代表变量有:(Z)-4-癸烯醛,十八醛,癸醛,2-十一烯醛,1-壬醇,邻苯二甲酸二乙酯。第二主成分中贡献最大的为2-丁酮、2-癸酮,其对应的特征值为:0.43371、0.40186,代表变量有:正辛醛,邻苯二甲酸二异丁酯,2-癸酮,2-丁酮,2-戊基呋喃。第三主成分中贡献最大的为4-癸酮、二癸基硫醚,其对应的特征值为:0.4178、0.4165,代表变量有:4-癸酮,二癸基硫醚。第四主成分中贡献最大的为异壬酸,其对应的特征值为:0.4489,代表变量有:异壬酸。第五主成分中贡献最大的为2,3,5,6-四甲基吡嗪,其对应的特征值为:0.3676代表变

表4 主成分分析的特征向量

Table 4 Eigen vectors by principal component analysis

变量	代表组分	F1	F2	F3	F4	F5
X ₂₀	壬醛	0.0119	-0.03836	0.2945	-0.4292	-0.3434
X ₂₁	正辛醛	-0.0939	0.28815	-0.3207	-0.1611	-0.1123
X ₂₃	反-2-辛烯醛	0.2977	0.13315	-0.0754	-0.0094	-0.1505
X ₂₄	(Z)-4-癸烯醛	0.3180	0.11360	0.1488	0.1331	-0.0543
X ₂₅	(E)-壬烯醛	-0.0030	0.08745	0.0559	0.0807	-0.5890
X ₂₆	十二醛	0.3176	0.11472	0.0972	0.0267	-0.0785
X ₂₇	十八醛	0.3213	-0.10555	-0.1929	0.0292	0.0556
X ₂₉	癸醛	0.3341	-0.09481	-0.1588	-0.0336	-0.0125
X ₃₀	2-十一烯醛	0.3130	0.13188	0.0967	0.1756	-0.0574
X ₃₁	庚醇	0.0348	-0.31365	-0.0063	0.2665	0.2214
X ₃₃	1-辛醇	0.2433	0.17334	0.0744	-0.3370	-0.0472
X ₃₄	1-壬醇	0.3369	-0.01152	-0.0367	0.0069	0.0268
X ₄₃	邻苯二甲酸二甲酯	0.1497	0.13046	0.2730	0.0027	0.3636
X ₄₄	邻苯二甲酸二乙酯	0.3268	-0.02207	-0.1832	0.00718	0.0714
X ₄₅	邻苯二甲酸二异丁酯	-0.1814	0.38815	0.0328	-0.0622	0.1272
X ₄₇	4-癸酮	-0.0103	-0.00169	0.4178	0.3248	-0.2288
X ₄₈	2-癸酮	-0.0055	0.40186	0.2422	-0.2515	0.1326
X ₅₀	2-丁酮	0.0168	0.43371	0.0007	0.2295	0.0837
X ₅₅	异壬酸	-0.1460	0.11615	0.2932	0.4489	0.0203
X ₅₇	2-戊基呋喃	0.0139	0.38575	-0.2938	0.2273	0.0698
X ₅₈	2,3,5,6-四甲基吡嗪	-0.0506	0.03635	0.0193	-0.2004	0.3676
X ₆₅	二癸基硫醚	0.1643	-0.12830	0.4165	-0.1539	0.2477

表5 不同羊肉火腿样品香气质量评价表

Table 5 Aroma quality evaluation form of different Mutton ham samples

样品	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F	排名
S ₁	3.495807	0.342667	7.159361	-5.04455	-0.75113	1.72632	5
S ₂	3.3473	1.15014	5.731031	-5.10748	-1.01506	1.565078	7
S ₃	4.084055	0.936607	6.181081	-4.344	0.224873	2.033954	1
S ₄	3.878324	0.9735	4.952678	-4.05015	-0.47348	1.761753	4
S ₅	4.539505	1.053634	4.76246	-3.88251	-0.39208	1.999666	2
S ₆	4.206922	0.579613	5.647097	-4.04264	0.477326	1.996205	3
S ₇	2.4235	1.098507	4.562046	-3.16318	0.003806	1.349739	9
S ₈	2.487267	1.052361	4.655752	-3.0962	-0.18437	1.368992	8
S ₉	2.525507	1.063853	4.32449	-3.44301	-0.98768	1.233511	10
S ₁₀	3.416838	-0.21052	6.555973	-4.90073	-0.12417	1.594274	6

量有:2,3,5,6-四甲基吡嗪。

各主成分的方程为:

$$F_1 = 0.0119X_{20} - 0.0939X_{21} + 0.2977X_{23} + \dots + 0.0139X_{57} - 0.0506X_{58} + 0.1643X_{65}$$

$$F_2 = -0.03836X_{20} + 0.28815X_{21} + 0.13315X_{23} + \dots + 0.38575X_{57} + 0.03635X_{58} - 0.12830X_{65}$$

$$F_3 = 0.2945X_{20} - 0.3207X_{21} - 0.0754X_{23} + \dots - 0.2938X_{57} + 0.0193X_{58} + 0.4165X_{65}$$

$$F_4 = -0.4292X_{20} - 0.1611X_{21} - 0.0094X_{23} + \dots + 0.2273X_{57} - 0.2004X_{58} - 0.1539X_{65}$$

$$F_5 = -0.3434X_{20} - 0.1123X_{21} - 1.0505X_{23} + \dots + 0.0698X_{57} + 0.3676X_{58} + 0.2477X_{65}$$

以不同特征值的方差贡献率 β_i ($i = 1, 2, 3, \dots, k$) 为加权系数,利用综合评价函数 $F = \beta_1 F_1 + \beta_2 F_2 + \beta_3 F_3 + \dots + \beta_k F_k$ [17] 计算各羊肉样本得分,对羊肉火腿样本的香气进行评价。最终基于主成分分析得到羊肉火腿香气评价模型为: $F = 0.34671F_1 + 0.15425F_2 + 0.14397F_3 + 0.10024F_4 + 0.08472F_5$ 。并且根据评价模型算得的评分与感官评价的得分具有很好的一致性,说明基于主成分分析得到的羊肉火腿香气评价模型真实、可靠。

3 结论

本研究采用固相微萃取-气质联用对 10 个羊肉火腿样本进行分析,通过主成分分析法,鉴定出羊肉火腿的主要香气物质是:(Z)-4-萜烯醛,十八醛,萜烯醛,2-十一烯醛,1-壬醇,邻苯二甲酸二乙酯,正辛醛,邻苯二甲酸二异丁酯,2-癸酮,2-丁酮,2-戊基呋喃,4-癸酮,二萜基硫醚,异壬酸,2,3,5,6-四甲基吡嗪,这些成分含量的差别造成了不同羊肉火腿样本香气的差异性。

基于主成分分析法构建羊肉火腿香气质量评价模型,并用该模型对 10 个羊肉火腿样品进行评价,评价结果与感官评价结果有较好的一致性。因此,本研究基于主成分分析构建的香气质量评价模型是可靠的。主成分分析法将复杂的变量简单化,通过建立评价模型,为羊肉火腿香气质量的评价提供了一种新途径。基于主成分分析法得到羊肉火腿香气评价模型为: $F = 0.34671F_1 + 0.15425F_2 + 0.14397F_3 + 0.10024F_4 + 0.08472F_5$ 。由于样本数量有限,制约了

羊肉火腿香气评价模型的普适性,需要进一步扩大样本量,使羊肉火腿香气评价模型更加准确、实用。

参考文献

- [1] 高远,宋朝鹏,杨义方,等.不同烘烤工艺烤烟香气质量的主成分分析[J].江西农业学报,2009,21(12):36-39.
- [2] 袁志发,周静芋.多元统计分析[M].北京:科学出版社,2002.
- [3] Guo Q, Wu W, Massart D L, et al. Feature selection in principal component analysis of analytical data[J].Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems,2002,61(1/2):123-132.
- [4] Sebzalli Y M, Wang X Z. Knowledge discovery from process operational data using PCA and fuzzy clustering[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence,2001,14(5):607-616.
- [5] 张雪波,肖世青,杜先锋,等.基于主成分分析法的安溪铁观音香气质量评价模型的构建[J].食品科学,2012,33(22):225-230.
- [6] 丁晔,刘敦华,雷建刚,等.不同处理羊羔肉挥发性风味物质的比较及主成分分析[J].食品与机械,2013,29(3):16-33.
- [7] 张同刚,刘敦华,周静.香辛料对手抓羊肉挥发性风味成分的影响[J].中国调味品,2014,39(10):45-54.
- [8] 叶协锋,魏跃伟,杨宇熙,等.基于主成分分析和聚类分析的烤烟质量评价模型的构建[J].农业系统科学与综合研究,2009,25(3):268-272.
- [9] 张同刚,刘敦华,周静.手抓羊肉加工工艺优化及挥发性风味物质检测[J].食品与机械,2014,30(2):192-215.
- [10] 杨小波,刘敦华,吴华玉,等.响应面法优化清蒸羊羔肉工艺配方[J].肉类研究,2011,25(9):15-20.
- [11] 胡小平,王长发.SAS基础统计实例教程[M].西安:西安地图出版社,2001.
- [12] 任洪涛,周斌,秦太峰,等.基于多元统计分析的云南红茶香气质量评价[J].现代食品科技,2013,29(12):3006-3045.
- [13] 陈海涛,张宁,徐晓兰,等.SPME和SDE-GC-MS分析贡永信腊羊肉挥发性风味成分[J].食品科学,2013,34(14):187-191.
- [14] 郭冰.肉类风味形成及羊肉香精的风味研究[J].北京工商大学学报(自然科学版),2011,29(2):70-74.
- [15] Jacobson M, Koehler H H. Meat flavor, components of the

辅酶 Q₁₀ 前体脂质体的 制备及其质量评价

隋小宇,董晓泽,韩翠艳,袁 橙,刘 畅,马晓星,刘婷婷*
(齐齐哈尔医学院药学院,黑龙江齐齐哈尔 161006)

摘要:采用高压均质结合冷冻干燥法制备辅酶 Q₁₀ 前体脂质体,并通过正交实验设计对方剂及工艺进行优化。经红外光谱、X 射线衍射等手段对优化后的产品质量进行分析,同时,对其稳定性进行评价。结果显示本研究制备的辅酶 Q₁₀ 前体脂质体经重建后的平均粒径为 241 nm,包封率 67.31%,贮存 90 d 后质量无明显变化。本实验制备的前体脂质体,质量可靠,稳定性好,工艺便捷,适于工业生产及食品中应用。

关键词:辅酶 Q₁₀, 前体脂质体, 冷冻干燥, 正交设计

Study on the preparation of coenzyme Q₁₀ precursor liposomes and its quality

SUI Xiao-yu, DONG Xiao-ze, HAN Cui-yan, YUAN Cheng, LIU Chang, MA Xiao-xing, LIU Ting-ting*

(College of Pharmacy, Qiqihar Medical University, Qiqihar 161006, China)

Abstract: To prepare coenzyme Q₁₀ precursor liposomes using high pressure homogenization combine with freeze drying. Orthogonal experimental was performed for optimizing preparation process and formulations of precursor liposomes. The quality was investigated by infrared spectroscopy, x ray diffraction, etc. Meanwhile, the stability of product was investigated. In this study, average particle size of reconstruction solution of precursor liposome was 241 nm, and encapsulation efficiency was 67.31%. There were no significant changes of the quality after 90 days of storage. The precursor liposome prepared in this study had good quality and stability. Moreover, it is easy to manufacture and convenient for application in food.

Key words: coenzyme Q₁₀; precursor liposomes; freeze drying; orthogonal design

中图分类号: TS218 文献标识码: A 文章编号: 1002-0306(2015)21-0127-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.21.018

辅酶 Q₁₀ (coenzyme Q₁₀) 是人体中一种内源性抗氧化剂,也是细胞代谢激活剂,其富含于心脏、肝脏和大脑中^[1]。但是随着年龄的增长,人体合成辅酶 Q₁₀ 的能力逐渐降低^[2],因此外源性辅酶 Q₁₀ 的补充很有必要,美国 FDA 在上世纪 80 年代就已批准辅酶 Q₁₀ 可作为膳食补充剂^[3]。但由于辅酶 Q₁₀ 分子量较大,且在水中溶解度极低,因此口服吸收效率差^[4]。

脂质体具有良好的生物相容性、可降解性及靶向性,并且克服了疏水性物质胃肠吸收差的问题,因此在食品和药品领域有着广阔的应用前景。但其贮存过程中具有易水解、聚集、分层、包封物渗漏等缺

点,因此,对其应用产生了一定的限制^[5]。

前体脂质体系脂质体的前体形式,通常为干燥且具有良好的流动性能的粉末,在水中可自发形成完整的脂质体。它具有脂质体制剂的一系列作用特点,又可解决其易水解、聚集、分层、药物渗漏和高温灭菌不稳定等问题,这为脂质体在提高食品活性物的生物利用度和应用提供了一个有效的途径^[6]。但前体脂质体商品化进程至今仍较缓慢,主要原因是前体脂质体的质量不易控制,尤其是重建后的粒径尺寸和包封率不稳定,而脂质体粒径的大小直接影响其在体内的吸收和分布,已有研究表明,脂质体粒

收稿日期:2015-02-09

作者简介:隋小宇(1980-),男,博士,讲师,研究方向:药物传递系统,E-mail:suixiaoyu@outlook.com。

*通讯作者:刘婷婷(1984-),女,博士,讲师,研究方向:药物色谱、光谱分析,E-mail:ltting@outlook.com。

基金项目:黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12541918)。

Flavor of Lamb[J]. J Agric Food Chem, 1963, 11(4): 336-339.

[16] 李伟, 罗瑞明, 李亚蕾, 等. 宁夏滩羊的特征香气成分分析[J]. 现代食品科技, 2013, 29(5): 1173-1177.

[17] 郭丽, 蔡良绥, 林智, 等. 基于主成分分析法的白茶香气质量评价模型构建[J]. 热带作物学报, 2010, 31(9): 1606-1610.