

烟叶多元酸和高级脂肪酸分析及其对感官品质的影响

Analyses of the volume of the polybasic acids and higher fatty acids and their effect on tobacco quality

薛云¹ 龙章德¹ 严俊¹ 刘鸿¹ 黎新钦¹

XUE Yun¹ LONG Zhang-de¹ YAN Jun¹ LIU Hong¹ LI Xin-qin¹

胡志忠¹ 潘永诚¹ 林顺顺² 张晓鸣²

HU Zhi-zhong¹ PAN Yong-cheng¹ LIN Shun-shun² ZHANG Xiao-ming²

(1. 广西中烟工业有限责任公司, 广西 南宁 530001; 2. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

(1. China Tobacco Guangxi Industrial Co., Ltd., Nanning, Guangxi 530001, China;

2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

摘要:为明确湖南烟区烟叶原料多元酸和高级脂肪酸含量及其与感官品质的关系,采用非衍生化方法的气相色谱法对湖南烟区3个区县,不同部位的7种烟叶样品的多元酸和高级脂肪酸含量进行检测,发现7种烟叶原料,多元酸中丙酸含量最高,其次是3-甲基戊酸和2-甲基丁酸,高级脂肪酸中十六酸含量最高,再次是亚油酸和油酸;同时发现,这些多元酸和高级脂肪酸在上部烟叶中的含量高于中部烟叶;采用偏最小二乘回归分析(PLSR)方法对烟叶中多元酸和高级脂肪酸含量与感官品质相关性进行了分析。结果表明,多元酸含量越高,提香越明显,口腔刺激感越低且透发性越强,而高级脂肪酸仅仅可以提高烟叶抽吸劲头,但不利于其他感官指标。

关键词:烟叶;多元酸;高级脂肪酸;PLSR

Abstract: The relationship of polybasic acids and higher fatty acid content with sensory quality of tobacco raw materials from the different tobacco growing area in Hunan province was investigated, using non derivatization gas chromatographic method. Seven tobacco samples were collected from three districts/counties, and the content of polybasic acids and higher fatty acids of them were detected. The results showed that the highest content of seven kinds of tobacco among the polybasic acids was propionic acid, followed by 2-Methylbutyric acid and 3-methylvaleric acid. Among the higher fatty acids, the highest content of seven kinds of tobacco was palmitic acid, followed by linoleic acid and oleic acid. Moreover, the content of these volatile and non volatile acid in upper leaves was found higher than in middle leaves. Using partial least squares regression analysis (PLSR)

method, the correlation analyses of polybasic and higher fatty acids and their sensory quality of the tobacco leaf samples were also conducted. The results showed that the higher the content of polybasic acids was, the lower the sense of oral irritation was, and the more obvious of the smoke incense and the stronger of the smoke permeability as well. However, the higher fatty acids could only improve the suction of tobacco, and had a bad effect on other sensory indexes.

Keywords: tobacco; polybasic acids; higher fatty acids; PLSR

烟叶中有机酸包括多元酸和高级脂肪酸,这些有机酸的含量大约占烟叶重量的10%左右^[1]。烟叶中多元酸和高级脂肪酸种类及含量,很大程度上决定了烟叶评吸感官品质,多元有机酸能够与生物碱发生化学反应生成盐,通过同时调整质子化与游离态烟碱的含量,使其得到最佳比例,从而改善抽吸时口腔的刺激感以及烟气的透发性^[2-3]。

近年来,国内外对于烟叶原料中多元酸和高级脂肪酸种类以及含量的分析研究已有较多的报道^[4-7],但是还未见对其抽吸感官品质影响研究的报道。本试验拟采用非衍生化方法的气相色谱法^[8],对中国7种不同等级的烟叶原料进行定量分析,采用偏最小二乘回归分析(PLSR)方法对烟叶中多元酸和高级脂肪酸与感官品质相关性进行分析^[9-10],以期明确烟叶中多元酸和高级脂肪酸含量及其对感官品质的影响,为提升烟叶感官质量提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种:2010年湖南郴州市、邵阳县、隆回县上部和中部部位的烟叶,分别是郴州 B2F,郴州 B3F,郴州 C3F,隆回 B2F,隆回 C3F,邵阳 B2F,邵阳 C3F。

作者简介:薛云,女,广西中烟工业有限责任公司助理工程师,硕士。

通信作者:龙章德(1970—),男,广西中烟工业有限责任公司高级农艺师,博士。E-mail:lonzd@163.com

收稿日期:2017-10-24

1.2 试验仪器

电子天平:METTLER TOLEDOAL204 型,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;

高速冷冻离心机:Sigma 3-30K 型,德国 Sigma 公司;

转盘吸烟机:RM-200A 型,德国 Borgwaldt KC 公司;

高效液相色谱仪:U 3000 型,美国赛默飞世尔公司。

1.3 试验方法

1.3.1 卷烟感官评吸 按照 GB/T 16447—2004 调节卷烟样品的水分,制备样品。按 GB 5606.4—2005 评吸样品,并记录结果。利用香味轮廓分析法,采用 9 分制对 7 个卷烟样品的品质指标(香气量、香气质、杂气、刺激性、透发性、甜度、余味)和特征指标(烟气浓度、劲头)进行感官评定(见表 1)^[9]。将 7 种不同区县,不同部位的烟丝分别卷成烟支,在设定的恒温恒湿下平衡 48 h,经专业评吸人员综合评价,结果见表 2^[9]。

1.3.2 非衍生化方法测定

(1) 烟叶样品前处理:称取 5 g 烟末于 50 mL 离心管中,加入 20 mL 5%氢氧化钠,超声 20 min,过夜,再超声 20 min,调节 pH 至 2~3,20 mL 二氯甲烷萃取,无水硫酸钠干燥,取有机层过 0.45 μm 滤膜,进样 GC/MS 分析。

(2) 烟气样品前处理:将抽吸 20 支烟的剑桥滤片置于

50 mL 离心管中,加入 20 mL 5% NaOH,超声 20 min,静置过夜,超声 20 min,用盐酸调节 pH 至 2~3,20 mL 二氯甲烷萃取,无水硫酸钠干燥,取有机层过 0.45 μm 滤膜,进样,GC/MS 分析。

(3) GC 条件:色谱柱为 HP-INNOWAX 60 m×0.32 mm×0.25 μm;载气为 He;流速 1.0 mL/min;进样口温度 250 ℃;传输线温度 220 ℃;进样量 1 μL;分流比 50:1。升温程序:起始温度 60 ℃,保持 2 min,以 10 ℃/min 的速率升温到 110 ℃,保持 2 min,再以 3 ℃/min 速率升温到 150 ℃,再以 15 ℃/min 速率升温到 210 ℃,再以 5 ℃/min 速率升温到 230 ℃,保持 50 min。

(4) MS 条件:离子源温度 150 ℃;四级杆温度 230 ℃;电离的方式为 EI;扫描质量在 45~450 m/z;电子能量 70 eV。

1.3.3 数据分析 采用偏最小二乘回归分析(PLSR)方法对烟叶样品中多元酸和高级脂肪酸与感官评吸结果进行相关性分析。

2 结果与讨论

2.1 多元酸和高级脂肪酸含量分析

烟叶中的酸包括挥发酸和非挥发酸,一般认为,高含量的挥发酸是优质烟叶的化学特征,烟叶中的非挥发酸对卷烟

表 1 烟叶感官评定指标
Table 1 Tobacco sensory evaluation

标度值	品质指标								特征指标	
	香气质	香气量	杂气	刺激性	透发性	柔细度	甜度	余味	浓度	劲头
9	好+	足+	轻+	小+	好+	好+	好+	好+	浓+	大+
8	好	足	轻	小	好	好	好	好	浓	大
7	好	足—	轻—	小—	好—	好—	好—	好—	浓—	大—
6	中+	中+	中+	中+	中+	中+	中+	中+	中+	中+
5	中	中	中	中	中	中	中	中	中	中
4	中—	中—	中—	中—	中—	中—	中—	中—	中—	中—
3	差+	少+	重+	大+	差+	差+	差+	差+	淡+	小+
2	差	少	重	大	差	差	差	差	淡	小
1	差—	少—	重—	大—	差—	差—	差—	差—	淡—	小—

† 品质指标“+”“—”表示该指标的优劣程度;特征指标“+”“—”表示该指标的变化趋势。

表 2 7 种烟叶感官评分结果
Table 2 Sensory score of seven tobacco

样品名称	品质指标								特征指标		综合得分
	香气质	香气量	杂气	刺激性	透发性	柔细度	甜度	余味	浓度	劲头	
隆回 B2F	4.5	5.0	4.5	4.0	5.0	4.5	4.0	4.5	5.5	6.5	36.0
隆回 C3F	5.0	5.0	5.0	5.5	5.0	5.5	5.0	5.0	5.5	5.0	41.0
郴州 B3F	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.5	5.5	40.0
郴州 B2F	5.5	6.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0	44.5
郴州 C3F	6.0	5.5	5.5	6.0	5.5	5.5	6.0	5.5	6.0	5.5	45.5
邵阳 C3F	4.0	4.5	4.0	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.5	5.0	34.5
邵阳 B2F	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.0	5.0	5.5	32.0

的香气味也有一定影响。烟叶原料中的非挥发酸虽然对烟叶香气没有特别明显的直接作用,但是它可以通过调节烟叶原料的酸碱度,使烟气变得厚实,烟香变得醇厚优美,进而改善抽吸口感。

从 7 种原料烟叶中多元酸的含量(表 3)可知,丙酸含量最高,其次是 3-甲基戊酸和 2-甲基丁酸;高级脂肪酸中(表 4),十六酸含量最高,其次是亚油酸和油酸;同时发现,多元酸和高级脂肪酸在上部烟叶中的含量高于中部烟叶。

表 3 原料烟叶中多元酸含量

Table 3 The content of the polybasic acids in tobacco leaves μg/g

样品	乙酸	丙酸	丁酸	3-甲基丁酸	2-甲基丁酸	3-甲基戊酸	反-2-己烯酸
郴州 B2F	10.07	323.41	4.83	1.18	73.02	75.25	36.87
郴州 B3F	10.02	171.67	2.88	0.85	41.35	54.74	21.44
郴州 C3F	10.01	129.79	1.85	0.71	33.20	51.24	8.32
隆回 B2F	10.02	132.22	1.97	0.59	22.53	37.38	2.04
隆回 C3F	10.02	103.94	1.32	0.30	12.06	18.34	1.11
邵阳 B2F	10.12	123.97	1.88	0.55	22.53	53.10	1.62
邵阳 C3F	10.03	134.27	2.03	0.57	17.88	35.52	1.65

表 4 原料烟叶中高级脂肪酸含量

Table 4 The content of the fatty acids in tobacco leaves μg/g

样品	十四酸	十六酸	十七酸	硬脂酸	油酸	亚油酸
郴州 B2F	0.65	40.54	4.27	9.23	30.68	30.86
郴州 B3F	1.85	90.69	6.24	18.12	51.13	64.23
郴州 C3F	1.15	17.32	0.90	3.20	8.13	12.41
隆回 B2F	1.32	82.19	4.93	16.86	51.25	64.63
隆回 C3F	0.78	53.43	3.20	8.82	22.21	38.26
邵阳 B2F	1.75	93.05	6.24	18.12	58.00	72.83
邵阳 C3F	1.09	71.47	3.42	12.66	34.13	55.72

2.2 多元酸和高级脂肪酸与感官品质特征的相关性分析

采用 PLSR 对多元酸和高级脂肪酸的种类与感官评吸结果进行相关性分析,探究哪些酸类物质对烟叶感官品质影响较大。以多元酸和高级脂肪酸含量作为 X 变量,其对应的感官品质指标作为 Y 变量进行 PLSR 分析。图 1 中的 2 个大椭圆分别代表 PLSR 模型 50% 和 100% 的解释方差。由图 1 可知,所有的感官品质指标都位于相关载荷图的右侧,除了抽吸劲头外,其他指标都集中分布在 50% 的解释方差外,结果表明,香气、浓度、透发性等这些感官品质指标可以很好地利用 PLSR 模型解释。十四酸、十六酸、十七酸、硬

脂酸、油酸和亚油酸这些高级脂肪酸集中位于 PC1 左侧,丙酸、丁酸、3-甲基丁酸、2-甲基丁酸、3-甲基戊酸、3-甲基丁酸、反-2-己烯酸这些多元酸集中位于 PC1 右上方。以上感官品质指标(除劲头)与高级脂肪酸呈显著负相关,与多元酸呈显著正相关,而劲头在模型中的权重较低。说明高级脂肪酸对烟草的香气和抽吸口感有不好的影响,多元酸对烟叶的香气和抽吸口感有好的影响。

2.3 多元酸和高级脂肪酸对烟叶感官品质影响的分析

2.3.1 多元酸和高级脂肪酸对烟叶香气影响的分析 将多元酸及高级脂肪酸对香气质、香气量的影响进行了 PLSR 分析,结果见图 2。由图 2 可知,乙酸、丙酸、十六酸、十七酸、硬脂酸、油酸和亚油酸与香气质呈负相关,丁酸、3-甲基丁酸、2-甲基丁酸、3-甲基戊酸、反-2-己烯酸、十四酸与香气质呈正相关。乙酸、3-甲基戊酸、十四酸、十六酸、十七酸、硬脂酸、油酸和亚油酸与香气量呈负相关,丙酸、丁酸、3-甲基丁酸、2-甲基丁酸、反-2-己烯酸与香气量呈正相关,其中反-2-己烯酸对香气量的影响达到显著水平。说明多元酸对烟叶香气有好的影响,而高级脂肪酸对香气有不好且比较小的影响。

2.3.2 多元酸和高级脂肪酸对烟叶刺激性、杂气影响的分析 将多元酸及高级脂肪酸对烟叶刺激性、杂气的影响进行了 PLSR 分析,结果见图 3。由图 3 可知,乙酸、十四酸、十六酸、十七酸、硬脂酸、油酸及亚油酸与刺激性和杂气呈负相

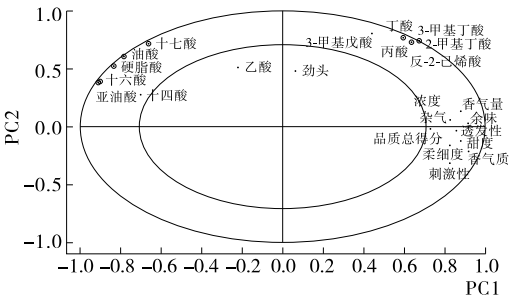


图 1 多元酸和高级脂肪酸与感官品质特征的 PLSR 相关性分析图

Figure 1 PLSR correlation analysis of the polybasic acids and higher fatty acids with smoking quality

关,其中十六酸、硬脂酸、油酸及亚油酸对刺激性的影响达到显著水平。丙酸、丁酸、3-甲基丁酸、2-甲基丁酸、3-甲基戊酸、反-2-己烯酸与刺激性和杂气呈正相关。结合表 1~4,邵阳 B2F 和邵阳 C3F 中的十六酸、硬脂酸、油酸及亚油酸含量较高,感官品质刺激性的得分低,烟叶抽吸的刺激性大,说明高级脂肪酸会增加烟气的刺激性。

2.3.3 多元酸和高级脂肪酸对烟叶柔细度、甜度影响的分析
将多元酸及高级脂肪酸对柔细度、甜度的影响进行了 PLSR 分析,结果见图 4。由图 4 可知,乙酸、十四酸、十六酸、十七酸、硬脂酸、油酸及亚油酸与柔细度和甜度呈负相关,其中十六酸、硬脂酸、油酸及亚油酸对柔细度的影响达到显著水平。另外丙酸、丁酸、3-甲基丁酸、2-甲基丁酸、3-甲基

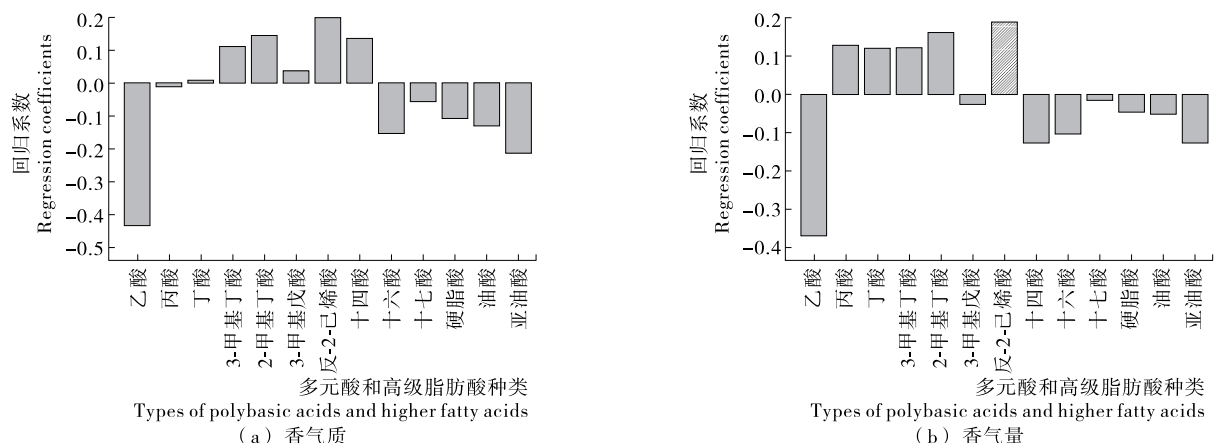


图 2 多元酸和高级脂肪酸对烟叶香气质、香气量影响的分析

Figure 2 Analysis of the effect of polybasic acids and higher fatty acids with tobacco aroma quality and quantity

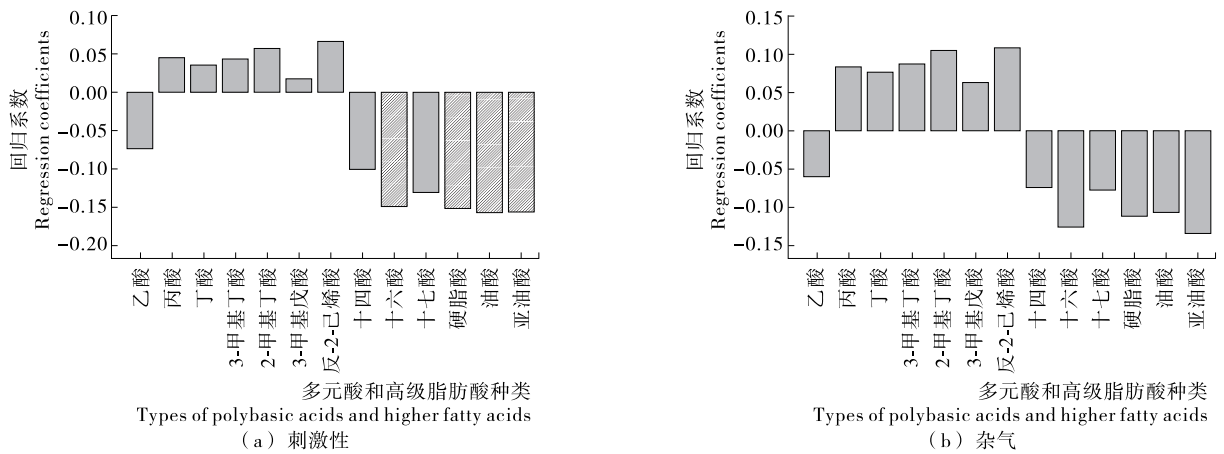


图 3 多元酸和高级脂肪酸对烟叶刺激性、杂气影响的分析

Figure 3 Analysis of the effect of polybasic acids and higher fatty acids with tobacco irritant and miscellaneous gas

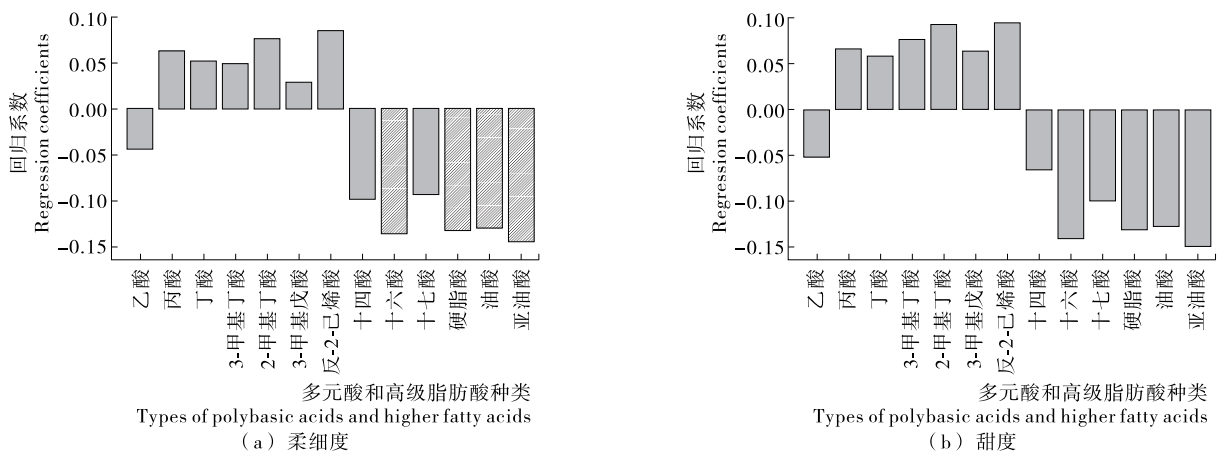


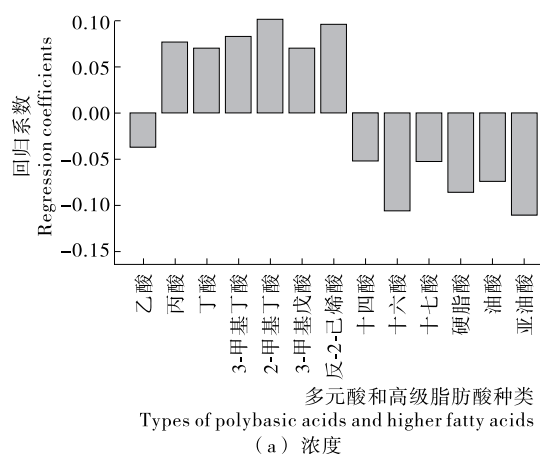
图 4 多元酸和高级脂肪酸对烟叶柔细度、甜度影响的分析

Figure 4 Analysis of the effect of polybasic acids and higher fatty acids with tobacco softness and sweetness

戊酸、反-2-己烯酸含量越高,烟叶抽吸的柔细度和甜度越明显。说明提高多元酸含量,能够改善烟叶抽吸的柔感和甜感,而提高高级脂肪酸含量不利于烟叶较好柔细度的产生。

2.3.4 多元酸和高级脂肪酸对烟叶浓度、劲头影响的分析

将多元酸及高级脂肪酸对浓度、劲头的影响进行了PLSR分析,结果见图5。由图5可知,乙酸、十四酸、十六酸、十七酸、硬脂酸、油酸及亚油酸与烟气浓度呈负相关,丙酸、丁酸、3-甲基丁酸、2-甲基丁酸、3-甲基戊酸、反-2-己烯酸与其呈正相关;以上所有的酸类物质与劲头呈正相关。总之,多元酸增加会提高烟气的浓度和劲头,而高级脂肪酸的增加虽然可以提高劲头,但是会降低烟叶抽吸烟气的浓度。



2.3.5 多元酸和高级脂肪酸对烟叶透发性、余味的影响分析

将多元酸及高级脂肪酸对透发性、余味的影响进行了PLSR分析,结果见图6。由图6可知,乙酸、十四酸、十六酸、十七酸、硬脂酸、油酸及亚油酸与透发性、余味呈负相关,丙酸、丁酸、3-甲基丁酸、2-甲基丁酸、反-2-己烯酸与二者呈正相关,且2-甲基丁酸与透发性呈显著正相关,另外3-甲基戊酸含量越高,余味越好,透发性越弱。2-甲基丁酸是烟草中的酸性物质成分,能在烟草制品中增添水果、酒和乳脂等风味,使烟气柔和滋润,改善辛辣刺激,源于其对烟气的柔和滋润作用,在降低刺激的同时,对抽吸的透发性也有一定的增强效果。

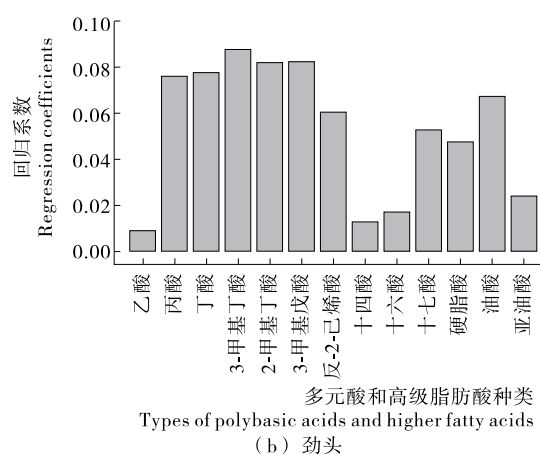


图5 多元酸和高级脂肪酸对烟叶浓度、劲头影响的分析

Figure 5 Analysis of the effect of polybasic acids and higher fatty acids with tobacco concentration and momentum

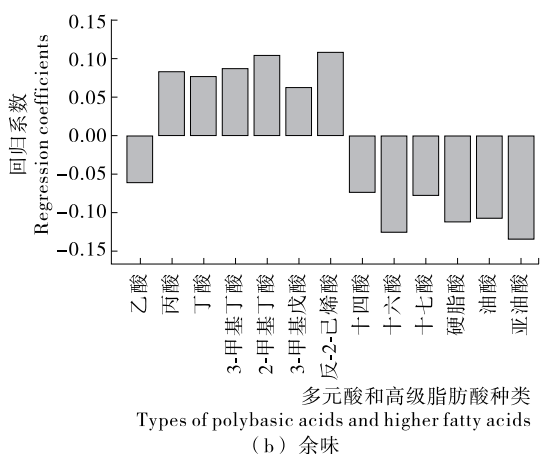
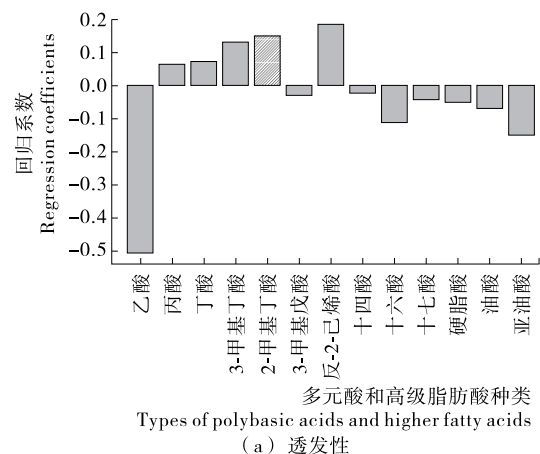


图6 多元酸和高级脂肪酸对烟叶透发性、余味的影响分析

Figure 6 Analysis of the effect of polybasic acids and higher fatty acids with tobacco explosive and aftertaste

3 结论

以湖南烟区3个区县,7种烟叶的不同部位作为研究对象,对烟叶中多元酸和高级脂肪酸进行定量分析,发现烟叶中多元酸和高级脂肪酸含量最高的分别为丙酸和十六酸,同时发现,烟叶中不同部位的多元酸和高级脂肪酸的含量也不同;采用偏最小二乘回归分析(PLSR)方法对烟叶中多元酸和高级脂肪酸与感官品质进行了相关性分析。结果表明,烟叶中多元酸含量越高,烟香越浓,口腔越舒适,烟气的爆发力越强,刺激性明显降低,而高级脂肪酸含量的增加除了能够

改善烟叶抽吸劲头,对其他感官指标都有不利的影响。基于上述研究,可以通过调节多元酸与高级脂肪酸的含量,来改善抽吸口感,从而提高烟叶的感官质量,同时为促进烟叶感官质量的提升提供了重要的参考数据。

参考文献

- [1] 周冀衡,朱小平,王彦亭,等.烟草生理与生物化学[M].合肥:中国科技大学出版社,1996:369-393.

(下转第60页)

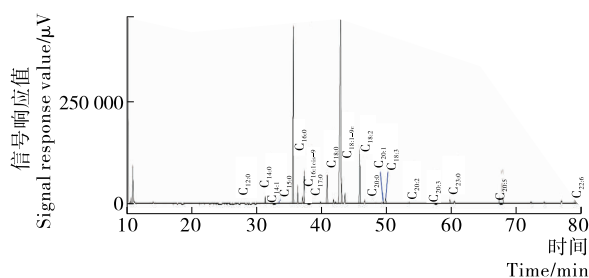


图7 土鸭蛋脂肪酸色谱图

Figure 7 The chromatogram map of fatty acid of native duck eggs

3 结论

与市售鸭蛋相比,三穗特色麻鸭蛋富含Ca、Zn、Mg、Fe、Cu、Mn多种矿物质,脂肪酸组成更贴近人体所需。除此之外,三穗鸭蛋营养丰富,粗蛋白含量11.97%,为完全蛋白质,含有人体需要的各种必需氨基酸,氨基酸评分均高于100,蛋白质价值高,必需氨基酸指数、生物价高于100,必需氨基酸数量充足,比例协调。粗脂肪含量为12.81%,饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸比例利于人体健康,含有必需脂肪酸且胆固醇含量低,不容易导致动脉粥样硬化与血栓的形成。针对三穗麻鸭蛋营养成分的特点,可开发不同类型的加工产品,如蛋黄粉、蛋白质脂肪酸复合保健品以及宠物食品等,彰显了三穗鸭蛋营养均衡且矿物质含量高、脂肪酸组成佳的优势。

单黄蛋、双黄蛋与土鸭蛋三者相比,双黄蛋具有脂肪、矿物质、不饱和脂肪酸含量高的特点;土鸭蛋具有胆固醇和Mn等矿物质含量高、蛋白质营养价值高以及脂肪酸比例更健康的特点;单黄蛋各项指标均不突出。故针对不同的营养需求或加工要求,可以对不同饲养模式和蛋黄个数的鸭蛋进行合理科学的选择。但导致土鸭蛋与饲养鸭蛋、双黄蛋与单黄蛋营养成分差异的原因需进一步研究。

参考文献

- [1] 杨月. 发酵鸭肉香肠的研制[J]. 肉类研究, 2010(7): 24-27.
- [2] KASSIS N M, BEAMER S K, MATAK K E, et al. Nutritional composition of novel nutraceutical egg products developed with omega-3-rich oils[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(8): 1 204-1 212.
- [3] 王旭平, 杨胜林, 陆曼, 等. 斑嘴野鸭蛋品质及营养成分分析[J]. 基因组学与应用生物学, 2017, 36(3): 882-888.
- [4] 周有祥, 夏虹, 彭茂民, 等. 鲜鸭蛋及其制品的营养成分初步分析[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(10): 2 553-2 556.
- [5] 汤庆莉, 张勇, 王娜, 等. 贵州省麻鸭蛋的成分分析及营养评价[J]. 食品科学, 2011, 32(S1): 36-38.
- [6] 韩鹏, 徐廷生, 雷雪芹, 等. 缠丝鸭蛋品质及营养成分测定[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40(7): 192-194.
- [7] BANO I, RAJARATHRAM S. In the tropical mushroom biological nature and cultivation methods[M]. Hong Kong: The Chinese University Press, 1982: 363-380.
- [8] OSER B L. Method for integrating essential amino acid content

in the nutritional evaluation of protein[J]. J Am Diet Assoc, 1951, 27: 396-402.

- [9] CRISAN E V, SANDS A. Nutritional value: the biology and cultivation of edible mushrooms[M]. New York: Academic Press, 1959: 281-295.
- [10] ULBRICHT T L, SOUTHGATE D A. Coronary heart disease: seven dietary factors[J]. Lancet, 1991, 338: 985-992.
- [11] 杨利, 马勇, 王长祥, 等. 鸭蛋及其制品矿质元素测定与营养质量安全分析[C]//第七届中国蛋品科技大会论文集. 北京: 中国畜牧兽医学会, 2006: 58-63.
- [12] 王光亚. 中国食物成分表[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2009: 141.
- [13] United States Department of Agriculture. National nutrient database for standard reference release 28 basic report: 01138, Egg, duck, whole, fresh, raw[EB/OL]. (2017-09-02)[2017-09-18]. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/127?fgcd=&manu=&lfacet=&format=&count=&max=50&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=01138&ds=&qt=&qp=&qq=&qn=&q=ing=>.
- [14] 顾景范. 《中国居民营养与慢性病状况报告(2015)》解读[J]. 营养学报, 2016(6): 525-529.
- [15] 覃英, 王佳武, 李代平, 等. 黔东南地区南华纪锰矿地质地球化学特征[J]. 地质与勘探, 2013(6): 1 060-1 069.
- [16] CALDER P C, YAQOOB P. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and human health outcomes[J]. Biofactors, 2009, 35(3): 266-272.
- [17] VACCA G M, CARCANGIU V, DETTORI M L, et al. Productive performance and meat quality of Mouflon×Sarda and Sarda×Sarda suckling lambs[J]. Meat Sci, 2008, 80: 326-334.

(上接第54页)

- [2] 朱立军, 施丰成, 戴亚. 国内外卷烟中多元酸和高级脂肪酸含量的差异分析[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2010, 36(2): 160-164.
- [3] 吴键, 潘存宽, 王修铭, 等. 国内外卷烟中多元酸和高级脂肪酸的分析研究[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(18): 24-26.
- [4] 刘百战, 徐亮, 胡便霞, 等. 卷烟中非挥发性有机酸及某些高级脂肪酸的分析[J]. 烟草科技, 2000(1): 25-27.
- [5] 陈章玉, 罗莉丽, 武怡, 等. 烟气中有机酸的分析[J]. 色谱, 2001, 19(4): 374-377.
- [6] 丁仁君, 夏延斌. 葡萄酒中的有机酸及检测方法研究进展[J]. 食品与机械, 2014, 30(1): 243-247.
- [7] 杨忠乔, 虞爱旭, 候镜德, 等. 气相色谱法-质谱联用法分析烟丝中有机酸成分[J]. 分析测试技术与仪器, 2003, 9(1): 38-42.
- [8] 王冰, 夏巧玲, 郭吉兆, 等. 两种衍生化方法对烟草中多元酸和高级脂肪酸测定的影响[J]. 烟草科技, 2012(12): 56-59.
- [9] 龙章德, 林顺顺, 田兆福, 等. 基于电子鼻分析的原料烟叶鉴别分析[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 35-39.
- [10] 龙章德, 田兆福, 李小兰, 等. 烟草多酚类化合物对卷烟品质的影响研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 41-44.