广东农业科学 2017，44（8）：96-105
Guangdong Agricultural Sciences doi：10.16768/j.issn.1004-874X.2017.08.016

刘绍华，白家峰，冉盼盼，等．美拉德反应时间对烟草花蕾发酵液挥发性香味成分的影响［J］．广东农业科学，2017，44（8）：96-105.

美拉德反应时间对烟草花蕾发酵液挥发性香味成分的影响

刘绍华[1]，白家峰[1]，冉盼盼[2]，马扩彦[3]，许春平[2]

（1. 广西中烟工业有限责任公司技术中心，广西 南宁 530001；
2. 郑州轻工业学院食品与生物工程学院，河南 郑州 450000；
3. 重庆中烟工业有限责任公司技术研发中心，重庆 400060）

摘 要：为研究不同美拉德反应时间对烟草花蕾发酵液挥发性香味成分的影响，烟草花蕾经高活性产香酵母发酵后，通过时间调控优化美拉德反应制备烟用香料，并对此香料进行主成分分析以及加香评吸。结果表明：经同时蒸馏萃取提取，美拉德反应 8 h 样品香味物质有 45 种，反应 12 h 样品香味物质有 38 种，反应 16 h 样品香味物质有 45 种，反应 20 h 样品香味物质有 42 种，主要包括醇、醛、酸、酯、酮、呋喃和吡啶等。烟草花蕾发酵液经不同美拉德反应时间处理后香味成分主成分分析可知，美拉德反应时间 8、12、20 h 样品的香味成分有显著差异，美拉德反应时间 16、12 h 样品的香味成分无显著差异。美拉德反应时间 12 h 的样品对空白烟进行加香评吸的效果最佳。

关键词：产香酵母；美拉德反应；烟草花蕾；优化；主成分分析

中图分类号：TS49 **文献标识码：**A **文章编号：**1004-874X（2017）08-0096-10

Effects of Maillard reaction time on volatile aroma components in tobacco bud fermentation broth

LIU Shao-hua[1], BAI Jia-feng[1], RAN Pan-pan[2], MA Kuo-yan[3], XU Chun-ping[2]

（1.*Technical Center of China Tobacco Guangxi Industrial Co., Ltd, Nanning* 530001, *China*;
2.*College of Food and Biology Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou* 450002, *China*;
3.*Technical Center of China Tobacco Chongqing Industrial Co., Ltd, Chongqing* 400060, *China*）

Abstract: In order to investigate the effects of Maillard reaction time on the aroma of tobacco bud fermentation broth, the tobacco flavor was prepared and optimized by Maillard reaction time control after the tobacco bud was fermented by high-active aroma-producing yeast, and the flavor was analyzed by principal component analysis and sensory evaluation. The results showed that: by simultaneous distillation and extraction, the kind of aroma components in the flavor sample of 8 h Maillard reaction was 45, and the kind of aroma components in the flavor sample of 12 h Maillard reaction was 38, and the kind of aroma components in the flavor sample of 16 h Maillard reaction was 45, and the kind of aroma components in the flavor sample of 20 h Maillard reaction was 42, including alcohols, aldehydes, acids and esters, ketones, furans and pyridine etc. After the tobacco bud fermentation broth treated by Maillard reaction with different time, flavor components were analyzed by principal component analysis and it showed

收稿日期：2017-06-04
基金项目：广西中烟合作项目（20141011）
作者简介：刘绍华（1962-），男，博士，研究员，E-mail：lshaohua18@163.com
通讯作者：许春平（1977-），男，博士，教授，E-mail：xuchunping05@163.com

that there were significant differences among three samples of aroma components of Maillard reaction time of 8 h, 12 h, and 20 h, and no significant difference among three samples of aroma components of Maillard reaction time between 16 h, and 12 h. By sensory evaluation, it showed that by flavoring into blank cigarette, the sample of aroma components of Maillard reaction time of 12 h was the best.

Key words: *Saccharomyces cerevisiae*; Maillard reaction; tobacco bud; optimization; principal component analysis

美拉德反应是氨基化合物和还原糖之间发生的反应，是形成烟草特征香味的主要途径之一。美拉德反应产物含有大量香味物质，大部分与烟香谐调，能有效改善低次烟草的品质，减少木质杂气，增加烟香，为一类很好的烟用香料。张鹏等[1]基于美拉德反应原理，分析了烟末提取浓缩液美拉德反应时间对烟草薄片质量的改善效果，研究发现美拉德强化修饰可有效降低烟末提取液中的不利成分，增加风味致香成分，如糠醛、巨豆三烯酮等醛酮类物质；减少薄片杂气和木质气。王莹[2]对美拉德反应体系的工艺，最佳美拉德反应产物的分离鉴定、对比分析及其卷烟加香应用，结果发现在烤烟型卷烟中添加适宜浓度的美拉德反应产物对感官质量有显著的改善作用，可以增补烟香，改善吃味，减轻杂气和刺激性，增强烟气的细腻性、醇和性，使香气更加丰满、协调。程传玲等[3]以山梨糖和脯氨酸为原料，模拟美拉德反应体系，结果显示美拉德反应后的产物利用气－质联用仪对产物进行 GC-MS 分析，检测到吡啶类等杂环化合物，这些物质是卷烟中的重要香气成分。班强等[4]考察了废烟末烟膏与脯氨酸的美拉德反应，结果表明对最佳美拉德反应产物进行 GC/MS 分析鉴定，35 种产物中包括 2- 甲基吡嗪、2- 乙酰基呋喃、2- 吡咯烷酮等对烟草香味有着很好修饰作用的美拉德反应产物，以及烟碱、苯乙烯、香草醛、4，7，9- 巨豆三烯 -3- 酮等加强烟草本香化合物，可以作为烟用香料用于卷烟加香。本试验以打顶废弃的烟草花蕾为原料，经一定条件的发酵处理得到发酵液，通过对发酵液进行不同美拉德反应时间处理，对美拉德反应产物进行加香评吸，同时蒸馏提取香味物质，GC-MS 分析以及主成分分析香气成分，旨在探究不同美拉德反应时间对烟草花蕾香料的影响以及美拉德反应产物对卷烟加香的效果，以期对新型烟草香料的制备提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试材料云烟 87 烟草花蕾，由广西中烟工业有限责任公司提供；酿酒高活性酵母；试剂葡萄糖、谷氨酸、磷酸氢二钠、磷二氢钠、3，5- 二硝基水杨酸钠、丙二醇、1 moL/L NaoH、1 moL/L H_2SO_4、二氯甲烷、0.8211 moL/mL 乙酸苯乙酯等。

仪器设备：Q-100A3 旗箭粉碎机（上海冰都电器有限公司），HS-4 恒温水浴锅（上海医疗器械五厂），PL203 电子分析天平（0.0001 g）梅特勒 - 托利多仪器（上海有限公司），RIGOL UItra-3400 紫外分光光度计（河北惠采科技有限公司），DGX-9143 电热恒温鼓风干燥箱（上海福玛设备有限公司），BIORIDGE 卢湘仪 TGL-16M 离心机，同时蒸馏萃取装置（郑州科技玻璃仪器厂），6890 /5973 气相色谱 / 质谱联用仪（安捷伦科技有限公司）。

1.2　试验方法

1.2.1　*产香酵母活化*　将产香酵母用 35 ~ 40℃的水活化 15 ~ 20 min，然后温度降至 34℃以下活化 1 ~ 2 h。将 10 g 产香酵母放入 250 mL 锥形瓶中，加入 100 mL 35 ~ 40℃无菌水在 32℃水浴锅中活化 2 h，备用。

1.2.2　*烟草花蕾灭菌处理*　将干燥的云烟 87 烟草花蕾粉碎，过 0.250 mm 孔径筛网，置于 500 mL 锥形瓶中以料液比为 1∶10 比例加入 200 mL 蒸馏水。水浴锅中沸水浴 30 min 达到灭菌效果。

1.2.3　*美拉德反应处理*　向发酵后 4 个样品中各加入 20 mL 丙二醇调 pH7 用封口放入 70℃烘箱分别反应 8、12、16、20 h。

1.2.4　*同时蒸馏萃取提取香味物质*　将美拉德

反应产物倒入同时蒸馏萃取装置一端的平底烧瓶中，加入 100 mL 蒸馏水，用电子调温电热套加热，装置的另一端蒸馏瓶中注入 50 mL 二氯甲烷，于 60℃水浴中加热。当水与二氯甲烷分层开始计时，萃取 2.5 h，然后在二氯甲烷萃取液中加入含量为 0.8211 mg/mL 的乙酸苯乙酯 1 mL 和无水硫酸钠若干，静置过夜。然后于 35～40℃浓缩，浓缩至约 1 mL 转至样品瓶中，低温密封保存，用于 GC/MS 定量分析[5-7]。

1.2.5 GC-MS 条件及分析　色谱条件：色谱柱为 HP-5MS 色谱柱（30 m×250 μm×0.25 μm），进样口温度：280℃，分流比 10∶1，进样量 1 μL 载气：氦气，载气流量为：3 mL/min，升温程序为：初起始温度 50℃，以 4℃/min 升至 280℃；质谱条件：EI 源，接口温度 270℃，电子能量：70 eV，四极杆温度：150℃，采集模式：扫描[8]；质量扫描范围：35～550 m/z。利用 Nist11 谱库将质谱图中各色谱峰进行检索，同时进行人工解析，对化学成分进行定性分析（匹配度 >80）。采用内标法（内标物 0.8211 mg/mL 的乙酸苯乙酯）对物质进行定量。挥发性物质含量（μg/g）=（内标物质量 × 挥发性物质峰面积 ×1000）/（烟草花蕾质量 × 内标物峰面积）[9]

1.2.6 主成分分析　采用 IBM SPSS Statistics21 软件对挥发性物质主成分进行分析[10-13]，根据相关系数列出相关矩阵，计算各主成分的系数及综合得分，并进行排序。根据不同美拉德反应时间的烟草花蕾发酵液有关成分的含量标准化值与特征根、特征向量，计算各主成分值，并以此作散点图。

1.2.7 感官评价　待加香评吸的烟来自广西中烟公司的空白烟，每个试验处理为不同美拉德反应时间处理烟草花蕾发酵液后的美拉德放应产物，经离心取 2 mL 上清，加香后在温度 22（±2）℃，相对湿度 60（±5）% 的恒温恒湿箱中平衡 24 h 待评吸。取仅加水的空白烟作对照。请广西中烟评吸小组进行感官评吸，评吸小组 10 人，参照《卷烟　第四部分：感官技术要求》（GB 5606.4—2005）对卷烟样品进行感官评价分析[14]。

2　结果与分析

2.1　烟草花蕾发酵液经不同美拉德反应时间处理后 GC-MS 数据分析结果

发酵后的样品进行 4 个时间梯度的美拉德反应，经同时蒸馏萃取提取香味物质 GC-MS 分析结果见表 1。

表 1　美拉德反应香味物质含量

类别	香味物质	含量（μg/g）			
		8h 样品	12h 样品	16h 样品	20h 样品
醇类	苯乙醇	136.08	160.86	200.13	64.05
	苯甲醇	11.39	11.31	10.40	11.14
	油醇		118.80	87.47	
	1- 二十七烷醇			0.95	1.25
	金合欢醇		1.15		
	1, 5, 9- 三甲基 -12-（1- 甲基乙基）-4, 8, 13, - 环十四烷三烯 -1, 3- 二醇		13.24	3.28	
	十二烷硫醇		0.82		
	（1S, 2E, 4S, 5R, 7E, 11E）- 瑞士五针松 -2, 7, 11- 三亚乙基四胺 -4, 5- 二醇			1.89	1.30
	小计	147.47	306.18	304.12	77.74

（续表 1）

类别	香味物质	含量（μg/g）			
		8h 样品	12h 样品	16h 样品	20h 样品
醛类	对甲基苯甲醛				0.26
	苯乙醛	17.02	13.16	5.27	20.00
	肉豆蔻醛	2.35			
	邻甲基苯甲醛	0.56	0.41		
	反，顺 –2，6– 壬二烯醛	1.16	1.21		0.94
	正十五碳醛		2.43	1.57	2.38
	反 –2，6– 壬二醛			1.05	
	14– 甲基 –（Z）8– 顺 –11– 十六碳烯醛		0.32	0.36	0.34
	小计	21.08	17.53	8.25	23.92
酸类	软脂酸	156.76	109.49	76.38	161.67
	硬脂酸	26.41			
	亚油酸	91.88			98.80
	油酸	2.66			0.62
	反油酸				28.57
	辛酸	1.88			
	己酸				2.48
	棕榈油酸	19.49	9.56	6.47	23.21
	亚麻酸	24.17			
	肉豆蔻酸	9.33	6.37	3.63	11.72
	反式 –13– 十八烯酸	30.62		1.14	0.80
	正十五酸	5.56	4.49	3.10	6.10
	小计	368.75	129.90	90.72	333.97
酯类	邻苯二甲酸二丁酯	2.50	2.09	1.72	
	乙酸苏合香酯			0.23	
	己二酸二辛酯	1.65		1.09	
	棕榈酸甲酯	10.07	10.53	8.45	12.83
	硬脂酸甲酯			4.25	
	（E）–9– 十八烯酸甲酯			8.31	
	二氢猕猴桃内酯	4.19	4.06	3.91	3.69
	13– 十四烯 –1– 醇醋酸酯	0.53		0.92	
	小计	18.94	16.68	28.88	16.52
酮类	甲基庚烯酮	0.47			0.49
	甲基壬基甲酮		1.14		
	6，10，14– 三甲基 –2– 十五烷酮	10.47	10.93	8.90	12.36
	邻甲基苯乙酮				1.43
	间甲基苯乙酮	1.31	1.31		
	2– 壬酮	0.78	0.79	0.85	
	麦由酮	4.90			19.04
	大马士酮	3.07	2.17	1.56	6.93

（续表 1）

类别	香味物质	含量（μg/g）			
		8h 样品	12h 样品	16h 样品	20h 样品
酮类	巨豆三烯酮	1.14	1.21	1.01	1.23
	3– 羟基 – β – 大马酮	1.15			1.00
	小计	23.29	17.56	12.32	42.47
烯类	1– 石竹烯	4.26	4.34	3.67	
	1– 十八烯	5.41	5.85		6.25
	（–）–a– 芹子稀		8.02		
	三环烯	74.04	74.46	61.96	75.81
	氧化石竹烯	2.69	2.75	2.24	3.67
	1– 二十二烯		0.21	0.15	0.62
	烟草烯	2.57	4.36	2.57	6.93
	顺式 –9– 十八醛烯	0.68			
	1– 十九烯	0.25			
	1– 二十三稀		1.20		
	1– 二十六碳稀		0.73		
	4– 癸烯				1.10
	（E，E）–1，3，5– 十一三烯			3.51	
	g– 古芸稀		2.84		
	反，反，顺 –1，3，5，8– 十一碳四稀			2.41	
	（3E，5Z）–1，3，5– 十一烷三烯			0.71	
	11– 烯酸	9.91	10.36		13.20
	反式 –5– 甲基 –3–（1– 甲基乙烯基）– 环己烯	45.01	48.92	31.56	60.06
	小计	144.83	164.04	108.77	167.63
其他	N– 乙基 –2– 甲基 – 苯胺		1.83	1.56	1.93
	芥酸酰胺				2.25
	吲哚	5.51	5.21	4.80	3.82
	油酸酰胺	5.16	4.56	7.05	6.79
	2，3，5– 三甲基吡啶			0.37	
	十八烷基乙烯基醚		0.97		
	2– 乙酰基吡咯				0.45
	2，3，6– 三甲基吡啶			0.50	
	2，3– 联苯吲哚			1.41	
	2– 正戊基呋喃	0.88	1.00	0.84	0.95
	4– 乙烯基 –4– 甲氧基苯酚	2.09	3.48	3.36	1.01
	2– 甲基 –6 乙基苯胺	1.78			
	寸拜精	47.50	48.30		
	3–（4，8，12– 三甲基十三烷基）呋喃		4.59	2.55	
	N–（2– 三氟甲基苯）–3– 吡啶甲酰胺肟	0.47	3.17	2.35	4.35
	小计	63.39	67.89	20.00	17.75
	合计	787.75	719.78	573.07	679.99

从表 1 可以看出，发酵后的烟草花蕾经不同美拉德反应时间处理，利用蒸馏萃取技术提取的挥发性成分共计 79 种。挥发性香味物质含量及种类差异很大，其中经过美拉德反应 8 h 样品香味物质有 45 种，反应 12 h 样品香味物质有 38 种，反应 16 h 样品香味物质有 45 种，反应 20 h 样品香味物质有 42 种，主要包括醇、醛、酸、酯、酮、萜稀类，以及呋喃、吡啶苯胺等。烟草花蕾在发酵后经不同美拉德反应时间处理后，含有各自特有的香味成分，美拉德反应 8 h 处理特有的香味物质有硬脂酸、辛酸、亚麻酸、顺式 –9– 十八醛烯、1– 十九烯、2– 甲基 –6– 乙基苯胺 5 种；美拉德反应 12 h 处理特有的香味物质有金合欢醇、十二烷硫醇、甲基壬基甲酮、1– 二十三稀、1– 二十六碳稀、（ – ）–a– 芹子稀、g– 古芸稀、十八烷基乙烯基醚 8 种；美拉德反应 16 h 处理特有的香味物质有反 –2，6– 壬二醛、乙酸苏合香酯、硬脂酸甲酯、（E）–9– 十八烯酸甲酯、（E，E）–1，3，5– 十一三烯、反，反，顺 –1，3，5，8– 十一碳四稀、（3E，5Z）–1，3，5– 十一烷三烯、2，3，6– 三甲基吡啶、2，3– 联苯吲哚 9 种；美拉德反应 20 h 处理特有的香味物质有对甲基苯甲醛、邻甲基苯乙酮、4– 癸烯、2– 乙酰基吡咯 4 种。从表 1 还可以看出，香气总量由高到低依次为美拉德反应 8、12、20、16 h 样品，最高达 787.75 μg/g。美拉德反应 12 h 样品中的肉豆蔻酸、二氢猕猴桃内酯、大马士酮、吲哚含量较美拉德反应 8、16 h 样品中含量下降；棕榈酸甲酯、巨豆三烯酮、三环烯、烟草烯、2– 正戊基呋喃含量较美拉德反应 8、16 h 样品中含量上升。

2.2 主成分分析

利用 IBM SPSS Statistics 21 软件因子分析模块中的降维分析，对发酵液不同美拉德反应时间处理后的 79 种挥发性成分进行主成分分析，得到主成分载荷矩阵（表 2）、特征值和贡献率（表 3）。

表 2 主成分载荷矩阵

序号	指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3	序号	指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3
1	苯乙醛	0.982	0.190	–0.021	13	三环烯	0.890	0.315	0.329
2	肉豆蔻酸	0.980	0.057	–0.191	14	1– 十八烯	0.878	0.312	0.364
3	正十五酸	0.975	0.194	–0.113	15	巨豆三烯酮	0.867	0.057	0.495
4	苯乙醇	–0.974	0.191	0.123	16	4– 乙烯基 –4– 甲氧基苯酚	–0.866	0.162	0.473
5	6，10，14– 三甲基 –2– 十五烷酮	0.959	–0.150	0.240	17	麦由酮	0.857	–0.418	–0.300
6	反式 –5– 甲基 –3–（1– 甲基乙烯基）– 环已烯	0.959	–0.126	0.255	18	乙酸苏合香酯	–0.841	–0.420	–0.340
7	棕榈酸甲酯	0.953	–0.261	0.155	19	硬脂酸甲酯	–0.841	–0.420	–0.340
8	氧化石竹烯	0.940	–0.338	0.046	20	（E，E）–1，3，5– 十一三烯	–0.841	–0.420	–0.340
9	11– 烯酸	0.939	0.192	0.285	21	（3E，5Z）–1，3，5– 十一烷三烯	–0.841	–0.420	–0.340
10	软脂酸	0.930	0.276	–0.243	22	反，反，顺 –1，3，5，8– 十一碳四稀	–0.841	–0.420	–0.340
11	棕榈油酸	0.924	0.090	–0.371	23	2，3，6– 三甲基吡啶	–0.841	–0.420	–0.340
12	大马士酮	0.896	–0.395	–0.204	24	2，3，5– 三甲基吡啶	–0.841	–0.420	–0.340

（续表 2）

序号	指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3	序号	指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3
25	反 –2，6– 壬二醛	–0.841	–0.420	–0.340	53	1– 十九烯	0.159	0.863	–0.480
26	（E）–9– 十八烯酸甲酯	–0.841	–0.420	–0.340	54	吲哚	0.159	0.863	–0.480
27	2，3– 联苯吲哚	–0.841	–0.420	–0.340	55	亚麻酸	0.159	0.863	–0.480
28	亚油酸	0.823	0.165	–0.544	56	肉豆蔻醛	0.159	0.863	–0.480
29	2– 壬酮	–0.816	0.561	0.137	57	反式 –13– 十八烯酸	0.151	0.848	–0.507
30	甲基庚烯酮	0.815	0.185	–0.548	58	N– 乙基 –2– 甲基苯胺	0.007	–0.848	0.530
31	烟草烯	0.776	–0.577	0.256	59	（1S，2E，4S，5R，7E，11E）– 瑞士五针松 –2，7，11– 三亚乙基四胺 –4，5– 二醇	–0.309	–0.839	–0.447
32	4– 癸烯	0.770	–0.618	–0.160	60	N–（2– 三氟甲基苯）–3– 吡啶甲酰胺肟	0.358	–0.831	0.425
33	对甲基苯甲醛	0.770	–0.618	–0.160	61	邻苯二甲酸二丁酯	–0.561	0.819	0.120
34	反油酸	0.770	–0.618	–0.160	62	油酸酰胺	–0.116	–0.782	–0.612
35	己酸	0.770	–0.618	–0.160	63	1– 二十二烯	0.627	–0.772	0.105
36	2– 乙酰基吡咯	0.770	–0.618	–0.160	64	油酸	0.357	0.758	–0.546
37	芥酸酰胺	0.770	–0.618	–0.160	65	正十五碳醛	0.131	–0.751	0.647
38	邻甲基苯乙酮	0.770	–0.618	–0.160	66	1– 石竹烯	–0.675	0.700	0.233
39	13– 十四烯 –1– 醇醋酸酯	–0.770	0.079	–0.634	67	（–）–a– 芹子稀	–0.088	0.176	0.980
40	3– 羟基 – β – 大马酮	0.764	0.300	–0.571	68	金合欢醇	–0.088	0.176	0.980
41	苯甲醇	0.716	0.616	0.330	69	十二烷硫醇	–0.088	0.176	0.980
42	反，顺 –2，6– 壬二烯醛	0.711	0.561	0.425	70	甲基壬基甲酮	–0.088	0.176	0.980
43	邻甲基苯甲醛	0.093	0.968	0.232	71	1– 二十三稀	–0.088	0.176	0.980
44	二氢猕猴桃内酯	–0.321	0.940	0.111	72	1– 二十六碳稀	–0.088	0.176	0.980
45	1– 二十七烷醇	0.126	–0.906	–0.405	73	十八烷基乙烯基醚	–0.088	0.176	0.980
46	间甲基苯乙酮	0.062	0.899	0.433	74	g– 古芸稀	–0.088	0.176	0.980
47	寸拜精	0.060	0.894	0.444	75	1，5，9– 三甲基 –12–（1– 甲基乙基）–4，8，13，– 环十四烷三烯 –1，3– 二醇	–0.313	0.075	0.947
48	14– 甲基 –（Z）8– 顺 –11– 十六碳烯醛	–0.203	–0.894	0.401	76	2– 正戊基呋喃	0.539	–0.037	0.841
49	辛酸	0.159	0.863	–0.480	77	3–（4，8，12– 三甲基十三烷基）呋喃	–0.573	–0.060	0.817
50	2– 甲基 –6– 乙基苯胺	0.159	0.863	–0.480	78	油醇	–0.690	–0.131	0.712
51	顺式 –9– 十八醛烯	0.159	0.863	–0.480	79	己二酸二辛酯	–0.397	0.586	–0.706
52	硬脂酸	0.159	0.863	–0.480					

注：提取特征值大于 1 的为主成分。

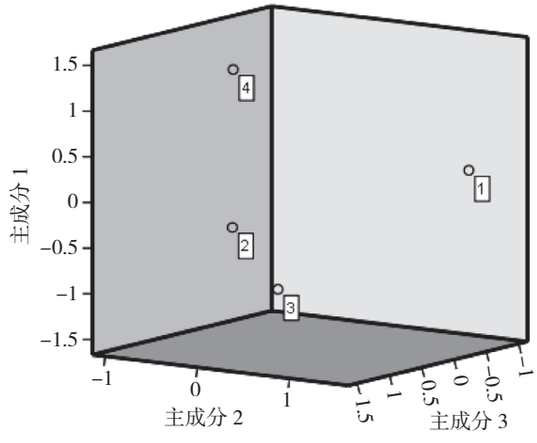
表 3　3 种主成分的特征值和贡献率

主成分	初始特征值			提取平方和载入		
	特征值	贡献率（%）	累积贡献率（%）	特征值	贡献率（%）	累积贡献率（%）
1	34.044	43.094	43.094	34.044	43.094	43.094
2	24.911	31.533	74.627	24.911	31.533	74.627
3	20.045	25.373	100.000	20.045	25.373	100.000

从表 2 可以看出，苯乙醛、肉豆蔻酸、正十五酸、苯乙醇、6，10，14– 三甲基 –2– 十五烷酮、反式 –5– 甲基 –3–（1– 甲基乙烯基）– 环己烯、棕榈酸甲酯、氧化石竹烯、11– 烯酸、软脂酸、棕榈油酸、大马士酮、三环烯、1– 十八烯、巨豆三烯酮、4– 乙烯基 –4– 甲氧基苯酚、麦由酮、乙酸苏合香酯、硬脂酸甲酯、（E，E）–1，3，5– 十一三烯、（3E，5Z）–1，3，5– 十一烷三烯、反，反，顺 –1，3，5，8– 十一碳四稀、2，3，6– 三甲基吡啶、2，3，5– 三甲基吡啶、反 –2，6– 壬二醛、（E）–9– 十八烯酸甲酯、2，3– 联苯吲哚、亚油酸、2– 壬酮、甲基庚烯酮 30 种物质在主成分 1 中有较高矩阵（|载荷|> 0.8），即主成分 1 反应上述 30 种指标的信息；邻甲基苯甲醛、二氢猕猴桃内酯、1– 二十七烷醇、间甲基苯乙酮、寸拜精、14– 甲基 –（Z）8– 顺 –11– 十六碳烯醛、辛酸、2– 甲基 –6– 乙基苯胺、顺式 –9– 十八醛烯、硬脂酸、1– 十九烯、吲哚、亚麻酸、肉豆蔻醛、反式 –13– 十八烯酸、N– 乙基 –2– 甲基苯胺、（1S，2E，4S，5R，7E，11E）– 瑞士五针松 –2，7，11– 三亚乙基四胺 –4，5– 二醇、N–（2– 三氟甲基苯）–3– 吡啶甲酰胺肟、邻苯二甲酸二丁酯 19 种物质在主成分 2 中有较高矩阵（|载荷|> 0.8），即主成分 2 反应上述 19 种指标的信息；（–）–a– 芹子稀、金合欢醇、十二烷硫醇、甲基壬基甲酮、1– 二十三稀、1– 二十六碳稀、十八烷基乙烯基醚、g– 古芸稀、1，5，9– 三甲基 –12–（1– 甲基乙基）–4，8，13，– 环十四烷三烯 –1，3– 二醇、2– 正戊基呋喃、3–（4，8，12– 三甲基十三烷基）呋喃 11 种物质在主成分 3 中有较高矩阵（|载荷|> 0.8），即主成分 3 反应上述 11 种指标的信息。

由表 3 可知，主成分 1、2、3 的累积贡献率达到 100.000%，因此，79 种挥发性成分可以用主成分 1、2、3 进行主成分分析。

根据表 1 中 4 个不同美拉德反应时间处理样品的 79 种香气成分的相对含量、表 3 中前 3 个主成分的特征值和表 2 中 79 种香气成分的载荷值计算出 4 个样品中的第一、第二和第三主成分值，然后以第一主成分为 Z 坐标，第二主成分为 X 坐标，第三主成分为 Y 坐标，做散点图（图 1）。由图 1 可知，4 个样品根据距离远近分为 3 个区域，其中美拉德反应时间处理 8、20 h 的样品距离较远，美拉德反应时间处理 12、16 h 的样品距离较近。



1：美拉德反应时间 8 h 的样品，2：美拉德反应时间 12h 的样品，3：美拉德反应时间 16 h 的样品，4：美拉德反应时间 20 h 的样品

图 1　美拉德反应时间处理样品的主成分分散图

图 2 由 79 种香气成分（与表 2 香气成分相对应）的第一主成分为坐标、第二主成分为坐标、第三主成分为坐标作散点图，见图 2。由图 2 结合图 1、表 2 可知，影响美拉德反应时间 8 h 样品的香气组成的香气成分主要集中在第一主成分的正半轴、第二主成分的正半轴、第三主成

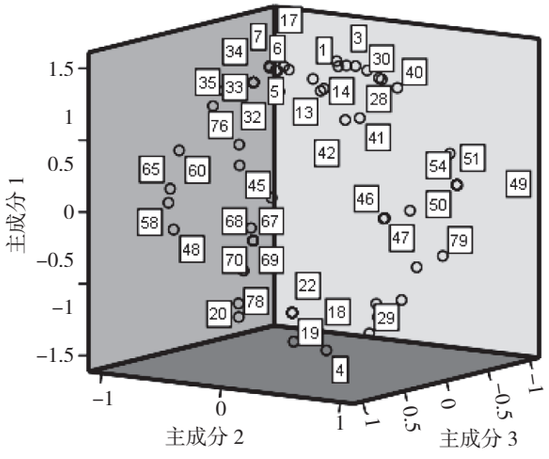


图 2　79 种挥发性成分的主成分散点图

分的负半轴，按影响力大小依次为辛酸（49）、吲哚（54）、顺式 –9– 十八醛烯（51）、2– 甲基 –6– 乙基苯胺（50）、己二酸二辛酯（79）、寸拜精（47）；影响美拉德反应时间 20 h 样品的香气组成的香气成分主要集中在第一主成分的正半轴、第二主成分的负半轴、第三主成分的负半轴，按影响力大小依次为反式 –5– 甲基 –3–（1– 甲基乙烯基）– 环己烯（6）、棕榈酸甲酯（7）、6，10，14– 三甲基 –2– 十五烷酮（5）、反油酸（34）、己酸（35）、对甲基苯甲醛（33）。

2.3　烟草花蕾发酵液经不同美拉德反应时间处理后的感官品质分析

烟草花蕾发酵液经不同美拉德反应时间处理后的感官评吸结果见表 4。从表 4 可以看出，经过不同美拉德反应时间处理后的样品与对照相比，光泽无变化，而香气、谐调性、杂气、刺激性和余味均有不同程度变化。采用美拉德反应 8 h 的样品对空白烟进行加香，与对照相比，香气质、协调性、刺激性和余味降低，杂气提升；采用美拉德反应 12 h 的样品对空白烟进行加香，与对照相比，杂气和刺激性降低，香气质、协调性和余味提升；采用美拉德反应 16 h 的样品对空白烟进行加香，与对照相比，协调性、杂气和刺激性降低，香气质、和余味提升；采用美拉德反应 20 h 的样品对空白烟进行加香，与对照相比，香气质、协调性、杂气和余味降低，刺激性提升。综上美拉德反应 12 h 的样品对空白烟进行加香评吸的效果最佳。

表 4　不同美拉德反应时间处理后的感官评吸结果（分）

处理	光泽	香气	协调	杂气	刺激性	余味	总分
CK	4	27.6	4.5	10.0	16.6	22.4	85.1
8h	4	27.5	4.4	9.7	16.9	22.2	84.7
12h	4	28.5	5.1	10.8	17.1	22.7	88.2
16h	4	27.8	4.3	10.2	16.7	22.6	85.5
20h	4	27.5	4.4	10.2	16.3	21.8	84.2

3　结论与讨论

以废弃烟草花蕾为原料，发酵后得到的烟草花蕾发酵液经不同美拉德反应时间处理后香味成分含量变化较大，美拉德反应 8 h 的样品挥发性物质总含量达 787.75 μg/g，美拉德反应 16 h 的样品挥发性物质总含量达 573.07 μg/g；香味物质种类变化不大，经过美拉德反应 8 h 样品香味物质有 45 种，美拉德反应 12 h 样品香味物质有 38 种，美拉德反应 16 h 样品香味物质有 45 种，美拉德反应 20 h 样品香味物质有 42 种；烟草花蕾发酵液经不同美拉德反应时间处理后香味成分主成分分析可知，美拉德反应时间 8、12、20 h 样品的香味成分有显著差异，美拉德反应时间 12、16 h 样品的香味成分无显著差异；从不同美拉德反应时间处理后的感官评吸总分来看，美拉德反应时间 12 h 的样品对空白烟进行加香评吸的效果最佳。

关于美拉德反应的研究很多，但基于烟草花蕾发酵液美拉德反应的研究还没有。大田中大量打顶的烟草花蕾被废弃，烟草花蕾的再利用很大程度上扩大了烟草来源。利用废弃的烟

草花蕾制备烟用香料有很大的发展前景，烟草花蕾经发酵后含有更多的糖和氨基酸更有利于美拉德反应，可以改善烟草香气。

参考文献：

[1] 张鹏，于静洋，龙章德，等. 美拉德反应改善烟草薄片质量的应用研究[J]. 食品与机械，2016，32(3)：39–44.

[2] 王莹. 美拉德反应的工艺条件优化及其产物的GC/MS鉴定、卷烟加香应用研究[D]. 郑州：河南农业大学，2009.

[3] 程传玲，李瑞丽，杨艳勤，等. 山梨糖与脯氨酸的美拉德反应条件优化研究[J]. 食品工业，2014，35(8)：79–81.

[4] 班强，王萍娟，李志华，等. 废烟末与脯氨酸的卷烟增香美拉德反应条件筛选[J]. 湖北农业科学，2017，56(3)：497–500.

[5] 许春平，王充，赵珊珊，等. 紫外辐照对配方叶丝内在品质的影响[J]. 浙江农业科学，2017(1)：120–125.

[6] 许春平，赵珊珊，杨志强，等. 经紫外辐照与臭氧处理后烟叶香味成分和常规化学成分的分析研究[J]. 农产品加工，2016(15)：40–44.

[7] 许春平，赵珊珊，杨志强，等. 主成分分析研究臭氧处理对烟用香液品质的影响[J]. 农产品加工，2016(10)：46–51.

[8] 谢剑平，赵明月，吴鸣，等. 白肋烟重要香味物质组成的研究[J]. 烟草科技，2002，10：3–16.

[9] 许春平，王充，李萌姗，等. 不同产地烤烟花蕾浸膏挥发性成分的主成分分析[J]. 轻工学报，2017(2)：48–57.

[10] 李小胜，陈珍珍. 如何正确应用SPSS软件做主成分分析[J]. 统计研究，2010，27(8)：105–108.

[11] JOLLI I T. Principal component analysis[J]. Springerbriefs in Optimization，2013，16(11)：576–581.

[12] 周玲. 乌龙茶香气挥发性成分及其感官性质分析[D]. 重庆：西南大学，2006.

[13] 唐会周，明建. 5种市售脐橙果实香气成分的主成分分析[J]. 食品科学，2011(20)：175–180.

[14] 中国国家标准化管理委员会. 卷烟　第四部分：感官技术要求GB5606. 4–2005[S]. 北京：中国标准出版社，2005.

（责任编辑　白雪娜）