

酶解—美拉德反应修饰改善烟草薄片品质的研究

Improving quality of tobacco sheets by enzymolysis and maillard reaction

龙章德¹ 张鹏² 薛云¹ 于静洋²

LONG Zhang-de¹ ZHANG Peng² XUE Yun¹ YU Jing-yang²

黄东业¹ 韦康¹ 张晓鸣² 李志华¹

HUANG Dong-ye¹ WEI Kang¹ ZHANG Xiao-ming² LI Zhi-hua¹

(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:在果胶酶—漆酶复合酶解的烟末提取浓缩液中添加一定量的氨基酸、短肽和果糖进行美拉德反应, 制得优化处理组薄片。以市售薄片为对照, 通过感官评吸、GC—MS—O 等方法, 对薄片感官品质、香气成分, 烟气颗粒物成分进行了分析。结果表明, 相比于对照组, 处理组薄片的香气成分中有利成分大多有所增加, 大马士酮提高 192.0%, 巨豆三烯酮 1 提高 356.0%; 烟气颗粒物中部分不利成分有所下降, 4-乙烯基愈创木酚含量下降 100%。处理组感官评吸得分明显提高, 香气更加丰富、协调, 焙烤香浓郁, 杂气、刺激性减小, 抽吸品质明显改善。

关键词:烟草薄片; 酶解; 美拉德反应; 挥发性香气化合物; 感官评吸

Abstract: The optimized maillard reaction products were obtained when amino acids, small peptides and fructose added into the concentrated tobacco extracts from pectinase and laccase enzymolysis. Commercial sheet used as the control, sensory evaluation and GC—MS—O were used to analyze the main aroma components in both tobacco sheets and smoke. The results demonstrated that compared with the control, many good aroma components increased in the treatment group, such as Damascenone increased 192.0% and megastigmatrienone 1 increased 356.0%. Some unfavorable components in smoke decreased, 4-Vinylguaiacol was decreased 100%. In the treat-

ment group, sensory evaluation score was also significantly improved, aroma abundant and harmony, baking aroma richer, offensive taste and irritancy reduced, the quality of sheets have been significantly improved.

Keywords: tobacco sheets; enzymolysis; maillard reaction; volatile aroma compounds; sensory evaluation

烟草在收购、打烟以及复烤过程中, 会产生 10% 左右的废弃烟末、烟梗、烟丝等, 行业内通常以此为原料加工成再造烟草, 即为烟草薄片^[1]。由于烟草薄片和天然烟叶成分相似, 因此烟草薄片也被称为“仿生烟叶”^[2]。采用烟草薄片作为卷烟填充料可以有效控制卷烟有害成分, 并可依据消费者喜好与要求对其理化性质与风味特征作出调整与改善, 提高其抽吸品质^[3-4]; 另外, 薄片的添加也可降低卷烟成本, 实现烟草资源再生利用。目前, 卷烟中薄片的添加量一般在 22% 左右, 西方国家甚至高达 35%。凭借其低危害、低成本的重要优势, 烟草薄片的生产加工技术得到了迅速发展^[2]。

烟草薄片的制作方法分为辊压法、稠浆法和造纸法 3 种, 现在普遍使用的是造纸法^[5]。然而造纸法生产烟草薄片的传统工艺存在问题, 比如原料中含有蛋白质、淀粉、果胶、木质素等大分子物质, 化学成分较为复杂, 协调性不好^[6], 导致再造烟叶品质较差、木质气重、杂气重等吸味缺陷^[7], 影响使用效果。生物酶解技术与美拉德反应强化修饰相结合, 是目前国内外研究提高烟草薄片品质的主要发展方向, 国外学者对此研究较早, 早在 1969 年, Onishi^[8] 便利用糖与氨基酸进行反应, 研究反应物在烟草中的应用。中国对于应用酶解手段以及美拉德反应改善了薄片品质的研究也日益增多。黎新钦等^[9] 以烟梗烟末浓缩液为基液, 通过添加不同的氨基酸与糖类进行美拉德反应明显减轻薄片的杂气和木质气, 改善了薄片的吸味品质; 郑小嘎等^[10] 通过在造纸法

基金项目: 广西中烟工业有限责任公司技术创新项目(编号: 2014035)

作者简介: 龙章德, 男, 广西中烟工业有限责任公司高级农艺师, 博士。

通讯作者: 李志华(1979—), 男, 广西中烟工业有限责任公司工程师, 硕士。E-mail: 43974089@qq.com

张晓鸣(1965—), 男, 江南大学食品学院教授, 博士。

E-mail: xmzhang@jiangnan.edu.cn

收稿日期: 2015-03-26

薄片生产工艺烟梗浸提过程中添加复合酶制剂,将烟梗内大分子物质进行转化分解,从而提高造纸法薄片内在品质;骆莉等^[1]利用酶、微生物以及美拉德反应处理烟梗提取液以改善其品质。

然而,中国烟草薄片与国外相比仍有较大差距,如何高效控制工艺流程、有效提高浸提液品质还有待进一步深入研究。本研究拟采用复合酶解技术降解烟末提取液中的大分子物质,再配以糖和氨基酸/短肽进行美拉德反应风味前体物质的修饰,增加反应液和烟草薄片烟气的致香成分,减少杂气释放,从而进一步改善造纸法烟草薄片品质。

1 材料与方法

1.1 试验材料

烟末、纸基、酶试剂:国内某造纸法烟草薄片公司;

氨基酸、糖类、乙酸苯乙酯、二氯甲烷:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

P&L复配酶(果胶酶与漆酶):果胶酶酶活5万U/g、漆酶酶活4万U/g,广西中烟工业有限责任公司。

1.2 试验方法

1.2.1 烟末提取浓缩液制备

(1) 对照组:采用市售薄片普通制备方法——水浸提法,保持料液质量比1:10,在30℃条件下对烟末进行浸提,过滤后对上清液进行真空浓缩,得到浓缩液,波美度为19。

(2) 处理组:① 酶解处理:固定烟末料液质量比5:95~10:90,50℃条件下密闭搅拌,添加P&L复配酶(果胶酶与漆酶)酶解2h进行提取,90℃灭酶10min。酶解液进行抽滤、分离,取上清液。烟末酶解提取液提取率达到44.86%,半乳糖醛酸含量为4.7097mg/g绝干烟末,还原糖含量为38.5517mg/g绝干烟末。② 美拉德反应强化修饰:在上述烟末酶解浸提液中,添加适量外源氨基酸与糖类,其组合与配比(质量比)为:苯丙氨酸:甘氨酸:脯氨酸:半胱氨酸:短肽:果糖=6.50:6.50:6.50:1.00:0.15:35.00。调节体系初始pH为7.0~8.0,70℃条件下,反应13h。反应液进行真空浓缩,得到烟末提取浓缩液,波美度为21.85,高于对照组15%。

1.2.2 烟草薄片制备 将上述烟末提取浓缩液均匀涂布于纸基上,恒温恒湿干燥、切丝,得到烟草薄片。部分薄片切丝、控制烟支平均质量偏差在(±0.02)g内充制成卷烟样品,用于后期感官品质评吸与烟气颗粒物成分分析。

1.2.3 卷烟感官质量评价 参照GB/T 16447—2004调节卷烟水分,制备样品。参照GB 5606.4—2005,利用描述分析法对卷烟样品进行感官质量评价。由12位评吸专家组成的评吸小组,根据表1中的评分标准,分别主要从香气、协调、杂气、刺激性和余味5个方面,对对照组和试验组的薄片卷烟样品进行综合评价,打分以0.1分为增量单位,最后结果取平均值,保留一位小数。

1.2.4 薄片香气成分测定

(1) 预处理:采用SDE同时蒸馏萃取装置,提取薄片风味物质。以350mL饱和氯化钠溶液为基液,浸溶20g烟

表1 薄片卷烟感官评定指标[†]

Table 1 Cigarette sensory evaluation

品质指标					评分值
香气量	协调性	杂气	刺激性	余味	
足+	好+	轻+	小+	好+	10
足	好	轻	小	好	8
足-	好-	轻-	小-	好-	7
中+	中+	中+	中+	中+	6
中	中	中	中	中	5
中-	中-	中-	中-	中-	4
差+	差+	重+	大+	差+	3
差	差	重	大	差	2
差-	差-	重-	大-	差-	1

[†] “+”,“-”表示指标的优劣程度。杂气、刺激性品质指标,杂气越重卷烟评分越低,杂气越轻卷烟评分越高,刺激性指标同理。

草薄片,以40mL二氯甲烷为萃取剂,在65℃条件下萃取2h,收集萃取液。上述萃取液冷却至室温,加入80μL 0.1053mg/mL的乙酸苯乙酯溶液为内标,摇匀,加适量无水硫酸钠过夜干燥,过滤,60℃旋转蒸发浓缩至1mL,经0.22μm有机膜过滤,用于后期GC-MS-O分析。

(2) GC-MS-O分析:① GC条件:色谱柱HP-5MS(30m×0.25mm×0.25μm);升温程序:起始温度60℃,保持2min,以5℃/min速率升温到250℃,保持40min;进样量1μL;分流比50:1。② MS/O条件:电离方式EI;电子能量70eV;离子源温度250℃;四级杆温度250℃;扫描质量范围50~450amu。

1.2.5 薄片烟气颗粒物成分测定

(1) 薄片烟气颗粒物捕集:将薄片置于恒温恒湿(温度22℃±1℃、相对湿度60%±2%)环境中平衡48h,控制烟支平均质量偏差在(±0.02)g内充制成卷烟样品;按照YC/T 29—1996进行卷烟抽吸,每张剑桥滤片(已平衡好)收集4支卷烟的主流烟气总颗粒物(TPM)。抽吸完毕后,称重,迅速取出剑桥滤片,并立即转移至三角瓶或者萃取瓶中。按照1.2.4预处理方法进行同时蒸馏萃取获得烟气颗粒物浸提液,用于后期GC-MS分析。

(2) GC-MS分析:参照方法1.2.4。

2 结果与讨论

2.1 薄片卷烟感官质量评价

根据1.2.3中感官评吸方法,分别对对照组与试验组薄片卷烟进行感官质量评价,结果见表2。

综合分析表2可知,试验组与对照组薄片卷烟燃吸时主要风格存在差异,对照组烟草香较充足但协调性不佳,同时杂气、刺激性较重。试验组烟草香平和、烘烤香浓郁,整体香气协调、厚实,同时刺激性、杂气较轻。

2.2 薄片香气成分分析

采用GC-MS-O分析技术,对对照组和处理组的薄片香气成分进行分析,测试结果见表3。

表 2 不同处理组薄片卷烟样品的描述性感官评价及评吸得分
Table 2 Sensory descriptive evaluation and scores of tobacco sheet samples from various programs

感官指标	对照组		试验组	
	描述性评价	综合评分	描述性评价	综合评分
香气量	烟草香明显,烟香气息少,吃味明显缺失	7.7	香气丰富,焙烤香浓郁,烟香厚实	7.6
协调性	协调性不佳,口感差	7.1	香气协调平和,烟香顺畅	8.0
杂气	青滋气较突出,杂气残留,有烧纸味	6.9	杂气较轻,吃味较好,明显优于对照组	7.8
刺激性	辛辣感强,刺激感强,有明显灼烧感	6.6	灼烧感较轻,略有刺激性	7.9
余味	木质气重,有异味,口腔残留不良味道	7.5	余味干净,烟香清新,效果较对照组更好	8.0

由表 3 可知,经过 GC—MS—O 分析,处理组与对照组两组薄片中共检测出 44 种愉悦香气、12 种不愉悦气味。其中处理组薄片中共检测出 38 种愉悦香气,共 22.952 3 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 6 种不愉悦气味,共 3.241 4 $\mu\text{g}/\text{mL}$;对照组中检测出 28 种愉悦香气,共 23.860 0 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 9 种不愉悦气味,共 5.630 3 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。对比可知,薄片经过酶解—美拉德强化修饰后不愉悦风味成分种类减少、含量降低、嗅闻感知强度也减弱,同时愉悦香气成分种类明显增多,虽然总量略有降低,但整体嗅闻感知强度明显增强,说明处理组样品香气丰富饱满、协调一致。

分析发现,烟香味主要来自于 2-甲基-四氢呋喃-3-酮、苯乙醛、2(5H)-呋喃酮、(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛、5-甲基-2-糠醇、香茅醇、1,2-苯并二氢吡喃酮、甲基环戊烯醇酮、(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛等醛、酮、醇类物质,其中仅有 5-甲基-2-糠醇和香茅醇两种醇类物质所体现的烟香味在对照组中感知强度较大,其余醛、酮类物质所体现的烟香均在

表 3 薄片香气成分含量及风味类型[†]

Table 3 The content and style of the volatility components in tobacco sheets

气味分类	物质	风味类型	对照组		处理组	
			强度值	含量/ ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	强度值	含量/ ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)
	羟基丙酮	花香	2	0.297 0	--	--
	甲基环己基二甲氧基硅烷	青草香味	3	0.275 8	--	--
	反式-4-甲基-2-戊烯	花香	4	0.108 6	--	--
	2-糠醛	烤香	2	1.191 8	4	2.381 2
	2-甲基吡咯啉	香甜	--	--	4	0.208 4
	2-甲基-四氢呋喃-3-酮	烟草香	--	--	3	0.325 7
	2-乙基丁基乙酯	奶油香味	--	--	5	0.298 9
	甲基环己基二甲氧基硅烷	青草香	--	--	5	0.405 6
	丁内酯	原烟烟香	--	--	3	0.186 0
	4-乙基环己醇	花香	2	0.137 3	--	--
	富马酸	烤香味	--	--	4	0.098 0
	3,4-环氧-2-丁酮	药草味	--	--	4	0.059 9
	氨基磺酸	清香	--	--	5	0.027 5
愉悦	正二十二烷	淡香	1	0.114 2	3	0.024 3
香气	苯乙醛	烟香	2	8.667 4	3	2.320 0
	5-甲基-2-糠醇	烟香	3	0.248 4	2	0.147 3
	3-吡啶甲醛	清香	2	0.162 9	2	0.111 1
	香茅醇	原烟味	3	0.091 7	--	--
	(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	烟香	--	--	4	0.112 3
	苯甲醛	烤香味	3	0.445 5	5	0.643 8
	5-甲基-2-糠醛	烤烟香	3	0.169 7	4	0.255 2
	2-环戊烯-1,4-二酮	清香	3	0.569 1	3	1.014 6
	苯甲酸	烟香	--	--	5	0.307 0
	2(5H)-呋喃酮	烟香	3	0.157 2	5	0.179 7
	大马士酮	烤烟香	5	0.313 2	5	0.914 8
	甲基环戊烯醇酮	烟香	3	0.668 3	4	0.725 6
	香叶基丙酮	烤烟味	3	0.215 9	--	--
	新植二烯	甜香	2	6.651 8	2	6.258 7

续表 3

气味分类	物质	风味类型	对照组		处理组	
			强度值	含量/ ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	强度值	含量/ ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)
	6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮	药材味	--	--	5	0.221 5
	4-(2,6,6-三甲基-1,3-环己二烯-1-基)-3-丁烯-2-酮	烤烟香	--	--	4	0.116 1
	2-乙酰吡咯	植物甜香	2	0.174 1	4	0.338 2
	2-吡咯甲醛	甜香,花香	3	0.101 1	4	0.063 6
	三醋酸甘油酯	烤烟香	4	0.212 8	5	0.517 9
	1-甲基-1 <i>H</i> -吡咯甲醛	花香	--	--	3	0.095 5
	1,4-二甲基-7-乙基萘	烤烟香	--	--	5	0.216 5
愉悦香气	巨豆三烯酮 1	花香,烤香	2	0.237 4	4	1.082 6
	(1-甲氧乙基)苯	烤香味	--	--	4	0.052 4
	4-乙烯基愈创木酚	原烟烟香	3	0.678 3	4	0.751 9
	2,4-二叔丁基苯酚	甜香,烟香	4	0.474 9	4	0.451 8
	1,2-苯并二氢吡喃酮	浓烟香	1	0.625 9	5	0.285 2
	8-甲基喹啉	花香	2	0.099 8	4	0.104 8
	二氢猕猴桃内酯	药材味	3	0.224 6	4	0.276 4
	2,3'-联吡啶	甜药材味	4	0.545 4	3	0.471 7
	柠檬酸三乙酯	植物清香	--	-	4	0.900 4
	合计 44 种			23.860 0		22.952 3
	2-乙酰-呋喃	木质气	4	0.200 9	2	0.092 7
	三甲基四氢萘	木质味	--	--	4	0.261 5
	四十三烷	木头味	3	0.086 1	--	--
	5-甲基十一烷	淡木头味	2	0.152 3	--	--
	四十四烷	臭味,青草味		0.171 6	--	--
不愉快气	味 二十一烷	臭味	--	--	2	0.179 7
	二十八烷	辛辣味	4	0.242 7	3	0.072 4
	十七烷	辛辣味	2	0.365 0	--	--
	2-甲基呋喃	木质味	3	0.096 7	--	--
	<i>N</i> -硝基二丁胺	刺鼻味	--	--	3	0.053 0
	15-冠醚-5	异味,刺鼻	5	3.045 7	3	2.582 1
	1,2,3,4-四氢-1,1,6-三甲基萘	烟灰味	3	1.269 2	--	--
	合计 12 种			5.630 3		3.241 4

† --. 未检出。

处理组中感知强度大,且含量也相应较高。苯甲醛、5-甲基-2-糠醛、大马士酮、香叶基丙酮、4-(2,6,6-三甲基-1,3-环己二烯-1-基)-3-丁烯-2-酮、三醋酸甘油酯、1,4-二甲基-7-乙基萘、巨豆三烯酮 1、(1-甲氧乙基)苯等物质具有明显的烤烟风味,处理组薄片中的烤烟味成分的感知强度与含量明显高于对照组,其中巨豆三烯酮 1 是类胡萝卜素降解产物,可以增加烟香和花香特征,大马士酮可以赋予充分成熟的烟草香味特征,二者均是烟草中重要的致香物质^[12],对照组中分别含有 0.237 4, 0.313 2 $\mu\text{g}/\text{mL}$,而处理组中含有 1.082 6, 0.914 8 $\mu\text{g}/\text{mL}$,分别提高了 356.0%和 192.0%。另外,新植二烯、羧基丙酮、2-环戊烯-1,4-二酮、2-乙基丁基乙酯、2-乙酰

吡咯、二氢猕猴桃内酯、2,3'-联吡啶等物质具有甜香、花香、清香、药材香等美好香气风格,处理组与对照组相比,新植二烯、羧基丙酮和 2,3'-联吡啶的含量略有减少,而 2-环戊烯-1,4-二酮、2-乙基丁基乙酯、2-乙酰吡咯、二氢猕猴桃内酯等物质的含量和感知强度均有明显增加。二氢猕猴桃内酯本身具有药材的清香味,同时还有消除刺激的作用^[13],其含量的提高可以使处理组香气更加和谐、刺激性降低,与对照组相比,处理组中二氢猕猴桃内酯含量从 0.224 6 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 上升至 0.276 4 $\mu\text{g}/\text{mL}$,同时,嗅觉感知强度也从 3 上升至 4。

同时,12 种令人不愉快的气味之中,2-乙酰-呋喃、四十三烷、2-甲基呋喃等具有木质味;四十四烷、正二十一烷具有

臭味;十七烷、二十八烷具有辛辣味;N-硝基二丁胺和 15-冠醚-5 具有刺激性异味。相比于对照组,处理组中大部分不愉悦气味物质含量降低,甚至检测不到,说明酶解—美拉德强化修饰可以有效减少薄片中不愉悦气味物质含量,降低刺激性和异味感。

2.3 薄片烟气相物成分分析

按照 1.2.5 中方法,分别对处理组和对照组薄片进行烟气相物捕集及分析,测试结果见表 4。

表 4 薄片烟气相物化学成分含量[†]

Table 4 The content of compounds in tobacco sheets smoke

成分分类	物质	含量/($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)		
		对照组	处理组	
	2-氧-3-环戊烯-1-乙醛	3.057 6	5.803 2	
	5-甲基呋喃醛	--	1.996 8	
	苯乙醛	1.497 6	3.868 8	
	2-甲基-2-环戊烯-1-酮	1.934 4	2.308 8	
	2-乙酰基四氢呋喃	--	0.499 2	
	3-甲基-2-环戊烯-1-酮	1.684 8	2.620 8	
	3,4-二甲基-2-环戊烯-1-酮	0.811 2	1.809 6	
	2,3-二甲基-2-环戊烯-1-酮	3.248 8	2.995 2	
醛酮类	2-羟基-3-甲基-2-环戊烯-1-酮	1.497 6	2.184 0	
	3-乙基-2-羟基-2-环戊烯-1-酮	2.745 6	6.614 4	
	1-(1-环己烯-1-基)-乙酮	0.873 6	0.374 4	
	3-甲基-2-环戊烯-1-酮	1.684 8	0.436 8	
	2,3-二氢-1H-茚酮	0.936 0	3.307 2	
	E-5-异丙基-8-甲基-6,8-壬二烯-2-酮	0.998 4	0.873 6	
	4-羟基-3-苯基-环己酮	--	0.499 2	
	二苯甲酮	2.496 0	3.806 4	
	巨豆三烯酮 1	1.560 0	4.555 2	
	合计 14 种	25.026 4	44.553 6	
		2-甲基吡啶	0.499 2	0.249 6
		甲基吡啶	0.374 4	--
		3-(2-哌啶基)-吡啶	300.830 4	389.126 4
		2,3-联吡啶	1.747 2	1.872 0
杂环类	2-(7-十七碳炔基氧基)四氢-2H-吡喃	--	1.185 6	
	4-甲基-5-苯基噻啶	--	0.811 2	
	3-氨基-7-二甲基氨基-2-甲基-吩嗪	--	0.561 6	
	3-甲基吡啶	1.372 8	2.308 8	
	合计 8 种	304.824 0	396.115 2	
酚类	4-乙烯基愈创木酚	5.179 2	--	
	合计 1 种	5.179 2	--	
羧酸类	豆蔻烯酸	--	5.366 4	
	棕榈酸	3.868 8	3.806 4	
	α -亚麻酸	1.497 6	--	
	豆甾-5-烯-3-醇-油酸	0.998 4	0.811 2	
合计 4 种	6.364 8	9.984 0		

续表 4

成分分类	物质	含量/($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)		
		对照组	处理组	
酯类	二乙酸甘油酯	26.083 2	16.099 2	
	2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯	25.521 6	21.652 8	
	乙酸十六烷基酯	--	3.806 4	
	6,9-十八碳二烯酸甲酯	12.792 0	--	
	庚二酸二乙酯	--	3.494 4	
	十六酸甲酯	2.184 0	6.739 2	
	9,12-十八碳二烯酸(Z,Z)-甲基酯	1.060 8	10.233 6	
	合计 7 种	67.641 6	62.025 6	
		N,N-二甲基苯胺	0.811 2	--
		1-(4-甲基苯基)-1-甲基乙胺	--	0.561 6
胺类	9-十八烯酰胺	126.422 4	90.417 6	
	合计 3 种	127.233 6	90.979 2	
萜烯类	新植二烯	20.529 6	17.784 0	
	角鲨烯	1.185 6	2.620 8	
	合计 2 种	21.715 2	20.404 8	
		十六烷	12.043 2	7.987 2
		十七烷	4.742 4	2.870 4
		二十烷	--	0.624 0
		二十八烷	1.123 2	--
		烷烃 三十六烷	11.668 8	12.916 8
		碘代十六烷	--	2.433 6
类	2-甲基十五烷	--	1.497 6	
	环己基甲氧基甲基硅烷	0.748 8	0.873 6	
	2,6,11-三甲基十二烷	--	0.748 8	
	合计 9 种	30.326 4	29.952 0	

[†] --, 未检出。

由表 5 可知,烟草薄片经燃吸后产生大量的杂环类、胺类、酯类、烷烃类以及醛酮类、羧酸类和酚类等物质,其中杂环类、醛酮类、酯类、羧酸类成分均是烟草中主要的致香物质^[14]。对照组薄片烟气中检测出 37 种相物成分,处理组薄片检测出 45 种成分。

与对照相比,处理组中致香物质杂环类、醛酮类和羧酸类化合物的含量均有明显提高,分别从 304.824 0, 25.026 4, 6.364 8 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 提高至 396.115 2, 44.553 6, 9.984 0 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 尤其是公认的烟草致香物质巨豆三烯酮 1、苯乙醛等,其含量分别提高了 192.0%, 158.3%, 说明经过酶解—美拉德修饰强化后,薄片燃烧后产生的烟气致香成分种类与含量均有所增加,使得薄片烟气香气更加丰富、协调。

与对照组烟气相物成分相比,处理组中的胺类、酚类、酯类、烷烃类以及萜烯类物质含量有所下降。大多数酚类物质以及部分胺类物质是烟气相物成分中的有害成分,其中 4-乙烯基愈创木酚、N,N-二甲基苯胺等物质是已报道的常见有害成分。分析发现,每毫升对照组烟气相物中含有 5.179 2 μg 4-乙烯基愈创木酚、0.811 2 μg N,N-二甲基苯胺,而处理组中均未检测到这两种有害成分^[14],说明本研究中的处理对烟草薄片减害具有一定作用。由上述烟丝香气成分 GC—MS—O 分析发现,部分烷烃类物质如十七烷、二

十八烷等具有辛辣味,而相比于对照组,处理组的烟气颗粒物成分中此两种物质分别下降了39.47%和100%,说明经酶解—美拉德强化修饰处理后,薄片的刺激感减弱、杂气降低,与感官评吸结果相一致。

3 结论

酶解—美拉德强化修饰联用技术可以在提高烟末提取率的同时,使薄片香气成分中有利成分有所增加,如大马士酮与巨豆三烯酮1分别提高192.0%,356.0%;烟气颗粒物中部分不利成分有所下降,处理组中未检测到4-乙烯基愈创木酚与N,N-二甲基苯胺,具有辛辣味的十七烷、二十八烷分别下降39.47%和100%。处理后的薄片香气更加丰富、协调,焙烤香浓郁,杂气、刺激性减小,抽吸品质明显改善。

参考文献

- [1] 蒋宇凡,徐保明,姚政.造纸法生产烟草薄片研究进展[J].轻工科技,2015(12):137-139.
- [2] 缪应菊,刘维涓,刘刚,等.烟草薄片制备工艺的现状[J].中国造纸,2009(7):55-60.
- [3] 彭琛,陈越立.烟草薄片技术应用与研究[J].科技信息,2011(19):37.

(上接第100页)

参考文献

- [1] 陈楠,贺小华,邵虎跃,等.换热器管板有限元分析模型研究[J].食品与机械,2012,28(2):90-93.
- [2] 冯磊,徐涵庆,顾瑾.一种新型换热器——板壳式换热器[J].食品与机械,1997(4):35-36.
- [3] 李健民,李长友,徐凤英,等.批式循环粮食干燥机换热器的三维流场模拟——基于Solidworks[J].农机化研究,2013(1):18-21.
- [4] 马云霞.列管式换热器的设计与计算[J].粮食流通技术,2005(2):18-19.
- [5] 赵晓文,苏俊林.板式换热器的研究现状及进展[J].冶金能源,2011(1):52-55.
- [6] 刘红,杨哲人,蒋兰芳,等.基于CFD的U型管换热器温度降模型[J].食品与机械,2015,31(2):152-156.

(上接第156页)

参考文献

- [1] 国家药典委员会.中国药典:一部[S].北京:中国医药科技出版社,2015:156-157.
- [2] 刘大伟,康利平,马百平.远志化学及药理作用研究进展[J].国际药学研究杂志,2012,39(1):32-36,44.
- [3] Liu Jun, Stefan Willför, Xu Chun-lin. A review of bioactive plant polysaccharides: Biological activities, functionalization, and biomedical applications[J]. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, 2015, 5(1): 31-36.
- [4] 时宵雨,姚春霞,林晓,等.多糖药物应用与研究进展[J].中国新药杂志,2014,23(9):1057-1062.
- [5] Xin Tao, Zhang Fu-bin, Jiang Qiu-ying, et al. Purification and antitumor activity of two acidic polysaccharides from the roots of *Polygala tenuifolia* [J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 90(4): 1671-1676.
- [6] 魏永俊,周秋菊,黄树颖,等.小远志多糖的提取及纯化[J].江

- [4] 许日鹏,苏文强,段继生.烟草薄片的开发与应用[J].上海造纸,2008(6):46-49.
- [5] 唐兴平,陈学榕,戴达松,等.烟草废弃物造纸法制烟草薄片[J].福建农林大学学报:自然科学版,2007(2):205-207.
- [6] 李丹,刘熙.生物技术应用用于造纸法再造烟叶生产的研究进展[J].现代食品科技,2013(6):1463-1466.
- [7] 吴亦集,沈光林,陶红,等.造纸法再造烟叶原料的加酶萃取[J].烟草科技,2011(7):33-36.
- [8] Onishi A Nishi. Process for reacting amino acid and an activecarbonyl sugar in a polyhydric alcohol: US, 3478015[P].1969-11-11.
- [9] 黎新钦,张静,田兆福,等.液相美拉德反应优化烟梗烟末提取液的应用研究[J].食品与机械,2015,31(5):21-27.
- [10] 郑小嘎,赵昌政,韦绪伦,等.酶法改善造纸法烟草薄片品质初探[J].山东食品发酵,2010(1):11-13.
- [11] 骆莉,卓浩廉,周榕,等.生物技术及美拉德反应改良烟梗提取液的性质[J].食品工业科技,2012(6):189-192.
- [12] 张欢欢.卷烟制丝过程中烟丝化学成分和感官质量的动态变化研究[D].郑州:河南农业大学,2014:19-20.
- [13] 何建龙.国内低焦油卷烟市场现状及发展前景[J].流通经济,2011(11):137-140.
- [14] 姚二民,宋豪,李晓,等.茶叶再造烟叶对卷烟烟气成分的影响[J].茶叶科学,2012,32(4):319-324.

(上接第100页)

- [7] 杨说文,徐小健. MATLAB优化工具箱在结构优化设计中的应用[J].科学技术与工程,2008,8(5):1347-1349.
- [8] Woon S F, Rehbock V, Loxton R. Global optimization method for continuous-times sensor scheduling[J]. Nonlinear Dynamics and Systems Theory, 2010, 10(2): 175-188.
- [9] Chai Q Q, Loxton R, Teo K L, et al. A class of optimal state-delay control problems[J]. Nonlinear Analysis: Real World Application, 2013, 14: 1536-1550.
- [10] 褚洪生,杜增吉,阎金华,等. MATLAB7.2优化设计实例指导教程[M].北京:机械工业出版社,2007:198-204.
- [11] 段明序.混合动力客车机械式自动变速器参数优化设计方法研究[D].长春:吉林大学,2013:11-15.
- [12] 吴银亮,陈林,郭礼波.基于非线性Fmincon法的抗滑桩优化设计[J].铁道建筑,2011(5):81-84.

- [7] 苏师范大学学报:自然科学版,2014,32(1):60-63.
- [7] 方元,许铭强,汪欣蓓,等.超声波辅助提取哈密大枣多糖的工艺优化[J].食品与机械,2014,30(2):175-180.
- [8] Jing Yong-shuai, Zhu Jian-hua, Liu Ting, et al. Structural characterization and biological activities of a novel polysaccharide from cultured *Cordyceps militaris* and its sulfated derivative[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63(13): 3464-3471.
- [9] 吴兰芳,蒋爱民,郭善广,等.凝固型紫薯酸乳发酵工艺及抗氧化活性研究[J].食品与机械,2013,29(5):198-203.
- [10] Solomon Rajesh Thambiraj, Michael Phillips, Sundar Rao Koyyal-amudi. Antioxidant activities and characterisation of polysaccharides isolated from the seeds of *Lupinus angustifolius* [J]. Industrial Crops and Products, 2015, 74(11): 950-956.
- [11] Jing Yong-shuai, Huang Li-jiao, Lv Wen-jie, et al. Structure characterization of a novel polysaccharide from pulp tissues of *Litchi chinensis* and its immunomodulatory activity[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(4): 902-911.