

云南片烟感官质量与香味成分关联分析

郝贤伟,慕继瑞*,张勇刚,吴继忠,吴键,廖付 (浙江中烟工业有限责任公司技术中心,浙江杭州 310024)

摘要 [目的]研究云南片烟感官质量与香味成分的关联关系,改善片烟质量。[方法]以云南片烟为研究对象,采用灰色关联分析方法,分别以不同类别致香成分、具体香味成分为出发点,探索影响片烟香气质量的主要因素。[结果]分析表明,8种致香成分中与香气质、香气量和评吸总分关联程度最高的为醛类、氮杂环类和酮类,其中醛类物质己醛、糠醛和5,5-二甲基-3-氧基-1-环己烯-1-甲醛与香气质、香气量和评吸总分的关联程度最高并且关联序一致。氮杂环类物质吡啶、吡咯、2-甲酰基吡啶3种与香气质、香气量和评吸总分之间的关联程度最高;其中吡啶与香气质、香气量和评吸总分的关联程度最高。酮类物质与香气质、香气量和评吸总分的关联程度排序不尽相同,其中羟基丙酮对香气质、香气量和评吸总分的影响程度最大。[结论]在片烟致香成分与感官质量特别是香气质量研究中,可以重点关注醛类、氮杂环类和酮类物质,对己醛、糠醛、5,5-二甲基-3-氧基-1-环己烯-1-甲醛、吡啶、吡咯、2-甲酰基吡啶、羟基丙酮和2,3-戊二酮等致香成分。

关键词 片烟;香味成分;感官质量;香气质;香气量;灰色关联分析

中图分类号 S572 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)29-295-04

Relationship between Sensory Quality and Aroma Components in Formula Leaves in Yunnan Province
HAO Xian-wei, MU Ji-rui*, ZHANG Yong-gang et al (Technology Center of China Tobacco Zhejiang Industrial Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310024)

Abstract [Objective] The relationship between sensory quality and aroma components in formula leaves in Yunnan was researched to improve formula leaves quality. [Method] With Yunnan formula leaves as study object, using gray correlation analysis, starting from different categories of aroma components, specific flavor components, the main influencing factors on formula leaves quality were explored. [Result] The results showed that, association of the highest degree with sensory quality were aldehydes, nitrogen heterocyclic and ketones according to the functional classification. The influence degree of the top three in aldehydes on sensory quality was aldehyde, furfural and 5,5- two methyl-3-oxygen-1-cyclohexene-1-formaldehyde. The highest correlation degree between nitrogen heterocyclic and sensory quality were pyridine, pyrrole, and 2-formyl pyridine, the highest relevance degree between nitrogen heterocyclic and quality of aroma, volume of aroma and smoking total scores was pyrrole. The association degree between ketones and quality of aroma, volume of aroma and smoking total scores was different, where in the largest degree of influence on sensory quality was hydroxy acetone. [Conclusion] Research about formula leaves aroma components and sensory quality especially for aroma quality should mainly focus on aldehydes, nitrogen heterocyclic, ketones, including aldehyde, furfural, 5,5- two methyl -3- oxygen -1- cyclohexene -1- formaldehyde, pyridine, pyrrole, 2- formyl pyridine and hydroxy acetone.

Key words Formula leaves; Aroma components; Sensory quality; Aroma quality; Aroma quantity; Gray correlation analysis

中式卷烟的主要原料为配方打叶后的片烟,而片烟是将不同产区、不同品种和不同等级的初烤烟按照一定的比例均匀掺配经打叶复烤而成,片烟较初烤烟不仅拓宽了烟叶原料的使用范围,而且具有稳定的化学成分、稳定的香味和吸味的特点^[1]。因此,研究片烟致香物质与感官质量的关系,对片烟品质评价及其在产品配方中的使用具有重要的实践意义。

烟草的香味、香气是衡量烟叶质量的重要指标,关于初烤烟叶中性致香物质与评吸质量相关性研究已多见报道^[2-8],但致香成分种类较多,与感官质量间的关系复杂,并受品种、生态环境、取样年份等多方面影响,研究结果不尽一致。然而,片烟香气质量与致香成分关系研究鲜有报道。笔者采用灰色关联分析方法,分别以不同类别致香成分、具体香味成分为出发点,探索影响片烟香气质量的主要因素,为改善片烟质量提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料 选取2012~2013年云南主产区上中下3个部位烤烟等级配方模块,其中上部片烟由B1F、B2F组成,中部模

块由C1F、C2F和C3F组成,下部模块主要由X2F和部分C4F组成,共计30个配方打叶片烟。

1.2 香味成分提取 称取30g烟末样品放入同时蒸馏萃取装置一端的1000ml圆底烧瓶,加入氯化钠30g和蒸馏水350ml,使用控温电热套进行加热,装置另一端盛有CH₂Cl₂(100ml)浓缩瓶,进行水浴加热,同时蒸馏萃取3.0h,结束后,加入1ml内标乙酸苯乙酯溶液(0.4237mg/ml),浓缩至1.0ml,转移至色谱瓶中,进行GC-MS分析。

1.2.1 GC-MS分析. 6890-5973气相色谱-质谱(Agilent,美国),色谱柱为HP-5MS(60m×0.25mm i.d.×0.25μm d.f.);进样口温度280℃;进样量1μl;分流比10:1;载气及流量为He,1ml/min;程序升温:50℃(保持2min),4℃/min到270℃(保持5min)。

质谱条件:传输线温度280℃;电离能量70eV;电子倍增器电压1635V;质量扫描范围30~550amu;离子源温度230℃;四级杆温度150℃。

1.2.2 香味成分分类.根据香味成分分析结果,将烟叶的主要致香成分按官能团进行分类:其中酮类共计31种、醇类共计12种、酯类和内酯类14种、醛类共计13种、酚类共计6种、呋喃类共计3种、氮杂环类共计23种等。

1.3 样品评吸 采用浙江中烟内在质量评价方法,由7位评委对香气质、香气量、杂气、刺激性、余味、燃烧性和劲头等方面进行评价打分,单项满分为10分。

基金项目 浙江中烟工业有限责任公司科技项目(ZJZY2012A005)。
作者简介 郝贤伟(1987-),男,山东诸城人,助理工程师,硕士,从事烟叶原料及配方技术研究。*通讯作者,高级技师,从事烟叶原料及配方技术研究。
收稿日期 2015-08-26

1.4 统计方法 采用 DPS 数据分析软件^[9]和 EXCEL 进行分析。以香气质、香气量和评吸总分为母序列,致香成分为子序列,进行灰色关联分析^[10]。

2 结果与分析

2.1 片烟感官质量与致香成分统计量描述 表 1 为各指标

表 1 配方打叶片烟感官评吸与致香成分统计量描述

统计量	极小值	极大值	均值	标准差	偏度	峰度	变异系数//%
香气质	4.82	7.25	6.11	0.57	-0.60	-0.42	9.32
香气量	4.50	7.08	6.09	0.58	-0.81	0.15	9.52
评吸总分	48.75	70.18	60.99	4.98	-0.66	-0.35	8.16
酮类	103.41	274.35	157.19	31.88	1.66	5.66	20.28
醇类	98.67	261.04	158.90	41.84	0.84	0.20	26.33
酯类	63.23	215.61	142.89	28.52	0.13	0.39	19.95
醛类	21.64	46.56	27.55	5.04	2.01	6.33	18.29
呋喃类	1.14	3.87	2.19	0.63	0.56	0.86	28.76
酚类	8.50	34.29	11.85	4.63	4.38	21.16	39.07
氮杂环类	73.95	143.76	99.91	14.87	0.72	1.28	14.88

2.2 配方打叶片烟感官质量与致香成分的灰色关联分析 首先对原始数据进行标准化处理^[11],分辨系数取 0.5,对片烟样品中致香成分与感官质量进行灰色关联分析。由表 2 可知,香气质与致香成分的灰色关联序为:氮杂环类>

的基本统计描述,香气质、香气量和评吸总分数据存在较小变异,香气成分数据较香气质量数据变异较大,说明香气质量评价一致性较高。其中香气质、香气量、评吸总分、醇类、酯类、呋喃类和氮杂环类为正态分布,且香气质、香气量和评吸总分表现为负向偏态峰;酮类、醛类和酚类为正向尖峭峰。

醛类>酮类>酯类>酚类>呋喃类>醇类;香气量与致香成分的灰色关联序为:醛类>氮杂环类>酮类>酯类>呋喃类>酚类>醇类;评吸总分与致香成分的灰色关联序为:醛类>氮杂环类>酮类>酯类>呋喃类>酚类>醇类。

表 2 配方打叶片烟感官质量与致香成分的灰色关联分析

感官质量	致香成分分类						
	酮类	醇类	酯类	醛类	呋喃类	酚类	氮杂环类
香气质	0.866	0.823	0.850	0.878	0.824	0.832	0.886
香气量	0.882	0.814	0.851	0.893	0.839	0.834	0.888
评吸总分	0.868	0.814	0.855	0.886	0.840	0.833	0.885

综上,与香气质、香气量和评吸总分关联程度最高的为醛类、氮杂环类和酮类,其中,香气量和评吸总分与致香成分关联度排序相似程度一致,前三者均为醛类>氮杂环类>酮类;与香气质、香气量和评吸总分之间关联程度最小的为醇类。

针对上述分析,可选择醛类、氮杂环类和酮类致香成分的具体香味化学成分进一步分析与感官质量的关联程度。

2.3 感官质量与醛类香味成分的灰色关联分析 各醛类香味成分与感官质量的关联分析结果如表 3 所示。醛类各香味成分对香气质的关联程度排序,结果表明:己醛>糠醛>5,5-二甲基-3-氧基-1-环己烯-1-甲醛>5-甲基糠醛>壬醛>苯乙醛>2-戊烯醛>(E,E)-2,6-壬二烯醛>(E)-2-壬烯醛>藏红花醛>(E,E)-2,4-二烯醛>2-亚异丙基-3-亚甲基-3,5-二烯醛>桃醛。

醛类各香味成分对香气量的关联程度排序,结果表明:己醛>糠醛>5,5-二甲基-3-氧基-1-环己烯-1-甲醛>5-甲基糠醛>壬醛>2-戊烯醛>苯乙醛>(E,E)-2,6-壬二烯醛>(E)-2-壬烯醛>藏红花醛>(E,E)-2,4-二烯醛>2-亚异丙基-3-亚甲基-3,5-二烯醛>桃醛。

醛类各香味成分对评吸总分的关联程度排序,结果表明:己醛>糠醛>5,5-二甲基-3-氧基-1-环己烯-1-甲醛>壬醛>5-甲基糠醛>苯乙醛>2-戊烯醛>(E,E)-2,6-壬二烯醛>

(E)-2-壬烯醛>藏红花醛>(E,E)-2,4-二烯醛>2-亚异丙基-3-亚甲基-3,5-二烯醛>桃醛。

综上可知,己醛、糠醛和 5,5-二甲基-3-氧基-1-环己烯-1-甲醛对香气质、香气量和评吸总分的关联程度最高并且一致。

表 3 配方打叶片烟感官质量与醛类香味成分的灰色关联分析

醛类香味成分	香气质	香气量	评吸总分
己醛	0.973	0.967	0.975
(E)-2-壬烯醛	0.905	0.913	0.915
(E,E)-2,4-二烯醛	0.886	0.885	0.885
(E,E)-2,6-壬二烯醛	0.925	0.928	0.931
2-戊烯醛	0.936	0.935	0.936
2-亚异丙基-3-亚甲基-3,5-二烯醛	0.873	0.877	0.881
5,5-二甲基-3-氧基-1-环己烯-1-甲醛	0.957	0.954	0.963
5-甲基糠醛	0.951	0.947	0.950
苯乙醛	0.937	0.934	0.938
藏红花醛	0.889	0.893	0.900
糠醛	0.966	0.965	0.971
壬醛	0.949	0.944	0.952
桃醛	0.847	0.845	0.847

2.4 感官质量与氮杂环类香味成分的灰色关联分析 各氮杂环类香味成分与感官质量的关联分析结果如表 4 所示。氮杂环类各香味成分与香气质的关联程度排序,结果表明:吡啶>2-甲酰基吡啶>吡咯>邻苯二甲酰甘氨酸>3-甲酰基

吡啶>5-氨基-1-苯基吡唑>2-甲酰基吡咯>吡啶>2,3-联吡啶>2-乙酰基吡咯>3-乙酰基吡啶>N-甲酰吡咯烷>萘>2-胍啉>蒽>4-(2,4-二甲基-5-恶唑基)-2-氨基嘧啶>2,3,6-三甲基-1,4-萘二酮>4-甲酰基喹啉>烟碱>2-乙酰基-1,4,5,6-四氢吡啶>3,4-二氢4,5,6-三甲基-1(2H)-萘酮>2-乙酰基-3,4,5,6-四氢吡啶>1,2,3,4-四氢化-1,5,7-三甲基萘>1,2-二氢化-1,4,6-三甲基萘。

氮杂环类各香味成分与香气量的关联程度排序,结果表明:吡啶>吡咯>2-甲酰基吡啶>3-甲酰基吡啶>邻苯二甲酰甘氨酸>5-氨基-1-苯基吡唑>吡啶>2,3-联吡啶>2-甲酰基吡咯>2-乙酰基吡咯>3-乙酰基吡啶>萘>N-甲酰吡咯烷>2-胍啉>蒽>4-(2,4-二甲基-5-恶唑基)-2-氨基嘧啶>2,3,6-三甲基-1,4-萘二酮>4-甲酰基喹啉>烟碱>2-乙酰基-1,4,5,6-四氢吡啶>3,4-二氢4,5,6-三甲基-1(2H)-萘酮>2-乙酰基-3,4,5,6-四氢吡啶>1,2,3,4-四氢化-1,5,7-三甲基萘>1,2-二氢化-1,4,6-三甲基萘。

氮杂环类各香味成分与评吸总分的关联程度排序,结果表明:吡啶>2-甲酰基吡啶>吡咯>邻苯二甲酰甘氨酸>3-甲酰基吡啶>5-氨基-1-苯基吡唑>吡啶>2-甲酰基吡咯>2,3-联吡啶>2-乙酰基吡咯>3-乙酰基吡啶>萘>N-甲酰吡咯烷>2-胍啉>蒽>4-(2,4-二甲基-5-恶唑基)-2-氨基嘧啶>2,3,6-三甲基-1,4-萘二酮>4-甲酰基喹啉>烟碱>2-乙酰基-1,4,5,6-四氢吡啶>3,4-二氢4,5,6-三甲基-1(2H)-萘酮>2-乙酰基-3,4,5,6-四氢吡啶>1,2,3,4-四氢化-1,5,7-三甲基萘>1,2-二氢化-1,4,6-三甲基萘。

综上可知,吡啶、吡咯、2-甲酰基吡啶 3 种氮杂环类香味成分对香气质、香气量和评吸总分之间的关联程度最高;其中吡啶的关联程度三者均为最高。

表 4 配方打叶片烟感官质量与氮杂环类香味成分的灰色关联分析			
氮杂环类香味成分	香气质	香气量	评吸总分
吡啶	0.983	0.982	0.983
3,4-二氢4,5,6-三甲基-1(2H)-萘酮	0.924	0.926	0.928
1,2,3,4-四氢化-1,5,7-三甲基萘	0.918	0.919	0.919
1,2-二氢化-1,4,6-三甲基萘	0.850	0.851	0.852
2,3,6-三甲基-1,4-萘二酮	0.935	0.937	0.938
2,3-联吡啶	0.964	0.966	0.966
2-甲酰基吡啶	0.980	0.981	0.982
2-甲酰基吡咯	0.968	0.966	0.967
2-胍啉	0.945	0.946	0.949
2-乙酰基-1,4,5,6-四氢吡啶	0.925	0.929	0.929
2-乙酰基-3,4,5,6-四氢吡啶	0.919	0.923	0.922
2-乙酰基吡咯	0.961	0.963	0.964
3-甲酰基吡啶	0.977	0.978	0.977
3-乙酰基吡啶	0.959	0.961	0.963
4-(2,4-二甲基-5-恶唑基)-2-氨基嘧啶	0.937	0.938	0.939
4-甲酰基喹啉	0.935	0.935	0.933
5-氨基-1-苯基吡唑	0.971	0.973	0.974
N-甲酰吡咯烷	0.955	0.954	0.957
吡咯	0.979	0.981	0.981
蒽	0.942	0.944	0.943
邻苯二甲酰甘氨酸	0.978	0.978	0.978
萘	0.954	0.958	0.960
烟碱	0.927	0.930	0.931
吡啶	0.965	0.968	0.969

2.5 感官质量与酮类香味成分的灰色关联分析 各酮类香味成分与感官质量的关联分析结果如表 5 所示。酮类各香味成分与香气质的关联程度排序,结果表明:羟基丙酮>2-甲基四氢呋喃-3-酮>2,3-戊二酮>金合欢基丙酮>3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮>大马士酮>5,6-二甲基-2-苯并咪唑啉酮>1,2-环己二酮>4-环戊烯-1,3-二酮>3-甲基 1-2(5H)-呋喃酮>6-甲基-2-庚酮>1-戊烯-3-酮>香叶基丙酮>3-羟基-2-丁酮>2-氨基 1,5-二氢4H-咪唑4-酮>6,10,14-三甲基-2-十五烷酮>巨豆三烯酮>(2,4,6-三甲苯基)-2,2-二氯环丙基-甲酮>对甲基苯乙酮>1-(4-甲氧苯基)-1,3-丁二酮>7,8-环氧- α -紫罗兰酮>4-羟基-2,4,5-三甲基-2,5-环己二烯酮>茄酮>2,3,6-三甲基-1,4-萘二酮>3-羟基- β -大马酮>螺岩兰草酮>3,4-二氢4,5,6-三甲基-1(2H)-萘酮>3-羟基- β -大马酮>顺,反-3-甲基-2-(1-甲基乙基)-环己酮。

酮类各香味成分与香气量的关联程度排序,结果表明:羟基丙酮>2,3-戊二酮>2-甲基四氢呋喃-3-酮>大马士酮>3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮>5,6-二甲基-2-苯并咪唑啉酮>金合欢基丙酮>3-甲基 1-2(5H)-呋喃酮>6-甲基-2-庚酮>1,2-环己二酮>香叶基丙酮>4-环戊烯-1,3-二酮>1-戊烯-3-酮>巨豆三烯酮>6,10,14-三甲基-2-十五烷酮>3-羟基-2-丁酮>2-氨基-1,5-二氢4H-咪唑4-酮>对甲基苯乙酮>(2,4,6-三甲苯基)-2,2-二氯环丙基-甲酮>1-(4-甲氧苯基)-1,3-丁二酮>7,8-环氧- α -紫罗兰酮>4-羟基-2,4,5-三甲基-2,5-环己二烯酮>茄酮>2,3,6-三甲基-1,4-萘二酮>3-羟基- β -大马酮>螺岩兰草酮>3,4-二氢4,5,6-三甲基-1(2H)-萘酮>3-羟基- β -大马酮>顺,反-3-甲基-2-(1-甲基乙基)-环己酮。

酮类各香味成分与评吸总分的关联程度排序,结果表明:羟基丙酮>3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮>2,3-戊二酮>2-甲基四氢呋喃-3-酮>大马士酮>5,6-二甲基-2-苯并咪唑啉酮>金合欢基丙酮>1,2-环己二酮>6-甲基-2-庚酮>3-甲基 1-2(5H)-呋喃酮>香叶基丙酮>4-环戊烯-1,3-二酮>1-戊烯-3-酮>3-羟基-2-丁酮>巨豆三烯酮>2-氨基-1,5-二氢4H-咪唑4-酮>6,10,14-三甲基-2-十五烷酮>对甲基苯乙酮>(2,4,6-三甲苯基)-2,2-二氯环丙基-甲酮>1-(4-甲氧苯基)-1,3-丁二酮>4-羟基-2,4,5-三甲基-2,5-环己二烯酮>7,8-环氧- α -紫罗兰酮>茄酮>2,3,6-三甲基-1,4-萘二酮>3-羟基- β -大马酮>螺岩兰草酮>3,4-二氢4,5,6-三甲基-1(2H)-萘酮>3-羟基- β -大马酮>顺,反-3-甲基-2-(1-甲基乙基)-环己酮。

综上可知,羟基丙酮与香气质、香气量和评吸总分之间的关联程度为最高。

3 结论与讨论

化学成分是烟草品质特征的重要组成,其中致香物质对感官质量尤其是香气质量具有重要影响,研究表明:烟草中分子质量较高、具有不饱和分子结构的醛酮类物质有利于烟草香味特征的形成,而氮杂环类物质如吡嗪、吡咯、吡啶及其相应的衍生物,是烟叶的重要致香成分^[12]。

表5 配方打叶片烟感官质量与酮类香味成分的灰色关联分析

酮类香味成分	香气质	香气量	评吸总分
羟基丙酮	0.973	0.971	0.973
1-(4-甲氧苯基)-1,3-丁二酮	0.929	0.930	0.930
3,4-二氢-4,5,6-三甲基-1(2H)-萘酮	0.887	0.887	0.889
6,10,14-三甲基-2-十五烷酮	0.944	0.945	0.944
(2,4,6-三甲苯基)-2,2-二氯环丙基-甲酮	0.937	0.936	0.933
1,2-环己二酮	0.957	0.955	0.959
1-戊烯-3-酮	0.952	0.948	0.948
2,3,6-三甲基-1,4-萘二酮	0.902	0.903	0.903
2,3-戊二酮	0.970	0.973	0.969
2-氨基-1,5-二氢-4H-咪唑-4-酮	0.944	0.944	0.945
2-甲基四氢呋喃-3-酮	0.971	0.970	0.968
3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮	0.964	0.966	0.970
3-甲基-1,2(5H)-呋喃酮	0.955	0.956	0.958
3-羟基-2-丁酮	0.945	0.944	0.947
3-羟基-β-大马酮	0.891	0.891	0.893
3-羟基-β-大马酮	0.872	0.872	0.872
4-环戊烯-1,3-二酮	0.956	0.951	0.955
4-羟基-2,4,5-三甲基-2,5-环己二烯酮	0.921	0.921	0.926
5,6-二甲基-2-苯并咪唑啉酮	0.958	0.961	0.962
6-甲基-2-庚酮	0.954	0.956	0.958
7,8-环氧-α-紫罗兰酮	0.927	0.926	0.926
大马士酮	0.960	0.967	0.965
对甲基苯乙酮	0.935	0.937	0.938
金合欢基丙酮	0.964	0.960	0.962
巨豆三烯酮	0.942	0.947	0.946
螺岩兰草酮	0.890	0.890	0.892
茄酮	0.912	0.913	0.908
顺,反-3-甲基-2-(1-甲基乙基)-环己酮	0.837	0.837	0.838
香叶基丙酮	0.951	0.951	0.956

灰色关联度分析法是将研究对象及影响因素的因子值视为一条线上的点,与待识别对象及影响因素的因子值所绘制的曲线进行比较,比较其贴适度并分别量化,计算出研究对象与待识别对象各影响因素之间的贴进程度的关联度,通过比较各关联度的大小来判断待识别对象对研究对象的影响程度。它提示了事物动态关联的特征与程度,与传统的回归分析相比,具有对样本量和典型分布要求相对宽松、计算量少、精确度高的特点^[13]。

该研究以云南产区配方打叶片烟为研究对象,通过对致香成分进行官能团分类研究致香成分与感官质量的相关性,结果表明:按官能团分类的8种致香成分中与香气质、香气

量和评吸总分关联程度最高的为醛类、氮杂环类和酮类,其中醛类物质己醛、糠醛和5,5-二甲基-3-氧基-1-环己烯-1-甲醛对香气质、香气量和评吸总分的关联程度最高并且关联程度排序一致。氮杂环类物质吡啶、吡咯、2-甲酰基吡啶3种对香气质、香气量和评吸总分之间的关联程度最高;其中吡啶的关联程度三者均为最高。酮类物质与香气质关联程度排序前三者为:羟基丙酮>2-甲基四氢呋喃-3-酮>2,3-戊二酮,与香气量关联程度排序前三者为:羟基丙酮>2,3-戊二酮>2-甲基四氢呋喃-3-酮,与评吸总分的关联程度排序前三者为:羟基丙酮>3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮>2,3-戊二酮,羟基丙酮对香气质、香气量和评吸总分的影响程度最大。因此,在片烟致香成分与感官质量特别是香气质量研究中,可以重点关注醛类、氮杂环类和酮类物质,对己醛、糠醛、5,5-二甲基-3-氧基-1-环己烯-1-甲醛、吡啶、吡咯、2-甲酰基吡啶、羟基丙酮和2,3-戊二酮等致香成分重点关注。

参考文献

[1] 欧明毅,王芳,张建新,等. 配方打叶片烟化学成分与评吸质量相关分析[J]. 山地农业生物学报,2008,27(6):486-490.

[2] 杨虹琦,周冀衡,杨述远,等. 不同产区烤烟烟叶中主要潜香型对评吸质量的影响研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2005,31(1):11-14.

[3] 席元肖,宋纪真,李锋,等. 不同香型烤烟香气前体物及香味成分含量的差异分析[J]. 浙江农业科学,2011(2):355-361.

[4] 于建军,庞天河,章新军,等. 鄂西南烤烟吸食质量与致香物质的关系[J]. 华中农业大学学报,2006,25(4):355-358.

[5] 曹建敏,刘帅帅,邱军,等. 烤烟重要致香物质与评吸质量的相关性研究[J]. 中国烟草科学,2012,33(6):75-79.

[6] 于建军,庞天河,焦桂珍,等. 攀西烤烟评吸结果与中性致香成分的关系[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2006(11):77-82.

[7] 庞天河,陈红丽,刘艳芳,等. 攀西烤烟香气质量与中性致香成分的关系研究[J]. 西南农业学报,2008(2):335-339.

[8] 李俊丽,叶协锋,赵莉,等. 豫中浓香型烤烟香气质量与中性致香成分关系分析[J]. 山西农业科学,2012,40(12):1268-1272.

[9] 唐启义,洪明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京:科学出版社,2002:614-622.

[10] 邓聚龙. 灰色系统综述[J]. 世界科学,1983(7):1-5.

[11] 于建军,宋祖国. 烟叶中性致香物质含量与土壤养分指标的灰色关联分析[J]. 江西农业学报,2010,22(5):22-24.

[12] 谢剑平. 烟草与烟气化学成分[M]. 北京:化学工业出版社,2010.

[13] 邓聚龙. 灰色系统方法[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1988.

(上接第244页)

用乙酸钠,其对乙酸钠的利用率为每天0.085 g/L,而小球藻则以每天172万 cells/ml的速度增长。

参考文献

[1] 金城. 小球藻生产生物柴油的研究[J]. 微生物学通报,2010,37(8):1258.

[2] 孔维宝,李龙因,张继,等. 小球藻的营养保健功能及其在食品工业中的应用[J]. 食品科学,2010,31(9):323-328.

[3] 陈明耀. 生物饵料培养[M]. 北京:中国农业出版社,1995.

[4] 顾良忠,张树荣. 化学滴定测定醋酸含量的新方法[J]. 广西轻工业,2010(8):32.

[5] 从峰,孙雪,徐年军. 几种小球藻油脂含量检测方法的比较及优化[J]. 宁波大学学报(理工版),2012(1):20-23.

[6] 袁长波,杨家振. 278.15至318.15K下二氧化碳在氯化钠葡萄糖水溶液中的溶解度和活度系数[J]. 高等学校化学学报,1993(1):80-83.

[7] 牛海亚,马玉龙,石勋祥,等. 小球藻适宜碳源及营养方式研究[J]. 湖北农业科学,2013(24):6030-6033.

[8] 刘香华,刘雷,曾慧卿. 不同碳源及光照对小球藻生长和产油脂的影响

[J]. 安全与环境学报,2012(3):6-10.

[9] 谢林静,韩宇驰. 不同有机碳源对小球藻的生长与产油量的影响[J]. 湖南环境生物职业技术学院学报,2013(4):8-11.

[10] 杨素玲,孟佑婷,刘桂君,等. 小球藻自养、异养和混养特性的研究[J]. 安徽农业科学,2013(18):7748-7749.

[11] 蔡佳佳,费小雯,李亚军,等. 元素缺乏和外加碳源对小球藻(*Chlorella* sp KMMCC FC-21)生长和油脂积累的影响[J]. 热带作物学报,2011(11):2029-2036.

[12] YAN D,LU Y,CHEN Y F,et al. Waste molasses alone displaces glucose-based medium for microalgal fermentation towards cost-saving biodiesel production[J]. Bioresour Technol,2011,102(11):6487-6493.

[13] RISMANI-YAZDI H,HAMPEL K H,LANE C D,et al. High-productivity lipid production using mixed trophic state cultivation of *Auxenochlorella* (*Chlorella*) *protothecoides*[J]. Bioprocess Biosyst Eng,2015,38(4):639-650.

[14] TRAN D T,CHEN C L,CHANG J S. Effect of solvents and oil content on direct transesterification of wet oil-bearing microalgal biomass of *Chlorella vulgaris* ESP-31 for biodiesel synthesis using immobilized lipase as the biocatalyst[J]. Bioresour Technol,2013,135:213-221.

[15] GOUVEIA L,OLIVEIRA A C. Microalgae as a raw material for biofuels production[J]. J Ind Microbiol Biotechnol,2009,36(2):269-274.