

洛阳市植烟区生态环境聚类及烟叶化学成分分析

董洪旭¹, 董昆乐², 宋纪真¹, 刘芳¹, 郭建华¹, 赵世民^{2*}

(1. 中国烟草总公司郑州烟草研究院, 河南郑州 450001; 2. 河南省烟草公司洛阳市公司, 河南洛阳 471000)

摘要 [目的]分析不同生态环境烟叶的化学成分差异性及其适宜性。[方法]以降雨、海拔和日照条件为因子,对洛阳市烟区生态环境进行系统聚类,并抽取34个样品分析了不同生态环境中烟叶的化学成分含量及适宜性。[结果]与2015年全国平均含量相比,洛阳市烟叶的总植物碱、总氮和钾含量较低,淀粉和游离氨基酸含量略高,样品间氯含量、钾氯比和糖碱比变异较大;聚类分析将洛阳市烟区划分为A、B、C、D 4类小生态环境烟区;A类烟区烟叶的总植物碱、氯含量相对较高,D类烟区烟叶的钾氯比、糖碱比和氮碱比相对较高;4类烟区烟叶的总植物碱、总氮、游离氨基酸含量和氮碱比适宜性较好,碳水化合物含量高超出适宜范围,糖碱比例不协调,钾、氯含量偏低。[结论]总体来看,A类烟区烟叶化学成分适宜性最佳。

关键词 烤烟;生态环境;化学成分

中图分类号 TS41⁺1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)04-0021-04

Cluster Analysis of Ecological Environment and Analysis of Chemical Compositions of Tobacco Leaf in Tobacco Planting Area of Luoyang City

DONG Hong-xu¹, DONG Kun-le², SONG Ji-zhen¹, ZHAO Shi-min^{2*} et al (1. Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Zhengzhou, Henan 450001; 2. Luoyang Branch, Henan Provincial Tobacco Company, Luoyang, Henan 471000)

Abstract [Objective] Differences between the chemical compositions and suitability of tobacco leaves in different ecological environments were analyzed. [Method] The ecological environment of tobacco growing in Luoyang City was cluster based on the factors of rainfall, altitude and sunshine, and 34 samples were collected to analyze the content and suitability of the chemical components of tobacco leaves in different ecological environments. [Result] The results showed that compared with the national average in 2015, the total alkaloid, nitrogen and potassium content of Luoyang City's tobacco leaves were lower, however, starch and total free amino acids were slightly higher. And the variation coefficient of chlorine content, ratio of potassium to chlorine and ratio of sugar to nicotine among samples was larger than other indices. The cluster analysis divided the Luoyang tobacco growing area into four kinds of small ecological environment which were called kind A, kind B, kind C and kind D. The total alkaloid and chlorine content were relatively high in leaves of kind A, ratio of potassium to chlorine, ratio of reducing sugar to nicotine and ratio of nitrogen to nicotine were relatively high in leaves of kind D. In four kinds of tobacco growing area, the content of total alkaloid, total nitrogen and free amino acid and ratio of nitrogen to nicotine were at right levels, and carbohydrate content indices were higher than the appropriate range while the content of potassium and chlorine were lower. [Conclusion] Tobacco chemical composition suitability of A kind tobacco growing area is the best.

Key words Flue-cured tobacco; Ecological environment; Chemical composition

化学成分协调性是评价烟叶品质的重要手段,已成为卷烟工业企业原料质量控制和质量目标设定^[1-2]的重要内容。烟叶化学成分除受栽培和烘烤等因素影响外,还受海拔、降雨、日照等生态因子的影响。对于不同生态环境与烟叶化学成分的相关性已有大量研究^[3-6]。王建伟等^[7]分析了不同移栽期条件下烤烟主要生育期气象条件的变化和烤后烟叶主要化学成分的差异,并对两者的相关性进行了分析,结果发现,总氮与日照时数呈负相关,而碳水化合物与日照时数呈正相关,与降雨量呈负相关;石俊雄等^[8]通过逐步回归,综合分析海拔、气象、土壤等生态因素对烟叶化学成分的影响,发现日照时数与还原糖、总糖、淀粉和钾含量呈正相关,与总植物碱和总氮含量呈负相关,降水量与总糖、还原糖、总植物碱和氯含量呈负相关;李亚飞等^[9]认为海拔与烟叶主要含氮化合物含量呈负相关,与烟叶主要含碳化合物呈正相关;李洪勋^[10]、穆彪等^[11]认为,总植物碱含量和总氮含量均随海拔升高而降低。

洛阳市位于河南西部,属于黄淮烟草种植一级区和豫西

丘陵山地烤烟二级区,是烤烟种植适宜区和次适宜区^[12],由于洛阳市地处我国第二阶梯与第三阶梯交界带,丘陵和山地面积较多,生态环境复杂。笔者以洛阳市降水、日照和海拔信息为依据,对其主烟区生态环境进行聚类,并分析不同生态环境烟叶的化学成分差异性及其适宜性,以期为洛阳市烟区以品牌为导向改善烟叶品质、实现烤烟的优质适产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 自然条件信息和样品来源 洛阳市主烟区(64个烟站)的自然条件(降雨量、日照时数、海拔)信息由洛阳市气象局提供。2015年我国主产区C3F等级烟叶化学成分数据摘自2015年版中国烟叶质量白皮书(由中国烟叶公司、中国烟草总公司郑州烟草研究院发布)。

抽取洛阳市34个烟站的初烤烟叶样品进行化学成分检测,等级为C3F,每样品3kg,品种为当地主栽品种,具体抽样点:洛宁(杨坡烟站、兴华烟站、长水烟站、罗岭烟站、山底收购点、下峪烟站、东宋烟站);宜阳(盐镇烟站、柳泉烟站、三乡烟站、白杨烟站、上观收购点、莲庄收购点、赵保烟站、董王庄烟站、高村烟站、穆册收购点);汝阳(刘店烟叶工作站、上店收购点、蔡店烟叶工作站、柏树烟叶工作站);嵩县(旧县烟站、大坪烟站、闫庄烟站、田湖烟站、饭坡烟站、九店烟站);伊川(吕店烟站、鸣皋烟站、酒后烟站、葛寨烟站);新安(铁门烟

基金项目 河南省烟草公司洛阳市公司项目“以品牌为导向的洛阳烟叶质量特征研究”。

作者简介 董洪旭(1991—),男,山东枣庄人,硕士研究生,研究方向:烟草农业。*通讯作者,高级农艺师,硕士,从事优质烟叶生产技术研究。

收稿日期 2016-12-19

站、李村烟站、曹村烟站)。

1.2 烟叶化学成分的测定 按照 YC/T 160—2002、YC/T 161—2002、YC/T 159—2002、YC/T 162—2002、YC/T 173—2003 方法测定烟叶总植物碱、总氮、还原糖、氯、钾含量;按照 YC/T 31—1996 方法测定游离氨基酸含量,包括标准中规定的天门冬氨酸、谷氨酸、脯氨酸等 21 种氨基酸;按照高氯酸萃取-碘比色法(根据 YC/T 216—2007 及 Mohapatra^[13]的方法)测定烟叶淀粉含量;运用推算法得出糖碱比(还原糖/总植物碱)、氮碱比(总氮/总植物碱)、钾氯比(钾/氯)。

1.3 数据处理 采用 SPSS 19.0 软件对试验数据进行描述性统计、聚类分析及方差分析。

2 结果与分析

2.1 烟叶化学成分 由表 1、2 可知,与 2015 年我国主产区 C3F 等级烟叶化学成分含量相比,洛阳市烟叶总植物碱和总

氮含量中等略低;还原糖、总糖含量中等,且样品间变异较小,95% 置信区间分别为 27.12% ~ 28.81%、31.21% ~ 33.10%;淀粉含量中等略高,钾含量较低;样品间的氯含量、钾氯比和糖碱比变异较大,95% 置信区间为分别为 0.23% ~ 0.32%、4.75 ~ 6.82、14.45 ~ 18.42;氮碱比中等,95% 置信区间为 0.83 ~ 0.97。除上述常见指标外,游离氨基酸也是烟草中重要的含氮化合物,研究表明,烟叶中共存在 43 种氨基酸,常见的有 20 种,总量在 2.00 ~ 10.00 mg/g,洛阳市烟叶游离氨基酸总量中等略高,95% 置信区间为 7.89 ~ 9.36 mg/g。

2.2 生态环境聚类分析 以降雨量、日照时数和海拔作为变量,采用平方欧氏距离来衡量洛阳主要烟区自然条件差异,用最短距离法对各烟站的气候条件进行聚类分析,64 个烟站在平方欧氏距离为 15.0 处被划分为 4 类不同的小生态环境烟区(A、B、C 和 D 类),结果见图 1 和表 3。

表 1 洛阳市 C3F 等级烟叶化学成分指标描述

Table 1 Chemical components description of C3F grade tobacco leaf in Luoyang City

项目 Items	总植物碱 Total alkaloids %	总氮 Total nitrogen %	游离氨基酸 Free amino acid mg/g	还原糖 Reducing sugar %	总糖 Total sugar %	淀粉 Starch %	钾 Potassium %	氯 Chlorine %	钾氯比 Ratio of potassium to chlorine	糖碱比 Ratio of total sugar to nicotine	氮碱比 Ratio of nitrogen to nicotine
最小值 Maxium	0.86	1.16	4.45	22.02	26.19	2.97	0.93	0.13	2.08	9.01	0.65
最大值 Minimum	2.80	1.96	14.05	34.30	37.57	7.35	1.86	0.67	12.76	31.19	1.60
平均值 Average	1.85	1.58	8.63	27.96	32.16	5.22	1.29	0.28	5.78	16.44	0.90
下限 The lower limit	1.69	1.51	7.89	27.12	31.21	4.79	1.21	0.23	4.75	14.45	0.83
上限 The upper limit	2.01	1.65	9.36	28.81	33.10	5.64	1.37	0.32	6.82	18.42	0.97
变异系数 Variation coefficient//%	25.22	12.48	24.53	8.67	8.40	23.28	17.62	49.13	51.42	34.61	23.19

表 2 2015 年我国主产区 C3F 等级烟叶化学成分指标描述

Table 2 Chemical components description of C3F grade tobacco leaf from major production areas in China in 2015

项目 Items	总植物碱 Total alkaloids %	总氮 Total nitrogen %	还原糖 Reducing sugar %	总糖 Total sugar %	淀粉 Starch %	钾 Potassium %	氯 Chlorine %	钾氯比 Ratio of potassium to chlorine	糖碱比 Ratio of total sugar to nicotine	氮碱比 Ratio of nitrogen to nicotine
最小值 Maxium	1.30	1.29	17.18	19.88	2.06	0.86	0.09	0.63	5.53	0.58
最大值 Minimum	3.63	3.30	34.91	39.57	7.88	3.50	1.37	27.53	24.06	1.34
平均值 Average	2.18	1.81	27.59	31.72	4.55	2.00	0.27	9.96	29.33	0.85
下限 The lower limit	1.39	1.41	19.34	22.37	2.29	1.15	0.10	2.10	6.14	0.60
上限 The upper limit	3.33	2.49	33.61	39.11	7.17	3.08	0.82	21.50	21.41	1.13
变异系数 Variation coefficient//%	22.24	15.99	13.76	13.64	29.63	25.34	71.41	53.74	29.33	16.41

A 类包含 24 个烟站,包括新安县、宜阳县大部分地区及整个汝阳县,其自然条件主要表现:多雨寡照,年降雨量在 640.00 mm 以上,平均 656.80 mm,年日照时数 2 068.00 h 以下,平均 2 038.82 h;海拔中等偏低,多数在 350.00 ~ 500.00 m,平均海拔 413.88 m。

B 类包含 9 个烟站,包括伊川县、孟津县部分区域和洛宁县小部分区域,其自然条件主要表现:雨量中等,年均降雨量 631.41 mm;日照较长,年日照时数 2 181.00 h 以上,平均

2 221.20 h;海拔较低,多数海拔 330.00 m 以下,平均海拔 292.56 m。

C 类包含 21 个烟站,包括伊川县、孟津县、洛宁县部分区域以及整个嵩县,其自然条件主要表现:雨量中等,平均年降雨量 632.08 mm;日照较长,年日照时数 2 181.00 h 以上,平均 2 205.50 h;海拔中等偏高,为 400.00 ~ 590.00 m,平均海拔 490.67 m。

D 类包含 10 个烟站,包括宜阳、新安小部分区域以及洛

宁县部分区域,其自然条件主要表现:雨量较少,平均年降雨量 605.03 mm;日照中等,年日照时数 2 068.00 ~ 2 181.00 h,平均 2 154.46 h;海拔较高,590.00 m 以上。

综上所述,洛阳市各植烟区的自然条件具有一定差异,聚类分析将其划分为 4 类小生态环境。不同生态环境可能会影响烟叶化学成分,因此,进一步分析不同小生态环境间烤烟烟叶的化学成分差异性。

2.3 不同生态环境间烟叶化学成分比较 依据自然条件聚类分析的结果,将 34 个烟叶样品划分至相应的类别,测定其主要化学成分含量,分析不同生态环境间烟叶化学成分差异,并评价化学成分的适宜性,结果见表 4。

2.3.1 含氮化合物。总植物碱和总氮含量是烤烟常用的含氮化合物指标,总氮含量反映烟叶田间营养状况和内在化学成分协调性,总植物碱决定了卷烟烟气的劲头,优质烤烟总氮、总植物碱在 1.5% ~ 3.5%,以 2.5% 最优^[15]。由表 4 可知,洛阳市 4 类烟区的总植物碱、总氮含量均在适宜范围内,其中 A 类烟区总植物碱和总氮含量接近最适值。A 类烟区总植物碱含量最高,D 类烟区最低,且二者间差异显著;4 类烟区间总氮含量无显著差异。

游离氨基酸也是烟草中一类非常重要的含氮化合物,若烟叶中游离氨基酸含量太高,烟气辛辣、味苦,刺激性强烈,若含量太低,烟气则平淡无味,缺少丰满度^[16-17]。洛阳市烤烟烟叶游离氨基酸含量最高的是 A 类烟区,C 类次之,B 类、D 类含量最低,但 4 个烟区间差异不显著。

2.3.2 碳水化合物。还原糖和总糖含量是烤烟重要的碳水化合物指标,还原糖和总糖含量适宜,烟叶品质好,叶片柔软,弹性好,色泽鲜亮^[18]。优质烤烟总糖含量在 20% ~ 26%,还原糖含量在 18% ~ 25%^[15]。由表 4 可知,洛阳市 4 类烟区碳水化合物指标均偏高,且均高出适宜范围的上限,会导致烟叶吸味平淡,香气不足^[19]。还原糖含量最高的为 A 类烟区,总糖含量最高的为 D 类烟区,还原糖、总糖含量最低的均为 B 类烟区,4 类烟区间碳水化合物指标间差异未达显著水平。

淀粉在烟叶燃烧时对烟气质量产生不良影响,一般认为烟叶淀粉含量越低越好,优质烤烟的淀粉含量应低于 3.5%^[20]。4 类烟区淀粉含量均大于 3.5%,含量最低的为 A 类烟区,最高的为 C 类烟区,但差异不显著。

2.3.3 其他化学成分。钾影响烟叶的燃烧性,优质烤烟钾含量一般不低于 2%^[15],由表 4 可知,洛阳市 4 类烟区钾含量偏低,均低于 2%,各烟区间钾含量差异不显著。

烤烟氯含量在 0.4% ~ 0.8% 较为适宜^[15],氯含量太低则烟叶易碎,太高则燃烧性变差。4 类烟区烟叶氯含量均低于适宜范围的下限,其中 A 类烟区烟叶氯含量最高,为 0.35%,接近适宜范围下限,B 类、D 类烟区烟叶氯含量显著低于 A 类烟区烟叶。

2.3.4 化学成分衍生值。钾氯比是衡量烟叶燃烧性的重要指标,优质烤烟的钾氯比为 4 ~ 10^[15]。洛阳市 4 类烟区烟叶钾氯比均在适宜范围内,其中 D 类最高,A 类最低,二者间差

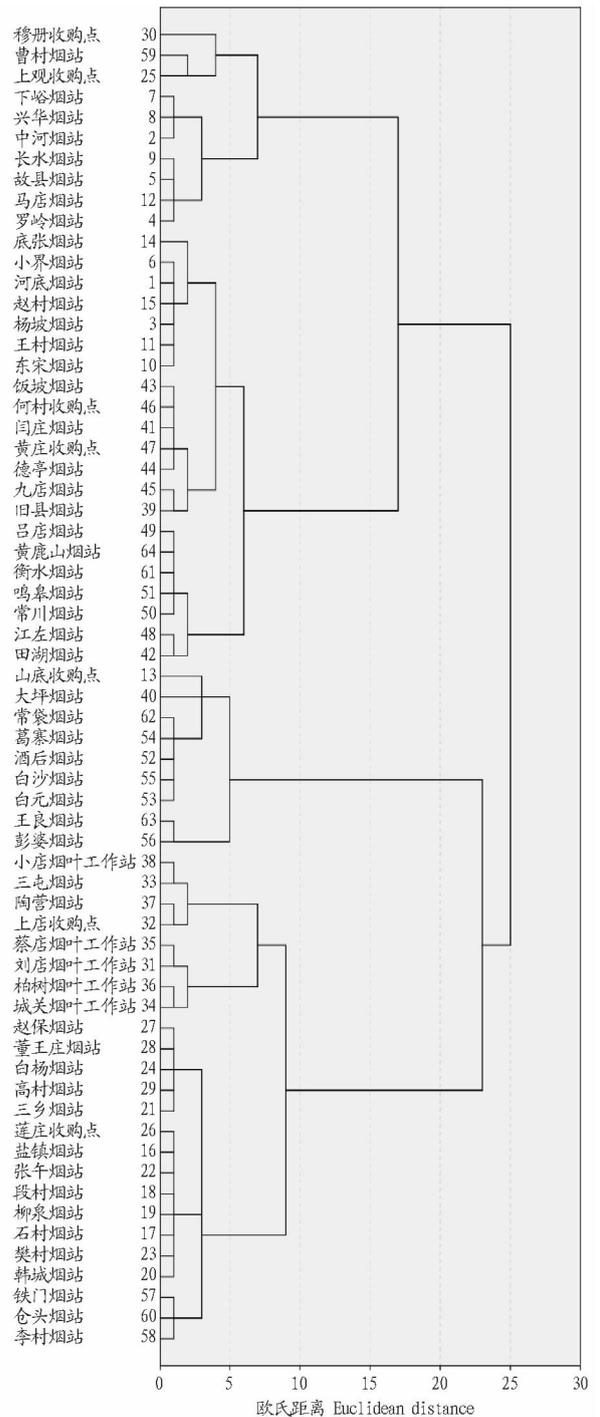


图 1 洛阳市主要植烟区自然条件聚类分析

Fig. 1 Natural conditions clustering analysis from major production areas in Luoyang City

异显著。

糖碱比反映烟气的酸碱平衡关系,优质烤烟的糖碱比应在 8 ~ 10。4 类烟区烟叶糖碱比均超过最适范围,其中 B 类、D 类烟区远超出最适范围上限。A 类烟区烟叶糖碱比最低,且显著低于 D 类烟区。

氮碱比是衡量烟叶含氮化合物转化率的重要指标,优质烤烟氮碱比应在 1 左右。4 类烟区烟叶氮碱比均接近最适值,其中 D 类最高,A 类最低,二者间差异显著。

表3 洛阳市主要植烟区自然条件聚类结果

Table 3 Natural conditions clustering result from major production areas in Luoyang City

分类 Classification	烟站 The smoke station	主要自然条件特征 The main characteristics of natural conditions
A	新安:李村、仓头、铁门;宜阳:韩城、樊村、石村、段村、柳泉、张午、盐镇、莲庄、三乡、高村、白杨、董王庄、赵保;汝阳:刘店、上店、三屯、城关、蔡店、柏树、陶营、小店	降雨量较高,年均656.81 mm;日照时数短,年均小于2 068.00 h;海拔中等偏低,平均海拔413.88 m
B	洛宁:山底、嵩县的大坪;伊川:酒后、白元、葛寨、白沙、彭婆;孟津:常袋、王良	降雨量中等,年均631.41 mm;日照时数较长,年均大于2 181.00 h;海拔较低,平均海拔292.56 m;
C	洛宁:河底、杨坡、小界、东宋、王村、底张、赵村;嵩县:旧县、闫庄、田湖、饭坡、德亭、九店、河村、黄庄;伊川:江左、吕店、常川、鸣皋烟站;孟津:横水、黄鹿山	降雨量中等,年均632.08 mm;日照时数较长,年均大于2 181.00 h;海拔中等偏高,平均海拔490.67 m;
D	洛宁:中河、罗岭、故县、下峪、兴华、长水、马店;宜阳:上观、穆册收购点;新安:曹村	降雨量少,年均605.03 mm;日照时数中等,年均2 154.46 h;海拔较高,高于590.00 m

表4 洛阳市4类烟区C3F等级烟叶化学成分含量

Table 4 Chemical composition content C3F grade tobacco in four kinds of smoke zone of Luoyang City

分类 Classification	总植物碱 Total alkaloids %	总氮 Total nitrogen %	游离氨基 Free amino acid mg/g	还原糖 Reducing sugar %	总糖 Total sugar %	淀粉 Starch %	钾 Potassium %	氯 Chlorine %	钾氯比 Ratio of potassium to chlorine	糖碱比 Ratio of total sugar to nicotine	氮碱比 Ratio of nitrogen to nicotine
A	2.03 a	1.66	9.56	28.27	31.70	4.81	1.32	0.35 a	4.31 b	14.31 b	0.83 b
B	1.76 ab	1.50	7.68	27.19	31.49	5.51	1.15	0.17 b	7.01 ab	18.48 ab	0.93 ab
C	1.82 ab	1.54	8.35	27.75	32.77	5.54	1.25	0.25 ab	5.86 ab	16.39 ab	0.89 ab
D	1.57 b	1.50	7.65	28.06	32.66	5.22	1.35	0.22 b	7.94 a	19.59 a	1.04 a

注:同列不同小写字母表示不同类间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases in the same column indicate significant difference between different kinds at 0.05 level

3 结论与讨论

(1) 与2015年我国主产区C3F等级烟叶化学成分含量相比,洛阳市烟区烟叶的总植物碱、总氮和钾含量较低,淀粉和游离氨基酸含量略高,样品间氯含量、钾氯比和糖碱比的变异较大。

(2) 依据自然条件可将洛阳烟区可划分为A类(多雨寡照,中偏低海拔)、B类(雨量中等,长日照,低海拔)、C类(雨量中等,长日照,中偏高海拔)、D类(少雨,日照中等,高海拔)4类小生态环境烟区。A类和D类烟区降雨、日照和海拔均有较大差异,二者自然条件差异较大;B类和C类烟区除海拔差异外,降雨和日照均较为接近,总体自然条件差异较小。不同小生态环境间烟叶化学成分有一定差异,其中以总植物碱、氯以及3类派生值指标差异最为显著:A类烟区烟叶的总植物碱含量显著高于D类,氯含量显著高于B类和D类,D类烟区烟叶的钾氯比、糖碱比和氮碱比均显著高于A类烟区。戴冕^[21]研究发现,水对烟叶总植物碱积累起主导作用,温和热仅起辅助作用,该研究中总植物碱含量高的A类烟区降雨量大,总植物碱含量低的B类烟区降雨量小,这与其研究结果一致。

(3) 化学成分适宜性方面,A类烟区烟叶化学成分适宜性最好,其氮素相关的指标(总植物碱、总氮和氮碱比)均在适宜范围内,且最接近最适值,此外A类烟区烟叶的氯含量最接近适宜范围;B类、C类和D类烟区化学成分适宜性相对较差。整体来看,洛阳市各烟区烟叶的总植物碱、总氮含量适宜,氮碱比适中,因此烟叶经卷制后劲头较好,且烟叶游离氨基酸含量均相对较高,这对增进烟叶品质、提高香吃味

有利。4类产区烟叶存在的问题也较为相似:碳水化合物含量高超出适宜范围,糖碱比例不协调,钾、氯含量偏低,这与孙建锋等^[22]研究结果较为一致。因此,在今后烟叶生产时应注意:烘烤时适当延长变黄期时间,使淀粉较多地降解,让糖类充分地参与到美拉德反应中^[23],以降低糖、淀粉含量,增加香气物质的积累;栽培期应适当增施或适时补施钾肥,并注意氮、磷、钾肥平衡,促进烟株对钾的吸收;根据需要,在烟株生长期适当补氯。

参考文献

- [1] 张伟峰. 上海烟草(集团)公司烟叶原料质量体系的建立和完善[D]. 杭州:浙江大学,2006.
- [2] 石锦辉,叶为民,文俊,等. 发展特色烟叶的卷烟工业使用基础探讨:以始兴烟叶在广东中烟使用为例[J]. 广东农业科学,2011,38(3): 33-36.
- [3] 梁洪波,刘昌宝,许家来,等. 山东不同土壤类型对烟叶品质的影响[J]. 中国烟草科学,2006,27(2): 41-43.
- [4] 许自成,刘国顺,刘金海,等. 铜山烟区生态因素和烟叶质量特点[J]. 生态学报,2005,25(7): 1748-1753.
- [5] 王闯,符云鹏,艾永峰. 土壤特性与烟叶品质的关系[J]. 安徽农业科学,2005,33(5): 862-863.
- [6] 黄中艳,朱勇,王树会,等. 云南烤烟内在品质与气候的关系[J]. 资源科学,2007,29(2): 83-90.
- [7] 王建伟,张艳玲,过伟民,等. 气象条件对烤烟烟叶主要化学成分含量的影响[J]. 烟草科技,2011(12): 73-76.
- [8] 石俊雄,陈雪,雷璐. 生态因子对贵州烟叶主要化学成分的影响[J]. 中国烟草科学,2008,29(2): 18-22.
- [9] 李亚飞,喻奇伟,符云鹏,等. 不同海拔生态条件对烤烟化学成分的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(4): 88-91.
- [10] 李洪勋. 海拔高度对贵州烤烟化学成分的影响[J]. 生态环境学报,2008,17(3): 1170-1172.
- [11] 穆彪,杨健松,李明海. 黔北大娄山区海拔高度与烤烟烟叶香吃味的关系研究[J]. 中国生态农业学报,2003,11(4): 148-151.

(下转第85页)

山药多糖的提取工艺条件,正交试验因素水平设计见表 1,结果见表 2。

表 1 紫山药多糖提取正交试验因素水平

Table 1 Factor and level of orthogonal test for polysaccharide extraction from purple yam

水平 Level	因素 Factor		
	料液比(A) Solid to liquid ratio	提取温度(B) Extraction temperature//℃	提取时间(C) Extraction time//min
1	1:20	40	40
2	1:30	50	60
3	1:40	60	80

表 2 紫山药多糖提取正交试验设计与结果分析

Table 2 Design and results of orthogonal experiment for polysaccharide extraction from purple yam

试验号 No.	因素 Factor			多糖提取率 Yield of poly- saccharide//%
	A	B	C	
1	1	1	1	1.998
2	1	2	2	2.395
3	1	3	3	2.915
4	2	1	2	3.799
5	2	2	3	4.673
6	2	3	1	4.188
7	3	1	3	4.319
8	3	2	1	3.680
9	3	3	2	5.790
k_1	2.436	3.372	3.289	
k_2	4.220	3.583	3.995	
k_3	4.596	4.298	3.969	
R	2.160	0.926	0.706	

由表 2 中 R 值可知,影响紫山药多糖提取率的大小因素依次为料液比、提取温度、提取时间。方差分析结果显示,料液比、浸提温度对提取率的影响极为显著。由 k 值大小可知,优化的工艺组合为 $A_3B_3C_3$,此结果与单因素试验筛选出的最佳条件组合一致,而正交试验直观分析提取率最高组合

为 $A_3B_3C_2$,综合考虑,选取最优工艺组合 $A_3B_3C_3$,即料液比 1:40、提取温度 60℃、提取时间 80 min,此条件下紫山药多糖的提取率为 8.76%。

3 结论

该试验通过单因素试验和正交试验,采用超声法提取紫山药多糖,并进行工艺优化。试验结果表明,影响超声提取紫山药多糖提取率的 3 个因素中料液比、提取温度对提取率的影响极为显著,其大小顺序依次为料液比、提取温度、提取时间。综合考虑各因素得到的优化工艺参数为料液比 1:40,提取温度 60℃,提取时间 80 min,提取 2 次,超声功率 100 W。在该条件下紫山药多糖的提取率为 8.76%,与常规水提法相比,超声法安全、简单易行、效率高,有利于提高紫山药粗多糖得率。因此,超声波辅助提取方法在紫山药多糖生产上具有一定的应用价值,是一种提取紫山药多糖的有效途径。

参考文献

- [1] 明兴加,李坤培,张明,等. 紫色甘薯的生理活性及开发应用研究进展[J]. 食品研究与开发,2007,28(7):144-147.
- [2] 吴笛笛. 多糖的作用及其研究进展[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版),2008,26(2):221-223.
- [3] 陈涛. 植物多糖的提取方法概述[J]. 科技风,2010(8):246.
- [4] 易阳,张名位,廖森泰,等. 龙眼多糖超声波-酶解辅助提取工艺优化[J]. 农业机械学报,2010,41(5):131-136.
- [5] 李粉玲,蔡汉权,陈桐滨,等. 超声波辅助提取木棉花多糖[J]. 湖北农业科学,2012,51(6):1214-1217.
- [6] 陈少青,蒋旭钢,汪财生,等. 紫山药多糖超声波辅助提取工艺优化及抗氧化性能研究[J]. 江苏农业科学,2009,30(5):231-234.
- [7] 姚惠伶,蒋林彬. 超声波提取紫薯多糖的工艺优化[J]. 安徽农业科学,2011,39(14):8357-8358,8361.
- [8] 姜琼,谢好. 苯酚-硫酸法测定多糖方法的改进[J]. 江苏农业科学,2013,41(12):316-318.
- [9] 刘杭达,马千苏,王傑,等. 紫山药粗多糖提取工艺的优化及其抗氧化性的研究[J]. 食品工业科技,2015,36(23):208-213.
- [10] 薛芳,颜瑞,王承明. 超声辅助碱提取花生多糖的研究[J]. 食品科学,2008,29(8):158-163.
- [11] 李宏睿,范琳琳,徐明生,等. 苦瓜多糖超声波辅助提取工艺优化[J]. 食品与机械,2010,26(2):107-109.
- [12] 董红敏,李素清,牛小勇,等. 正交实验优化川明参多糖超声提取工艺[J]. 食品工业科技,2014,35(8):306-309.
- [13] 贺帆,王涛,余金恒,等. 不同典型浓香型产区烟叶化学成分差异分析[J]. 福建农业学报,2012,27(11):1189-1193.
- [14] 张晓蕴,赵铭钦,卢叶,等. 南阳烟区不同品种烤烟打顶后酶活性及化学成分分析[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2010,36(2):155-159.
- [15] 景延秋,张红立,李爱芳,等. 河南烟区不同烤烟品种化学成分差异分析[J]. 广西农业科学,2010,41(11):1214-1218.
- [16] 戴冕. 我国主产区烟区若干气象因素与烟叶化学成分关系的研究[J]. 中国烟草学报,2000(1):27-34.
- [17] 孙建锋,章新军,毕庆文,等. 河南烤烟主产区烟叶化学成分的比较分析[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版),2006,21(2):40-43.
- [18] 贺帆,王涛,余金恒,等. 不同典型浓香型产区烟叶化学成分差异分析[J]. 福建农业学报,2012,27(11):1189-1193.

(上接第 24 页)

- [12] 王彦亭,谢剑平,李志宏. 中国烟草种植区划[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [13] MOHAPATRA S C. Comparison of methods for starch extraction and estimation[J]. CORESTA,1988,71-73.
- [14] DAVIS L D, NIELSEN M T. 烟草:生产,化学和技术[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
- [15] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2005.
- [16] 殷延齐,刘惠民,夏巧玲,等. 卷烟烟丝中游离子态氨基酸的主成分分析和聚类分析[J]. 烟草科技,2007(10):36-40.
- [17] 吴文斗,杨志雷,王超,等. 烟叶氨基酸、质体色素和多酚含量与评吸质量的相关性分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学版),2013,28(3):353-359.