

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.12.031

亚临界萃取对上部选下烟叶品质的影响

Effect of subcritical extraction on quality of upper surplus tobacco leaves

姚倩 马一琼 王新中 程良琨 孙九喆

YAO Qian MA Yi-qiong WANG Xin-zhong CHENG Liang-kun SUN Jiu-zhe

陈伟 刘超 王宝林 马波波 杨永锋

CHEN Wei LIU Chao WANG Bao-lin MA Bo-bo YANG Yong-feng

(河南中烟工业有限责任公司, 河南 郑州 450000)

(Henan Branch of China Tobacco Industry Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450000, China)

摘要:采用二甲醚、丁烷作为萃取剂,以河南3个不同产区上部分选下烟叶为材料,从常规化学成分、主流烟气含量和感官质量三方面评估经亚临界萃取处理后烟叶质量的变化特征,以未经亚临界萃取处理的烟叶作对照。结果表明:①经亚临界萃取后不会在烟叶中引入萃取剂;②烟叶的总氮、烟碱、蛋白质含量经亚临界萃取后减少明显,且与对照差异显著,糖碱比明显升高,钾氯含量变化不明显,A1、A2、B1、B2化学成分综合得分较对照提高;③烟叶经亚临界萃取后总粒相物、水分、烟碱和焦油含量均明显降低,且与对照差异显著,CO含量减少较明显,平均吸阻和抽吸口数变化不大;④经亚临界萃取后各地上部选下烟叶感官评价得分均上升;⑤经二甲醚萃取后的上部选下烟叶化学成分综合得分、降焦减害效果和感官评价结果均优于经丁烷萃取后的结果;⑥经亚临界萃取得到的上部选下烟叶投入使用,能够进一步拓宽烟叶原料的使用范围,提升整体使用价值。

关键词:亚临界萃取;河南烤烟;上部选下烟叶;化学成分;主流烟气;感官质量

Abstract: In order to classify the use direction of subcritical extraction technology in upper surplus tobacco of Henan, three upper surplus tobacco of Henan were used as materials and were extracted by dimethyl ether and butane, to evaluate the quality variation and characteristic of subcritical extraction sample from three aspects of conventional chemical component, mainstream smoke content and sensory quality, by normal sample as control.

基金项目:河南中烟工业有限责任公司科技计划资助项目(编号:HNZY012012347)

作者简介:姚倩,女,河南中烟工业有限责任公司助理工程师,硕士。

通信作者:杨永锋(1979—),男,河南中烟工业有限责任公司实验师,博士。E-mail: yihong7882@126.com

收稿日期:2019-08-21

The result showed that: ① The subcritical extraction technique does not introduce extractant into the treatment of tobacco leaves. ② Subcritical extraction tobacco's nitrogen, nicotine and protein content decreased significantly, and reach significant level with control, ratio of sugar and nicotine increased obviously and potassium changed little, the chemical comprehensive score of A1, A2, B1, B2 increased by control. ③ Subcritical extraction tobacco's total grain phase, water, nicotine and protein content decreased significantly, carbonic oxide content decreased obviously, draw resistance and puff number changed little. ④ Each upper surplus tobacco's sensory evaluation score increased after subcritical extracting. ⑤ The chemical comprehensive score, result of reducing the tar and sensory evaluation score of upper surplus tobacco extracted by dimethyl ether were better than by butane. ⑥ Subcritical extraction technology could wide the scope and improve the value of upper surplus tobacco leaves.

Keywords: subcritical extraction; Henan flue-cured tobacco; upper surplus tobacco; chemical component; mainstream smoke; sensory quality

河南烟叶属于浓香型烤烟^[1],其烟味浓厚,吸味干净,地方性杂气轻至较重^[2],其烟气浓郁沉溢,具有焦甜香韵^[3]。然而由于田间施肥等栽培方式不当^[4-5],导致河南烟叶营养不均衡,含钾量偏低、氯含量较高、香气量不足、香气质差、杂气和刺激性大,成熟度不够,可用性低^[6-7]。而河南上部烟叶普遍存在氮含量高、刺激性大等问题^[8],上部低等烟叶的成熟度更加不足,结构紧密、僵硬,烟碱含量偏高,可用性更差,严重影响了其在卷烟工业配方中的使用比例^[9-10]。由于每年河南上部选下等级(烟草工业公司根据选叶方案对上部烟叶进行分选,不符合等级要求的烟叶为上部选下)烟叶数量大,因此提高上部选下烟叶可用性尤为重要。

亚临界萃取是利用亚临界流体作为萃取剂^[11],根据有机物相似相溶的原理,通过溶解、分离等过程,最终将目的产物分离出来的一种新型萃取技术^[12]。它具有无毒、无害、非热加工、不破坏产品的生物活性、防止氧化、产能大、可工业化大规模生产等优点^[13],已被广泛应用于天然化学提取领域^[14-16]。谢豪等^[17]利用亚临界萃取技术提取甜橙油,得到的甜橙油其香气成分较好地保存下来,香气也更接近天然状态;彭凯迪等^[18]运用亚临界丁烷萃取法研究酸枣仁油的提取效果,结果表明不同萃取条件下萃取效果不同;杨中民等^[19]以众香子果实为原料,采用正交试验确定了采用亚临界萃取众香子时,在萃取温度为 60 ℃,萃取次数为 4 次以及萃取时间为 60 min 条件下,出油率最高,可达 4.58%。在烟草领域,田海英等^[20-21]研究了亚临界萃取技术在卷烟降焦减害方面的应用,结果表明经亚临界萃取可以降低卷烟焦油、烟碱含量,提高卷烟感官质量。除此之外,亚临界萃取技术在烟草领域其他方面的研究还鲜有报道。试验拟研究采用不同萃取剂的亚临界萃取对提高河南上部低等烟叶可用性的影响,以期卷烟生产上合理利用上部选下烟叶、提高上部低等烟叶可用性提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 烟叶

选择河南 3 个不同产区 2016 年的上部分选下烟叶,分别为:A(驻马店上部选下烟叶)、B(漯河上部选下烟叶)和 C(周口上部选下烟叶)。

1.1.2 主要试剂

二甲醚、丁烷:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.1.3 主要仪器

吸烟机:SM450 直线型,英国 Cerulean 公司;

亚临界溶剂萃取设备:CBE-5L 型,河南省亚临界生物技术有限公司;

气质联用仪:6890GC/5973MS 型,美国 Agilent 公司;

连续流动分析仪:SEAL AA3 型,美国 PE 公司。

1.2 方法

1.2.1 上部选下烟叶处理 用亚临界萃取方法处理 3 个不同产区上部选下烟叶,以未用亚临界萃取技术处理的 3 个产地烟叶作为对照。分别用二甲醚和丁烷作为萃取剂处理 3 个产地烟叶,以二甲醚作为萃取剂处理的记为:A1、B1、C1;以丁烷作为萃取剂处理的记为:A2、B2、C2;未用亚临界萃取处理的烟叶记为:A、B、C。

亚临界萃取过程:对试验烟丝进行打包,整体置入密闭萃取罐中,抽真空并向罐内注入适量的萃取溶剂,将样品完全浸没,在 30 ℃ 下萃取 30 min。

1.2.2 化学成分测定 取每个处理各 200 g 烟叶,用研磨器粉碎后过 60 目筛,按照烟草行业标准对烟叶进行前处理,之后采用 AA3 型连续流动分析仪进行化学成分的测定^[22]。

1.2.3 主流烟气测定 取各处理烟叶切丝后,用手工打烟器卷制成卷烟,用 Cerulean SM450 直线型吸烟机补集主流烟气,测定主流烟气各指标值。

(1) 总粒相物和焦油测定:按 GB/T 19609—2004 执行。

(2) 水分测定:按 GB/T 23203.1—2013 执行。

(3) 烟碱测定:按 GB/T 23355—2009 执行。

(4) 一氧化碳测定:按 GB/T 23356—2009 执行。

1.2.4 灰色关联分析 采用灰色关联分析对样品的常规化学成分进行综合评价^[23-25],其中最优化参考值的确定依据不同指标的特点,总糖、还原糖、两糖比、钾和钾氯比取最大值为最优化参考值,蛋白质、氯元素取最小值为最优化参考值,参照有关专家的研究建议,总氮、烟碱、糖碱比和氮碱比分别取 2.25%、2.5%、10、0.9 作为最优化参考值。经计算总糖、还原糖、总氮、烟碱、蛋白质、钾、氯、糖碱比、氮碱比、两糖比和钾氯比的权重分别为 0.11、0.11、0.09、0.02、0.06、0.14、0.09、0.10、0.07、0.11、0.11。

1.2.5 感官质量评价 由河南中烟工业有限责任公司的评吸委员会成员采用 9 分制法,对经亚临界萃取后的上部选下烟叶进行感官质量评价,感官总分按式(1)计算。

$$T = (A + B) \times 2.0 + (C + D) \times 1.5 + E + F + G + H, \quad (1)$$

式中:

T——感官总分;

A、B、C、D、E、F、G、H——分别代表香气质、香气量、浓度、柔细度、余味、杂气、刺激性和劲头的得分。

1.2.6 统计分析方法 试验得到各项指标的数据运用 Excel 2013 软件进行数据处理和图表制作,使用 SPSS 23.0 中 Duncan 方法进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 萃取剂残留情况分析

试验检测了经亚临界萃取处理烟叶样品中二甲醚和丁烷的残留情况,结果显示,未发现萃取剂成分残留,可见,亚临界萃取技术不会在处理烟叶中引入萃取剂。

2.2 亚临界萃取处理对上部选下烟叶化学成分的影响

目前主要用糖碱比、氮碱比、两糖比和钾氯比等指标对烟叶的化学成分是否协调进行判断,且比值分别在 10、0.9、 ≥ 0.75 、 ≥ 4 为宜^[26]。

由表 1 可知:

(1) A、B 和 C 经亚临界萃取后,总氮、烟碱和蛋白质含量均有所降低,除 A2 与 A 未达到显著差异外,其余处理均与对照之间达到显著差异;3 个产地上部选下烟叶经

表 1 亚临界萃取处理河南上部选下烟叶常规化学成分含量[†]

Table 1 The content of chemical components in upper surplus tobacco of Henan was treated by subcritical extraction

样品	总糖/%	还原糖/%	总氮/%	烟碱/%	蛋白质/%	钾/%	氯/%	糖碱比	氮碱比	两糖比	钾氯比
A	20.41 ^a	16.59 ^a	2.86 ^a	2.55 ^{Aa}	8.54 ^{Aa}	1.43 ^a	0.66 ^a	8.03 ^{Bb}	1.12 ^a	0.81 ^a	2.18 ^a
A1	20.48 ^a	18.16 ^a	2.28 ^b	1.97 ^{Bb}	5.66 ^{Bb}	1.48 ^a	0.62 ^a	10.39 ^{Aa}	1.17 ^a	0.89 ^a	2.39 ^a
A2	21.46 ^a	17.75 ^a	2.41 ^{ab}	2.10 ^{Bb}	5.94 ^{Bb}	1.33 ^a	0.66 ^a	10.26 ^{Aa}	1.15 ^a	0.83 ^a	2.02 ^a
B	15.45 ^a	14.44 ^a	2.74 ^a	2.78 ^{Aa}	10.71 ^a	1.09 ^a	1.15 ^a	5.57 ^b	0.99 ^a	0.94 ^a	0.95 ^a
B1	15.88 ^a	14.57 ^a	2.26 ^b	2.46 ^{Bb}	8.57 ^b	1.07 ^a	1.07 ^a	6.45 ^{ab}	0.92 ^a	0.92 ^a	1.00 ^a
B2	16.91 ^a	14.77 ^a	2.27 ^b	2.38 ^{Bb}	7.52 ^b	1.03 ^a	1.05 ^a	7.13 ^a	0.96 ^a	0.87 ^a	0.99 ^a
C	19.88 ^a	18.23 ^a	2.62 ^a	2.54 ^{Aa}	10.83 ^{Aa}	1.29 ^a	0.59 ^a	7.84 ^a	1.03 ^a	0.92 ^a	2.22 ^a
C1	19.20 ^a	17.51 ^a	2.33 ^b	2.36 ^{Bb}	7.52 ^{Bb}	1.24 ^a	0.59 ^a	8.12 ^a	0.98 ^a	0.91 ^a	2.10 ^a
C2	18.88 ^a	17.90 ^a	2.28 ^b	2.29 ^{Bb}	7.87 ^{Bb}	1.40 ^a	0.60 ^a	8.25 ^a	1.00 ^a	0.95 ^a	2.33 ^a

[†] 同一产地不同处理样品肩标小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)。

亚临界萃取后糖碱比升高,A1、A2的糖碱比达到优质烟叶标准,且A与A1、A2之间达到显著差异,B与C经亚临界萃取后,糖碱比有所提高,其中B与B2之间达到显著差异,与B1未达到显著差异,C与C1、C2之间差异不显著。

(2) 就A而言,A1和A2的总糖、还原糖含量在数值上高于A,但与A之间未达到显著差异;钾含量A1高于A,A2低于A,三者之间未达到显著差异;氯含量A1低于A和A2,三者之间未达到显著差异;氮碱比和两糖比A1、A2在数值上均大于A,三者之间未达到显著差异;钾氯比A1大于A,三者之间未达到显著差异。

(3) 就B而言,B1和B2的总糖、还原糖含量在数值上高于B,但与B之间未达到显著差异;钾含量和氯含量B1、B2均低于B,三者之间未达到显著差异;氮碱比和两糖比B1、B2在数值上均小于B,三者之间未达到显著差异;钾氯比B1、B2在数值上大于B,三者之间未达到显著差异。

(4) 就C而言,C1和C2的总糖、还原糖含量在数值上低于C,但与C之间未达到显著差异;钾含量C1低于C、C2均高于C,三者之间未达到显著差异;氯含量经萃取后变化不大;两糖比和钾氯比,C1在数值上均小于C,三者之间未达到显著差异;C2在数值上大于C,三者之间未达到显著差异。

总的来看,经亚临界萃取后,总氮、烟碱、蛋白质含量减少,糖含量、糖碱比有所上升,钾氯含量变化不大,是因为碱性物质在萃取剂中具有很好的溶解性,蔗糖、麦芽糖、淀粉、葡萄糖、果糖、戊糖、乳糖等几乎不溶于萃取溶剂^[27],钾和氯在萃取前后变化不大,可能是钾和氯在烟草中以离子状态存在,根据相似相溶原理它们不溶于有机溶剂而未被萃取出来^[28]。

采用灰色关联分析法可以明确各项化学指标整体协调性,从而可根据结果进行综合评价。由图1可以看出,A1、A2和B1、B2均较A和B综合得分有所提高,而C1、C2较C综合得分有所减少。对比A1与A2、B1与B2、C1

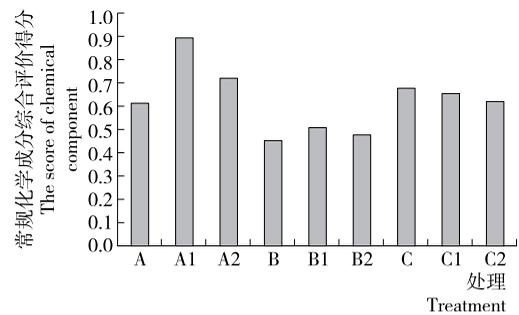


图1 亚临界萃取处理河南上部选下烟叶常规化学成分综合得分

Figure 1 Comprehensive evaluation score in upper surplus tobacco of Henan was treated by subcritical extraction

与C2,整体来看,二甲醚萃取后的烟叶化学成分综合得分高于丁烷萃取。

2.3 亚临界萃取处理河南上部选下烟叶烟气成分的差异

对亚临界萃取处理的河南上部选下烟叶的主流烟气含量进行检测,结果见表2。A、B和C经亚临界萃取后,总粒相物、水分、烟碱和焦油含量均明显降低,且与对照达到显著差异;A和C经亚临界萃取后CO含量较对照有明显减少,且达到显著差异,B经亚临界萃取后CO含量有所减少,B2与B达到显著差异,B1与B之间差异不显著。平均吸阻和抽吸口数经亚临界萃取后,变化幅度较小,处理与对照之间未达到显著差异。

目前烟碱、焦油和CO含量是影响卷烟安全性的重要因素,欧盟市场已规定了卷烟制品烟碱、焦油和CO含量的最高限,生产低危害卷烟成为烟草行业今后发展的必然趋势^[29]。比较二甲醚和丁烷的萃取效果,A1、C1的烟碱、CO含量小于A2、C2;B1、C1的焦油含量小于B2、C2。总体来看,用二甲醚萃取的降焦减害效果要优于丁烷萃取的效果。

表 2 亚临界萃取处理河南上部选下烟叶烟气成分含量[†]

Table 2 The content of smoke in upper surplus tobacco of Henan was treated by subcritical extraction

样品	平均吸阻/Pa	单支抽吸口数	总粒相物/mg	水分/mg	烟碱/mg	焦油/mg	CO/mg
A	1 204 ^a	10.13 ^a	22.12 ^{Aa}	1.62 ^{Aa}	1.93 ^{Aa}	16.83 ^{Aa}	16.91 ^{Aa}
A1	1 181 ^a	9.77 ^a	15.11 ^{Bb}	1.42 ^{Bb}	1.40 ^{Bb}	13.47 ^{Bb}	11.41 ^{Bb}
A2	1 178 ^a	9.80 ^a	16.00 ^{Bb}	1.48 ^{Bb}	1.41 ^{Bb}	13.13 ^{Bb}	12.22 ^{Bb}
B	1 148 ^a	10.20 ^a	21.18 ^{Aa}	1.59 ^{Aa}	2.05 ^{Aa}	17.24 ^a	14.21 ^a
B1	1 131 ^a	9.70 ^a	16.34 ^{Bb}	1.43 ^{Bb}	1.48 ^{Bb}	14.08 ^b	11.54 ^{ab}
B2	1 125 ^a	9.53 ^a	16.20 ^{Bb}	1.43 ^{Bb}	1.44 ^{Bb}	15.45 ^{ab}	10.23 ^b
C	1 253 ^a	10.30 ^a	21.83 ^{Aa}	1.64 ^{Aa}	1.95 ^{Aa}	15.96 ^{Aa}	15.88 ^{Aa}
C1	1 189 ^a	9.57 ^a	15.77 ^{Bb}	1.43 ^{Bb}	1.38 ^{Bb}	11.34 ^{Bb}	10.39 ^{Bb}
C2	1 199 ^a	9.53 ^a	17.18 ^{Bb}	1.38 ^{Bb}	1.45 ^{Bb}	12.59 ^{Bb}	11.15 ^{Bb}

[†] 同一产地不同处理样品肩标小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)。

2.4 亚临界萃取处理河南上部选下烟叶感官评价的差异

对亚临界萃取处理的河南上部选下烟叶进行感官评价,结果见表 3。经亚临界萃取后的烟叶杂气和刺激性明显得到改善,得分在处理与对照间的差异达到显著水平;香气质和余味得分有所提高,但处理与对照之间差异未达到显著水平;香气量经亚临界萃取后有所减少,A1、A2与A得分之间差异显著,B、C处理与对照之间差异不显著;浓度得分有所减少,A、B处理与对照之间差异显著,C

处理与对照差异不显著;细腻程度有所提高,A1、A2与A之间差异达到显著水平,B1与B之间差异显著,B2与B之间差异不显著,C2与C之间差异显著,C1与C之间差异不显著。总的来看,亚临界萃取后烟丝细腻程度、杂气、刺激均好于对照,杂气中的碱性刺激物含量变小;香气量和浓度略有下降,劲头变化较小。这与萃取后烟丝中烟碱、蛋白质、总氮等含氮物质含量降低有密切关系,萃取后的烟丝最突出的特点是柔细平润。

表 3 亚临界萃取处理河南上部选下烟叶感官评价各指标得分[†]

Table 3 The comparison of sensory evaluation indication score among upper surplus tobacco of Henan was treated by subcritical extraction

样品	香气质	香气量	杂气	浓度	细腻程度	刺激性	余味	劲头
A	6.1 ^a	6.4 ^{Aa}	5.7 ^{Bb}	6.3 ^a	5.6 ^{Bb}	5.3 ^{Bb}	5.9 ^a	中
A1	6.4 ^a	5.8 ^{Bb}	6.6 ^{Aa}	5.8 ^b	6.2 ^{Aa}	6.4 ^{Aa}	5.9 ^a	中
A2	6.3 ^a	5.7 ^{Bb}	6.3 ^{Aa}	5.7 ^b	6.1 ^{Aa}	6.3 ^{Aa}	6.0 ^a	中
B	5.2 ^b	6.1 ^a	5.5 ^{Bb}	6.1 ^a	5.8 ^b	5.0 ^b	5.7 ^a	中
B1	5.8 ^a	5.8 ^a	6.3 ^{Aa}	5.7 ^b	6.2 ^a	6.2 ^a	5.8 ^a	中
B2	5.7 ^a	5.8 ^a	6.2 ^{Aa}	5.5 ^b	6.1 ^{ab}	6.1 ^a	5.9 ^a	中
C	6.0 ^a	5.9 ^a	5.6 ^{Bb}	6.0 ^a	5.8 ^b	5.6 ^b	5.8 ^a	中
C1	6.2 ^a	5.7 ^a	6.2 ^{Aa}	5.8 ^a	6.1 ^{ab}	6.1 ^a	6.0 ^a	中
C2	6.0 ^a	5.7 ^a	6.2 ^{Aa}	5.6 ^a	6.2 ^a	6.3 ^a	6.0 ^a	中

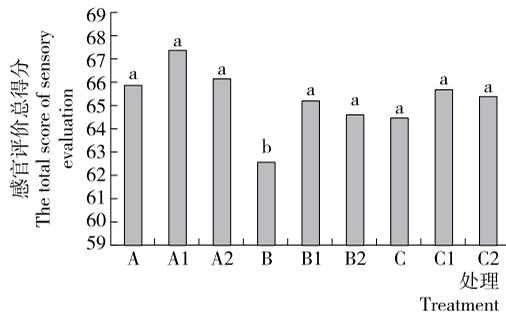
[†] 同一产地不同处理样品肩标小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)。

由图 2 可知,经亚临界萃取后各地上部选下烟叶感官质量明显有所提高,且 B 处理与对照之间差异达到显著水平,A 和 C 处理与对照总得分差异不显著。经二甲醚萃取处理的得分高于经丁烷萃取处理的,表明在提高河南上部选下烟叶方面,使用二甲醚作为萃取剂优于丁烷。

3 结论

试验运用亚临界萃取方式,通过分析上部选下烟叶化学成分含量、化学成分综合得分、主流烟气以及感官质

量结果,对比评价亚临界萃取后和未经过亚临界萃取的烟叶综合质量。结果表明:在化学成分方面,通过亚临界萃取后,上部选下烟叶的总氮、烟碱、蛋白质等碱性物质明显减少,糖碱比升高,钾氯含量变化不明显,化学成分综合得分有所提高;在主流烟气含量方面,经亚临界萃取后焦油、烟碱和 CO 含量明显减少;在感官评价各项指标中,经亚临界萃取后杂气和刺激性明显改善,综合得分有所提高;在对比不同萃取剂的效果方面,经二甲醚萃取后的烟叶各项指标结果优于丁烷萃取的结果。



小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

图2 亚临界萃取处理河南上部选下烟叶感官评价总得分

Figure 2 The total score of sensory evaluation in upper surplus tobacco of Henan was treated by sub-critical extraction

在接下来的研究中,可以选用更多不同萃取剂深入研究提高烟叶使用质量的效果;此外,试验选取对象为河南的驻马店、漯河和周口3个产区上部选下烟叶,其他不同地区和不同部位烟叶的适用性还有待进一步深入研究。

参考文献

- [1] 黎妍妍, 黄元炯, 许自成, 等. 河南烟区烟叶质量可用性的综合评价[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(9): 1 903-1 904.
- [2] 李锐. 烟叶分级工: 一至二级[M]. 郑州: 中国烟草总公司职工进修学院, 2014: 47-48.
- [3] 刘晓迎, 左璇, 刘雅星, 等. 河南浓香型烟叶产区气候条件分析[J]. 河南农业科学, 2017, 46(3): 52-58.
- [4] 陈海生, 王可, 刘国顺. 豫中烟区烟叶烟碱含量与土壤颗粒组成的空间变异性[J]. 河南农业科学, 2018, 48(1): 50-55.
- [5] 许杰, 马文广, 何冰, 等. 烤烟不同基因型钾营养特性研究[J]. 中国烟草学报, 2017, 23(6): 45-52.
- [6] 李雪君, 平文丽, 李耀宇, 等. 河南省烤烟品种利用现状及发展方向探讨[J]. 河南农业科学, 2015, 44(8): 42-45.
- [7] 程向红, 董顺德, 王锐, 等. 豫中烟区烤烟化学成分分析[J]. 中国烟草科学, 2013(2): 108-112.
- [8] 朱尊权. 提高上部烟叶可用性是促“卷烟上水平”的重要措施[J]. 烟草科技, 2010, 43(6): 10-17.
- [9] 王涛, 贺帆, 徐成龙, 等. 提高烤烟上部叶可用性技术的研究进展[J]. 南方农业学报, 2011, 42(9): 1 127-1 131.
- [10] 任志广, 陈征, 黄海棠, 等. 生态条件、栽培调制措施、烤烟工艺对烤烟上部叶可用性的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(6): 73-78.
- [11] 杨志空, 韩伟. 亚临界萃取技术在天然产物提取中的应用[J]. 机电信息, 2018(8): 42-47.
- [12] 史嘉辰, 吴其飞, 孙俊, 等. 农产品亚临界流体萃取装备现状与发展趋势[J]. 食品与机械, 2018, 34(11): 214-217, 226.
- [13] 常大伟, 孙娇娇, 刘树兴. 利用亚临界萃取技术提取生姜中的姜油[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 159-163.
- [14] 朱刚, 赵启政, 赵煜, 等. 亚临界萃取技术在提取花椒籽油中的应用研究[J]. 粮油食品科技, 2010, 18(4): 24-26.
- [15] 何如喜. 亚临界萃取技术生产黑果枸杞花青素色素片可行性探讨[J]. 中国资源综合利用, 2014(5): 34-36.
- [16] 苏雪峰, 冯军伟, 黄继红, 等. 亚临界萃取技术在提取荆芥中活性物质的应用研究[J]. 食品工业, 2013(7): 55-58.
- [17] 谢豪, 黄龙, 王萍, 等. 亚临界萃取结合分子蒸馏提取甜橙油的研究[J]. 食品工业, 2019, 40(3): 78-82.
- [18] 彭凯迪, 程思, 李奥, 等. 亚临界萃取酸枣仁油的工艺研究及改善睡眠的功效评价[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(6): 113-120.
- [19] 杨中民, 赵旭, 赵楠. 亚临界萃取众香子油的工艺研究[J]. 食品工业科技, 2016(24): 288-290.
- [20] 田海英, 陈伟, 董艳娟, 等. 亚临界萃取降低烟叶焦油及有害成分研究[J]. 轻工学报, 2015, 30(5): 43-48.
- [21] 田海, 董艳娟, 蔡莉莉, 等. 亚临界萃取技术在卷烟减害降焦中的应用研究[J]. 中国烟草学报, 2015, 21(4): 21-28.
- [22] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 1 305-1 312.
- [23] 刘思峰, 蔡华, 杨英杰, 等. 灰色关联分析模型研究进展[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(8): 2 041-2 046.
- [24] 胡建军, 马明, 李耀光, 等. 烟叶主要化学指标与其感官质量的灰色关联分析[J]. 烟草科技, 2001, 14(1): 3-7.
- [25] 鲍学英, 李海连, 王起才. 基于灰色关联分析和主成分分析组合权重的确定方法研究[J]. 数学的实践与认识, 2016, 46(9): 129-134.
- [26] 姚倩, 张珂, 马一琼, 等. 氮磷配施对烤烟氮、磷积累及品质的影响[J]. 河南农业科学, 2017, 46(8): 38-45.
- [27] 白尔铮. 二甲醚生产技术的最新进展[J]. 上海化工, 1997(4): 39-42.
- [28] 吴启康, 田晓静, 高丹丹, 等. 有机溶剂萃取法提取挥发油研究进展[J]. 农产品加工, 2018(10): 58-62.
- [29] 宁晚娥. 卷烟降焦技术的研究进展[J]. 现代农业科技, 2019(8): 240-243.