

竹子提取物的提取工艺及其在卷烟中的应用研究

邓云惠¹ 吕关文² 冯浩³ 刘丁华⁴

昆明欢兴生物科技有限公司 云南昆明 650502

DOI: 10.32629/ems.v8i4.19749

[摘要] 为应对烟草行业“降焦减害”与“保香提质”的双重挑战,探索兼具减害与增香功能的天然添加剂已成为重要研究方向。本研究以可再生资源竹子为原料,系统优化了其提取工艺,并将所得提取物应用于卷烟中,评估其应用效果。通过进行单因素比较实验,来确定较优的提取工艺参数:以浓度为75%的乙醇作为提取溶剂,料液比1:10(g/mL),在80℃下进行2次回流提取150分钟,第3次回流提取120分钟,共提取3次。在此条件下,提取物得率(转化比)可达19.8%。初步感官评价表明,适量添加该竹子提取物有助于提升卷烟烟气的甜润感与柔和度,并赋予烟气独特的清新香韵。本研究为竹子资源在高附加值烟草领域的应用提供了可行的工艺路径与初步的理论依据,对开发“天然、草本、减害、保香”型烟草制品的研究方向提供一定的参考价值。

[关键词] 竹子提取物;提取工艺;卷烟减害;感官品质;天然添加剂

引言

当前,烟草行业正处于一个“减害、保香”变革的关键时期,卷烟燃烧是一个极其复杂的物理化学过程,涉及高温热解、蒸馏、合成、自由基反应等多种机制。研究指出,吸食过程中,烟草在燃烧锥的最高温度可达约900℃,而扩散至烟支末端及口腔的烟气温度则迅速降至50-80℃。这种巨大的温度梯度和缺氧环境,使得烟草燃烧实质上处于一种典型的不完全燃烧状态。在此过程中,有机物发生裂解与重组,电子转移活跃,导致在烟气的气相和固相(焦油)中产生大量、种类繁多的自由基。方允中、郑荣梁^[1]等学者的系列研究证实,这些自由基是卷烟烟气中除尼古丁、焦油外另一类重要的有害物质,它们具有极高的化学反应活性,能够直接攻击生物体内的蛋白质、脂质及DNA,引发氧化应激,被认为是导致与吸烟相关的多种慢性疾病,如心血管疾病、癌症、肺疾病等的重要病理因素之一。此外,贺锡雯、邓海^[2]等人通过研究表面:烟气中还可能含有丙烯酰胺等亲神经毒性物质,其可通过呼吸道黏膜被吸收,干扰身体神经系统正常运转,从而影响身体正常的能量代谢与钙离子稳态,对人体构成潜在的健康威胁。

近年来,随着现代分离分析技术与药理学研究方法的飞速发展,竹类植物所蕴含的丰富生物活性物质及其多样的健康促进功能被不断揭示和验证。岳永德、操海群^[3]研究表明,竹子的主要活性成分因部位不同而有所侧重,但总体上构成一个多组分、多靶点的复杂体系:

1. 黄酮类化合物: 竹叶中富含的荭草苷、异荭草苷、牡荆苷等碳苷黄酮。张英、吴晓琴^[4]等人研究发现这类化合物

以其卓越的清除自由基能力和抗氧化活性著称,其效力可与经典的茶多酚、银杏黄酮相媲美。在卷烟应用中,竹叶黄酮可直接作为烟气中自由基的“清道夫”,通过电子转移或氢原子供体的方式,中和气相与焦油中的多种自由基,从而在源头减少吸入机体后的氧化损伤风险,实现生物化学层面的减害,这是许多合成香料所不具备的功能^[5]。

2. 酚酸类化合物: 竹叶中富含绿原酸、咖啡酸、阿魏酸等。酚酸类物质同样具备显著的抗氧化能力,且能与黄酮类成分产生协同增效作用,共同构建起竹子提取物强大的自由基清除网络。这为开发具有明确减害指向性的烟草添加剂提供了坚实的物质基础^[6]。

3. 多糖类成分: 陆志科、廖威^[7]通过研究表明竹叶和竹秆中含有丰富的葡萄糖、阿拉伯糖、半乳糖等单糖构成的多糖。糖类物质在卷烟应用中提升感官品质上有显著效果。在燃吸过程中,多糖或其热解产物可能参与烟气气溶胶的形成,增加其水分保持能力,从而提升烟气的湿润感和细腻度;同时,多糖降解产生的糠醛类等物质能贡献一定的甜香,有助于增强抽吸时的甜润感和满足感,缓解因焦油降低带来的“空虚感”。

4. 氨基酸与矿质元素: 竹子富含多种氨基酸及矿质元素(钾、钙、镁、硅、硒等)。其中,钾元素作为生物碱的成盐剂和燃烧调节剂,被认为可以改善烟草的燃烧性能,促进卷烟烟支的充分燃烧,可以在一定程度上减少因不完全燃烧所产生的有害物质。而竹子特有的清新、微甜的“竹沥”气息,源于其内含的多种挥发性及半挥发性成分,这种香韵能够与烟草本香有机融合,不仅起到保润效果,还能创造独特的“竹

香+烟香”复合风格,有效弥补降焦后可能出现的香气空洞,提升产品的层次感和辨识度。

1. 试验材料与方法

1.1 主要试验材料与仪器

试验材料:半干竹子(采自云南本地,品种为常见慈竹),75%乙醇(市售食品级),花玉溪(软)。

试验仪器:电热鼓风干燥箱(控温精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$);铡刀;植物原料粉碎机;电子分析天平(精度0.0001g);电子台秤(精度0.1g);圆底烧瓶(3000mL);集热式恒温加热磁力搅拌器(深圳市鼎鑫宜实验设备有限公司,型号DF-101T-10);200目过滤网;冷凝管;旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂,型号RE-5205A);循环水式真空泵(上海亚荣生化仪器厂,型号SHZ-III)。

1.2 竹子提取物的制备方法

1. 原料预处理:将采集的半干竹子用清水洗净表面浮尘,置于 60°C 鼓风干燥箱中低温烘干至恒重(约3小时),以去除部分水分并稳定原料状态。将烘干后的竹子用铡刀切成1-2cm的小段,随后使用植物粉碎机进行破碎备用。

2. 提取工艺优化实验设计:本研究采用单因素实验法,以提取物得率(转化比)为主要评价指标,考察提取时间和料液比两个关键工艺参数的影响。固定其他条件为:提取溶剂为浓度为75%的食品级乙醇,提取温度 80°C ,提取次数3次,第三次提取时间固定为120分钟,每次提取后合并滤液,用200目滤网过滤,自然沉降8小时,随后用200目滤网取上清液,最终以 50°C 浓缩至浸膏状。

提取时间单因素实验:固定料液比为1:10(g/mL),分别研究验证提取时间为120min、150min、180min时对得率的影响。每组实验称取160.0g竹末。

料液比单因素实验:在初步确定的最佳提取时间下,分别研究验证料液比为1:8、1:10、1:12(g/mL)时对得率的影响。每组实验称取160.0g竹粉。

3. 提取与浓缩:准确称取160.0g竹末置于圆底烧瓶中,按设定的料液比加入浓度为75%的食品级乙醇溶液。连接冷凝回流装置,置于集热式恒温磁力搅拌器上,加热至微沸并保持设定的提取时间。到达时间后,用200目过滤网进行过滤并收集滤液。滤渣重新加入相同体积的新溶剂,重复提取1次,第三次提取时间固定为120分钟(共3次)。合并3次提取滤液,用200目滤网过滤,自然沉降8小时,随后用200目滤网取上清液,使用旋转蒸发仪在 50°C 水浴温度下减压浓缩,除去大部分乙醇,得到密度约1.1600(g/mL)的浸膏。最终以 50°C 浓缩至浸膏状。

4. 卷烟加香应用与感官评价:将按最优工艺制备的竹子提取物,用75%乙醇溶解配制成分重1.0680 \pm 0.008,折光1.3595 \pm 0.008的溶液。用微量注射器将溶液均匀施加到空白卷烟(玉溪)烟丝上,添加量为0.01%、0.02%、0.05%,同时设置未添加的(玉溪)空白对照组。加香后的烟丝分别平衡2小时、12小时和24小时。组织5-8名经过专业培训的感官评吸人员,在相同环境下对样品进行单盲评吸。评价指标主要包括:香气质量、烟气浓度、劲头、杂气、刺激性、余味、甜润感及整体协调性进行比较分析(评分制)。

2. 结果与分析

2.1 不同提取时间对得率的影响

由表1可知,在固定料液比1:10和其他条件下,随着提取时间从120分钟延长至150分钟,竹子提取物的得率(转化比)从17.3%显著增加至19.1%。这表明在150分钟内,增加提取时间有利于溶剂更充分地渗透到原料内部,溶解和萃取出更多的有效成分。然而,当时间进一步延长至180分钟时,得率仅微增至19.3%,增长幅度已变得非常有限。这可能是由于在经历前期的快速溶出后,原料中易提取成分已基本被萃取出。从生产效率与能源成本角度考虑,继续延长提取时间经济性不佳。因此,将150分钟确定为相对较优的提取时间。

表1 不同提取时间对竹子提取物得率的影响

组别	原料重量(g)	温度($^{\circ}\text{C}$)	提取时间(min)	提取物产量(g)	转化比(%)
1	160.0	80	120	27.7	0.173
2	160.0	80	150	30.5	0.191
3	160.0	80	180	30.88	0.193

2.2 不同料液比对得率的影响

在确定提取时间为150分钟的前提下,验证不同料液比对最后产量的影响,由表2可知,当料液比从1:8增大到1:10时,提取物得率从17.6%明显提升至19.8%。溶剂用量的增加降低了提取体系的浓度梯度,有利于目标成分从原料内

部向溶剂中扩散,从而提高了提取效率。但当料液比继续增大至1:12时,得率仅小幅上升至20.3%,提升效果不明显。这意味着在1:10的料液比下,溶剂用量已基本能够满足有效成分的溶出需求。考虑到生产成本。因此,选择1:10的料液比作为较优工艺参数。

表2 不同料液比对竹子提取物得率的影响

组别	原料重量 (g)	温度 (°C)	溶剂体积 (mL)	料液比 (g/mL)	提取物产量 (g)	转化比 (%)
1	160.0	80	1280	1: 8	28.152	0.176
2	160.0	80	1600	1: 10	31.623	0.198
3	160.0	80	1920	1: 12	32.481	0.203

2.3 较优提取工艺的确定

综合以上单因素实验结果,在实验考察范围内,确定竹子乙醇回流提取的较优工艺条件为:提取溶剂浓度为75%食品级乙醇,料液比1:10(g/mL),提取温度80°C,提取时间150分钟,提取2次,第三次提取固定时间为120分钟。在此条件下,提取物平均得率约为19.8%,且时间与溶剂成本相对经济合理。

2.4 竹子提取物在卷烟中的应用初探

将按上述较优工艺制备的竹子提取物,以不同比例添加到卷烟烟丝中进行感官评吸。初步结果表明:

在0.01%-0.02%的添加量范围内,评吸员大部分认为,实验卷烟的烟气较空白对照组更为柔和细腻,刺激性有所降低。烟气入口后,能感知到隐约的清新甜润感,余味较为舒适,原有的干燥感得到改善。竹子的特征香韵与烟草本香能够较好协调,未产生令人不悦的杂气,整体协调性良好。

当添加量提升至0.05%时,部分评吸员认为竹子的青香、甜香特征过于突出,对部分卷烟原有的风格特征有一定掩盖,协调性有所下降。

综合来看,适量的竹子提取物(如0.02%左右)能够在一定程度上提升卷烟的抽吸品质,增强湿润感和甜润感,并赋予产品独特的风格印记,初步显示出其在卷烟“保香提质”与“特色化”方面的应用潜力。

3. 结论

1. 本研究通过单因素实验,优化了以75%乙醇为溶剂从竹子中提取活性成分的工艺。较优条件为:料液比1:10,80°C下回流提取150分钟,提取2次,第三次提取时间固定为120分钟。在此工艺下,提取物得率可达19.8%左右。

2. 将选择的较优工艺制备的竹子提取物应用于卷烟中,初步感官评价表明,适量添加(建议0.02%左右)能在不明显改变卷烟主体风格的前提下,有效提升烟气的柔和度、甜润感与湿润感,并带来清新的特征香韵,有助于改善降焦后卷烟的感官品质。

3. 竹子作为来源广泛、可持续再生的天然资源,其提取物在卷烟中兼具潜在的减害功能和积极的感官改善作用,符合烟草行业向“天然、草本、减害、低刺激”方向发展的需求,具有进一步研究和开发的价值。

4. 展望与建议

本研究初步证实了竹子提取物在卷烟中应用的技术可行性,但尚属探索阶段,未来工作可在以下方面深入开展:

1. 成分深度解析:采用HPLC、GC-MS、LC-MS等技术对所得竹子提取物进行系统的化学成分定性定量分析,明确其黄酮、酚酸、多糖等主要功效成分及致香成分的具体组成与含量,建立质量控制标准。

2. 减害功效验证:需通过体外实验和模拟吸烟机捕集烟气进行化学分析,客观定量评价竹子提取物对卷烟主流烟气中自由基、丙烯酰胺等特定有害成分的实际清除或降低效果。

3. 作用机制研究:深入研究竹子提取物及其主要单体成分在卷烟燃吸高温环境下的热行为、热解产物及其与烟气基质的相互作用机制,阐明其改善感官和减害作用的化学本质。

4. 应用技术优化:探索更高效、环保的提取与精制工艺;研究提取物在不同卷烟品类中的应用适配性及最佳添加方式。

5. 安全性评估:进行专业的毒理学安全性评价,确保其作为烟草添加剂使用的长期安全性,且符合国家对于烟草添加剂的标准。

通过系统研究,有望将竹子这一传统资源,转化为具有明确减害增益功能的现代化烟草添加剂,为开发低危害且兼顾口感的卷烟产品提供新的解决方法和实际案例。

[参考文献]

[1]方允中,郑荣梁.自由基生物学的理论与应用(M).北京:科学出版社.

[2]贺锡雯,邓海,何凤生,等.丙烯酰胺及其代谢产物神经毒理的研究[J].卫生毒理学杂志,1992.

[3]岳永德,操海群,汤锋.竹提取物的化学成分及其利用研究进展[J].安徽农业大学学报,2007.

[4]张英,吴晓琴,俞卓裕.竹叶和银杏叶总黄酮含量及其抗自由基活性的比较研究[J].中国中药杂志,2002,27(4):254-257.

[5]顾丽玲,姚曦,安容苗,等.竹叶提取物中7种黄酮成分含量测定及抗氧化分析[J].色谱,2024,42(10):972-978.

[6]贺锡雯,邓海,何凤生,等.丙烯酰胺及其代谢产物神经毒理的研究[J].卫生毒理学杂志,1992.

[7]陆志科,廖威.毛竹叶化学成分的初步测定[J].山西大学学报:自然科学版,2003,26(1):46-48.