

叶建斌,王璐,杨峰,等. 原烟发酵过程化学成分的变化规律[J]. 江苏农业科学,2019,47(20):212-217.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.20.050

原烟发酵过程化学成分的变化规律

叶建斌¹, 王璐¹, 杨峰², 张展³, 杨宗灿³, 刘向真³, 杨雪鹏¹, 王根发³

(1. 郑州轻工业学院食品与生物工程学院, 河南郑州 450001; 2. 河南卷烟工业烟草薄片有限公司, 河南许昌 461000;

3. 河南中烟工业有限责任公司技术中心, 河南郑州 450000)

摘要:为阐明打叶复烤工艺对烟叶自然发酵的影响,考察室温条件下原烟与片烟发酵过程中的化学成分变化规律差异。收集 6 个不同地区的初烤后原烟,同时对这 6 种烟叶进行模拟打叶复烤制成片烟,将原烟及片烟同时放置在室温下自然发酵 60 d,定期取样并检测常规化学成分(水溶性总糖、还原糖、淀粉、烟碱及总氮)含量。结果表明:随着发酵进行,原烟中淀粉、水溶性总糖含量均有所减少,还原糖含量稍有增加,总氮含量呈下降趋势;而片烟中淀粉、总糖及还原糖含量变化均不明显,但总氮含量略有下降;统计分析显示,原烟和片烟在发酵 60 d 后上述 4 种化学成分的变化量均存在差异性($0.01 < P < 0.05$)。发酵过程中,2 种烟叶的烟碱均有不同程度的降低,但变化差异较小。在 60 d 的自然发酵过程中,前 45 d 原烟化学成分含量变化较为剧烈,后 15 d 各化学成分含量渐趋于稳定。研究结果证实自然发酵过程中,原烟的内在化学成分含量变化较为剧烈,而片烟则无明显变化,因此复烤工艺是影响烟叶自然发酵的一个关键因素。

关键词:原烟;片烟;发酵;化学成分;变化规律;打叶复烤

中图分类号: S572.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)20-0212-06

烟叶发酵可有效改善烟叶品质^[1]。朱大恒等分析了烤烟发酵过程品质及香吃味的形成特点,强调了发酵过程烟叶内部化学成分转变是烟叶吸食品质形成的重要因素^[2]。因此,研究烟叶发酵过程中的化学成分变化规律对于控制烟叶内在品质具有重要的意义。目前,一般将烟叶发酵分为人工发酵和自然发酵。

收稿日期:2018-08-08

基金项目:河南中烟工业有限责任公司重点科技项目(编号:ZW2016003);河南省科技攻关项目(编号:172102410038);郑州轻工业学院博士基金(编号:BSJJ2014066)。

作者简介:叶建斌(1986—),男,福建莆田人,博士,讲师,主要从事烟草生物技术、烟草原料学研究。E-mail:happyel986@163.com。

通信作者:杨峰,硕士,工程师,主要从事烟草原料学、薄片工艺研究。E-mail:515839836@qq.com。

有部分研究探讨了人工发酵过程中烟叶内在化学成分含量的变化规律。闫金玉等研究了河南烤烟人工发酵过程的化学含量变化规律,结果表明,发酵过程中水溶性总糖、总氮、总植物碱、总挥发碱和石油醚提取物含量均有所减少,但总挥发酸含量则有所增加^[3]。李晓等通过添加蛋白酶、淀粉酶并控制温湿度,考察了人工发酵对烟叶蛋白质降解及还原糖含量变化的影响,证明了添加酶发酵烟叶的可行性^[4]。赵铭钦等通过添加烟叶发酵增质剂,可促进烟叶内部有机物质的分解及转化,有效改善了烟叶品质^[5]。

与人工发酵相比,自然发酵对于改善烟叶品质具有更好的效果^[2]。大量研究证实,烤烟在自然陈化(醇化)过程中,化学成分含量发生了不同程度的转变。郭俊成等研究了皖南烤烟陈化过程的理化性质含量变化规律,陈化过程烟叶总糖、烟碱、总氮含量都有不同程度的降低,陈化时间以不超过 3 年

- [8]王强. 荸荠贮藏保鲜的六种方法[J]. 农家顾问,2011(1):50.
[9]黄作喜,肖小君,张杨,等. 白茛假鳞茎的采收与贮藏保鲜技术[J]. 江苏农业科学,2014,42(10):276-277.
[10]周翠英,张宏路. 过冬莲藕巧贮藏[J]. 蔬菜,2011(2):40.
[11]朱丹实,刘仁斌,杜伟,等. 生姜成分差异及采收贮藏保鲜技术研究进展[J]. 食品工业科技,2015,36(17):375-378,383.
[12]王迪轩. 大葱简易保鲜贮藏方法[J]. 农村实用技术,2014(8):41.
[13]孙凯,刘娟,凌婉婷. 土壤微生物量测定方法及其利弊分析[J]. 土壤通报,2013,44(4):1010-1016.
[14]钱骅,杨曙光,陈斌,等. 减压和 1-MCP 处理对杨梅保鲜效果的影响[J]. 中国酿造,2016,35(12):163-167.
[15]何雨婷,郭艳明,张林玉,等. 低功率微波处理对香菇采后生理及品质的影响[J]. 食品工业科技,2016,37(10):338-341.
[16]胡小明,潘自红. 分光光度法测定药物制剂中抗坏血酸的含量[J]. 当代化工,2011,40(11):1208-1210.

- [17]邓丽莉,明建,田维娜,等. 乙醛熏蒸处理对鲜切荸荠品质变化的影响[J]. 食品科学,2010,31(2):233-236.
[18]颜梅新,廖旺姣,袁高庆,等. 广西荸荠贮藏期腐烂病原菌鉴定[J]. 广西农业科学,2009,40(7):840-843.
[19]井敏敏,田亚琴,邵远志. 拈抗菌 JS-8 对‘台农’芒果贮藏品质及保护酶活性的影响[J]. 食品与发酵工业,2017,43(1):168-173.
[20]张桂霞,王英超,石璐. 草莓果实成熟过程中 Vc 和可溶性固形物含量的变化[J]. 安徽农业科学,2011,39(12):6995-6996.
[21]Mendes R,Cardoso C,Pestana C. Measurement of malondialdehyde in fish: a comparison study between HPLC methods and the traditional spectrophotometric test[J]. Food Chemistry,2009,112(4):1038-1045.
[22]Liab L,Liab J,Sunab J,et al. Effect of 2-butanol on quality and physiological characteristics of longan fruit stored at ambient temperature[J]. Postharvest Biology and Technology,2015,101:96-102.

为宜^[6]。周碧波等研究了不同产地片烟醇化过程中化学成分含量的变化情况,结果表明,总糖含量有所下降,挥发酸含量呈逐步上升的趋势,部分产地烟碱含量有下降的趋势,同时证实这些烟碱可转化分解生成水溶性吡啶衍生物、氧化烟碱和烟酸^[7]。刘东洋对烤烟陈化过程中的生化指标进行详细研究,发现淀粉、可溶性蛋白、游离氨基酸、叶绿素含量均有所下降,石油醚提取物及类胡萝卜素含量呈先降后升的趋势^[8]。

2 种发酵的本质是相同的,都是在适宜的温湿度下利用烟叶表面或内部微生物及生化酶促进内含物的转化,从而改善烟叶品质,是一种烟叶的初加工方式^[1]。因此,控制合适的温湿度或存储条件,可以在醇化过程中间接实现烟叶的人工发酵。如宋纪真等研究了不同贮存条件对片烟醇化的影响,结果显示,在温度较高、相对湿度适宜的环境下贮存的片烟外观质量较好,更有利于片烟吸味品质的改善^[9]。邓宾玲等研究证明,片烟在温度和相对湿度适宜的环境下存放相应的时间后,香气质、香气量明显改善,杂气、刺激性明显减轻,余味、浓度适中^[10]。不同发酵条件下,烟叶内含物变化差异的主要原因是其表面或内部的生物活性有所不同^[11]。赵铭钦等研究了烤烟陈化期间的生物活性变化情况,证明微生物或酶的活性会随着陈化过程而有所降低,并认为烟叶叶面活性是烟叶自然发酵的“催化剂”^[12-13]。

然而,上述研究多集中在对打叶复烤后片烟自然陈化过程的研究,关于打叶复烤前原烟的自然发酵导致的化学成分含量变化规律未有相关的报道。刘东洋的研究证实,原烟表面微生物经打叶复烤后数量和种类均有所减少^[8]。笔者所在课题组在前期研究中也证实,一些降解大分子或产香相关的微生物在经过打叶复烤后明显减少,并影响后期的烟叶人工发酵过程^[14]。本研究收集不同地区的初烤后原烟,在不控制温湿度条件下,进一步考察原烟短期自然发酵过程的化学成分变化规律。结合实际生产过程,对原烟进行 60 d 发酵考察,并与复烤后的片烟进行平行对比,探索原烟内在化学物质随发酵时间点的变化而变化的情况。研究结果对于烟叶质量控制及开发烟叶发酵工艺具有一定的理论指导意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器

供试烟叶来自 6 个不同产地,分别为重庆 C3F、洛阳 C3F、云南 C3F、南阳 C3F、广西 C3F、贵州 C3F,全部为初烤后的原烟,试验前保存于 4 ℃ 冰箱内。

主要仪器:AA3-连续流动分析仪,购自德国布朗卢比公司;Agilent 7820A 气相色谱仪,购自美国 Agilent 公司;KL512J 数控恒温水浴锅,购自上海鸿经生物仪器制造有限公司;BSA2202S 千分位精确天平,购自赛多利斯(Sartorius)科学仪器(北京)有限公司。其他仪器参考 YC/T 159—2002《烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法》^[15]、YC/T 216—2007《烟草及烟草制品 淀粉的测定 连续流动法》^[16]、YC/T 161—2002《烟草及烟草制品 总氮的测定 连续流动法》^[17]、YC/T 246—2008《烟草及烟草制品烟碱的测定气相色谱法》^[18] 准备。

1.2 试验方法

1.2.1 取样方法

每种样品原烟平均分成 2 个部分:一部分

直接进入仓库储存(自然状态下的原烟);另一部分经过 70 ℃ 高温处理 15 min 后,采用模拟复烤方式去梗后打成片烟,然后进入仓库储存(打叶复烤后片烟)。

以放置时间作为起始发酵时间。从发酵后 0 d 开始,7、14、21、28、35、45、52、60 d 各取 1 次样,每次取样 2 kg 左右,将每次取得的样品放入冷库中存放,以保持取样时的状态,最后统一进行检测。

1.2.2 检测方法 烟样中的水溶性总糖和还原糖含量参照 YC/T 159—2002《烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法》^[15] 进行测定;烟样中的淀粉含量参照 YC/T 216—2007《烟草及烟草制品 淀粉的测定 连续流动法》^[16] 进行测定;烟样中的总氮含量参照 YC/T 161—2002《烟草及烟草制品 总氮的测定 连续流动法》^[17] 进行测定;烟样中的烟碱含量参照 YC/T 246—2008《烟草及烟草制品烟碱的测定气相色谱法》^[18] 进行测定。每个项目均重复检测 3 次,并计算平均值和标准差。

1.3 数据处理与分析

每个项目均重复检测 3 次,并采用 SPSS 19.0 软件计算平均值和标准差,对原烟及片烟的各化学成分含量的最终变化情况进行相应的显著性差异分析,计算 P 值, $P \geq 0.05$ 时认为无差异性, $P < 0.05$ 时认为差异显著, $P < 0.01$ 认为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 发酵过程中烟叶淀粉含量的变化

由图 1 可知,不同地区烟叶的淀粉含量有一定的差别,其中云南烟叶所含的淀粉含量最高,为 4.39% (原烟) 和 4.21% (片烟),广西所含的最低,为 2.55% (原烟) 和 2.35% (片烟)。同一地区烟叶中,原烟中所含的淀粉含量高于片烟,这可能与打叶复烤过程淀粉降解有一定的关联。杨波等的研究^[19] 也证明了这一点,淀粉含量的减少是由回潮和润叶的高温高湿环境使淀粉向糖类化合物的转化导致的。

在 60 d 的发酵过程中,6 个地区的原烟中淀粉含量均随着发酵的进行发生明显的下降,而复烤后的片烟则下降不明显。如云南原烟中淀粉含量从 4.39% (0 d) 降到 3.74% (60 d),而片烟中则从 4.21% (0 d) 降到 4.03% (60 d),两者的降解率存在统计学意义上的差异性($P = 0.02 < 0.05$),其他地区也呈现类似结果(图 1)。发酵过程中,原烟和片烟中淀粉降解率的差异,有可能是由于原烟表面的可以降解淀粉的微生物数量及种类多于片烟,或烟叶内部淀粉降解酶的活性高于片烟。进一步分析 6 个不同地区的原烟,发现在发酵 0~45 d 之间淀粉含量快速下降,而 45~60 d 下降较慢,如广西的原烟在前 45 d 淀粉含量由 2.55% 降到 2.09%,而 45 d 后则降解到了 2.01%。不同地区原烟中淀粉降解率有所不同,其中重庆为 24.91%,南阳为 23.59%,洛阳为 28.94%,广西为 21.18%,云南为 14.81%,贵州为 17.51%。

2.2 发酵过程中烟叶总糖含量的变化

由图 2 可知,同一地区烟叶中,片烟的总糖含量略高于原烟,但差异不显著(对 6 个地区烟叶分析显示均为 $P > 0.05$)。随着发酵的进行,片烟中总糖含量基本维持不变,但原烟则下降较为明显。不同地区原烟总糖含量均出现明显减少,如重

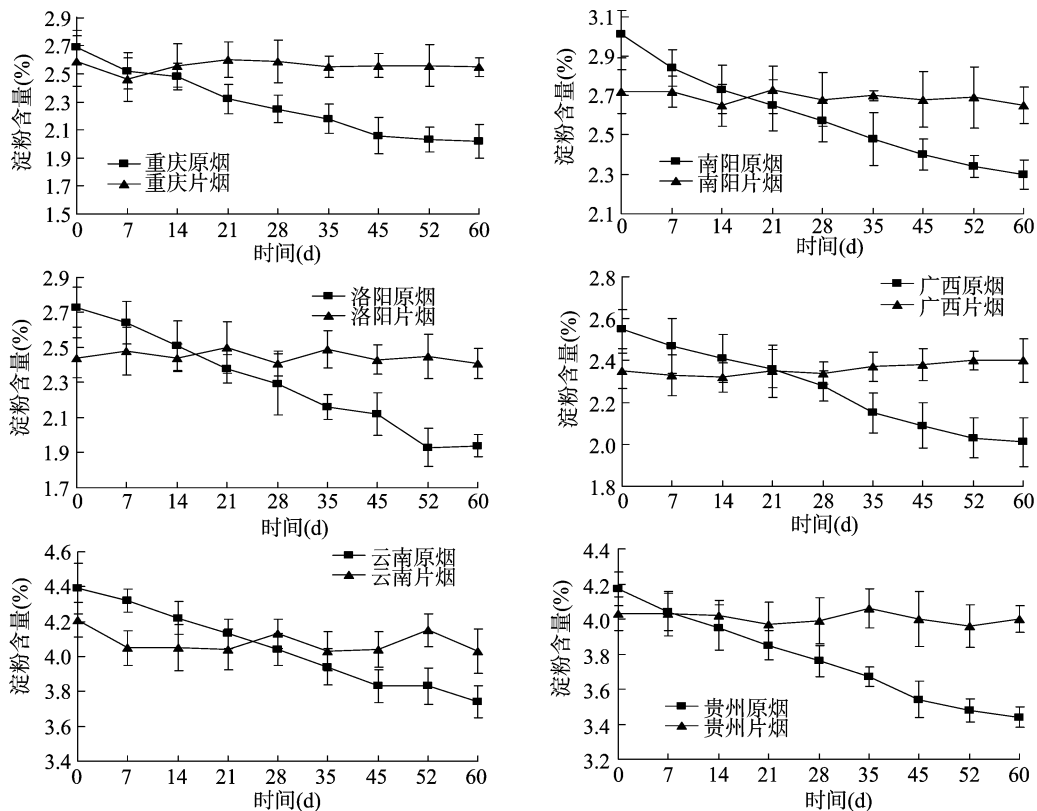


图1 发酵过程中烟叶淀粉含量在不同时间变化情况

庆减少 21.93%, 南阳减少 38.50%, 洛阳减少 29.21%, 广西减少 31.59%, 云南减少 20.01%, 贵州减少 22.62%。前期的研究显示, 原烟表面微生物比复烤后片烟丰富, 且数量要多^[14], 因此, 总糖含量的减少可能与微生物的代谢活性有一定的关系。在发酵过程中, 原烟总糖含量的下降主要发生在前 45 d, 如重庆原烟从起始的 17.65% 降到 13.82%, 而在 45 d 后基本维持稳定, 其他地区原烟表现出相同的发酵结果。

2.3 发酵过程中烟叶还原糖含量的变化

由图 3 可知, 发酵起始阶段, 原烟中的还原糖含量要低于片烟。有文献报道, 打叶复烤可以使部分大分子多糖降解为小分子还原糖, 从而引起还原糖含量的增加, 如淀粉降解导致的还原糖含量增加^[20]。在 60 d 的发酵过程中, 原烟中的还原糖含量均表现出少量增加, 如重庆原烟还原糖含量增加 13.61%, 南阳增加 13.76%, 洛阳增加 13.35%, 广西增加 12.36%, 云南增加 14.52%, 贵州增加 12.88%。在烟叶发酵过程中, 还原糖的变化有两面性, 部分还原糖可能还会被微生物消耗掉, 因此其增加量有限。原烟在发酵 60 d 的过程中, 还原糖的有限增加证明了其降解大分子生成的还原糖量要稍高于其消耗的量。相反, 片烟中还原糖含量则较为稳定, 发酵 60 d 的过程中基本维持不变。已有文献报道显示, 片烟醇化半年后, 还原糖含量有一定的减少^[21]。郝廷亮等的研究表明, 随着片烟自然陈化时间延长, 总糖、还原糖、烟碱和总氮含量都是逐步降低的^[22]。在本研究中, 片烟中还原糖含量维持稳定与发酵时间短有一定的关系。

2.4 发酵过程中烟叶烟碱含量的变化

烟碱含量是决定烟叶品质的重要化学成分之一, 本研究

对发酵过程的烟碱变化情况进行了分析。图 4 显示, 在初始阶段, 6 个不同地区的原烟烟碱量均高于片烟, 差异量在 1%~6% 之间。由于打叶复烤过程工艺需要高温高湿条件^[19], 因此可能会造成部分游离烟碱的散失, 这也是导致烟叶烟碱含量经打叶复烤后显著下降的主要因素之一, 这与袁逢春等的研究结果“打叶复烤后烟叶总糖含量、糖氮比及糖碱比升高, 总氮、烟碱和钾含量降低”相似^[20]。随着发酵的进行, 原烟和片烟中烟碱均缓慢下降, 且下降趋势一致 (图 4)。片烟和原烟的烟碱降解率差异较小 (统计分析显示, 6 种不同地区烟叶间原烟与片烟降解率差异 P 值均 >0.05 , 即 $P_{\text{重庆}}=0.43$, $P_{\text{南阳}}=0.27$, $P_{\text{洛阳}}=0.37$, $P_{\text{广西}}=0.28$, $P_{\text{云南}}=0.19$, $P_{\text{贵州}}=0.48$)。发酵过程中烟碱含量的减少可能与部分烟碱降解菌有关, 也与部分游离烟碱挥发相关。

2.5 发酵过程中烟叶总氮含量的变化

由图 5 可知, 不同地区烟叶发酵过程中, 原烟总氮含量降低趋势明显, 而片烟中总氮含量稍有下降, 其下降主要表现在前 30 d 左右。经 60 d 的发酵后, 不同地区的原烟总氮降解率存在一定的差异, 重庆为 26.01%, 南阳为 20.83%, 洛阳为 26.58%, 广西为 20.97%, 云南为 20.31%, 贵州为 17.30%。不同地区片烟总氮降解率则差异较小: 重庆为 6.75%, 南阳为 6.90%, 洛阳为 10.27%, 广西为 5.68%, 云南为 7.57%, 贵州为 7.01%。烟叶中氮类化合物主要包括蛋白质、烟碱及氨基酸。游离烟碱的挥发可能是导致总氮减少的主要原因之一。原烟比片烟总氮减少更多的原因可能是部分蛋白质降解, 或氨基酸类化合物被微生物内源消耗后成为游离的挥发性氮化合物。在发酵过程中, 原烟总氮含量的变化同样表现出“前 45 d 较快, 后 15 d 速度减缓”的趋势。

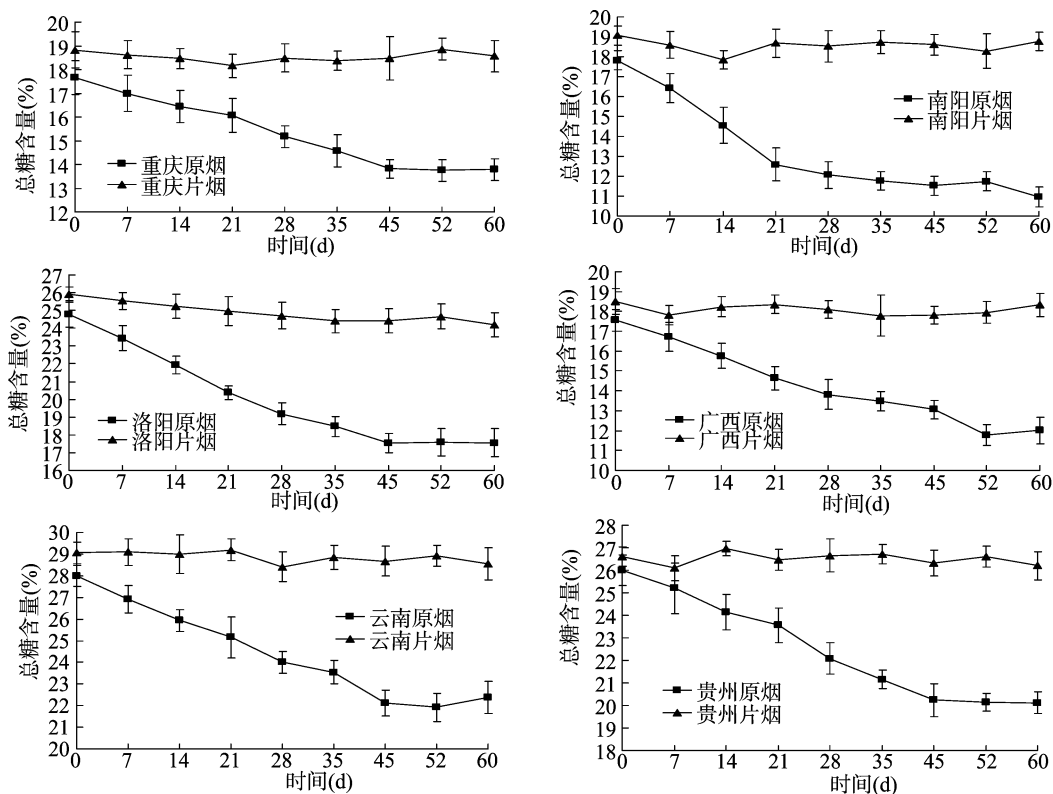


图2 发酵过程中烟叶总糖含量在不同时间变化情况

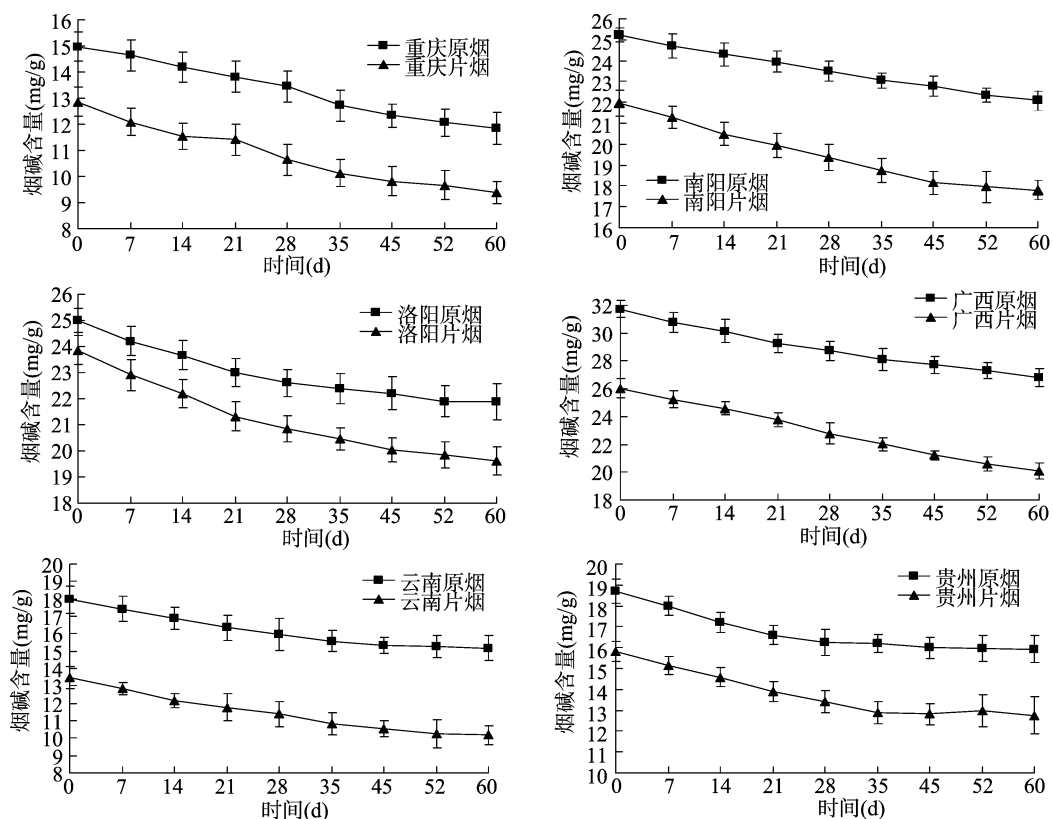


图3 发酵过程中烟叶烟碱含量在不同时间变化情况

3 结论与讨论

在前期的研究中,原烟表面微生物经打叶复烤后发生明

显变化,且会影响烟叶人工发酵过程^[14]。经过1个月的恒温恒湿发酵后,原烟中的淀粉、蛋白质、总氮等含量明显减少,还原糖含量增加,烟碱含量也有一定的减少。由于在实际生产

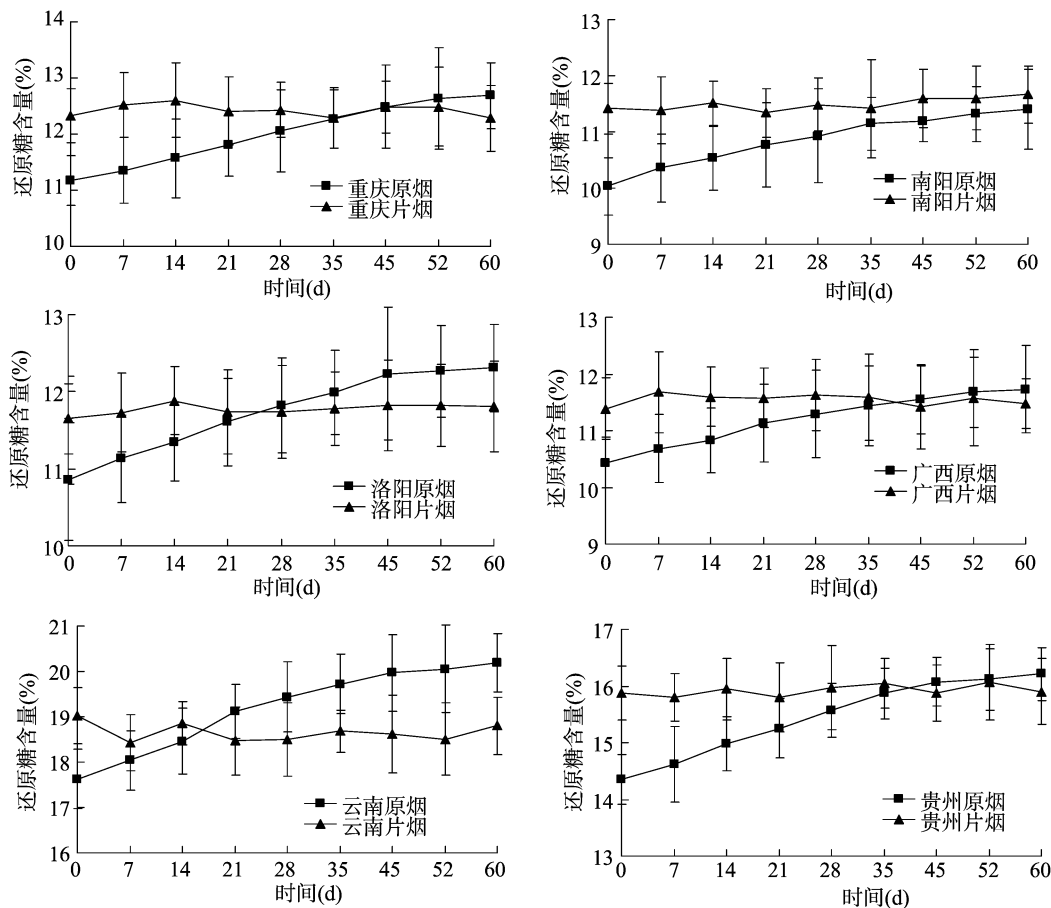


图4 发酵过程烟叶还原糖含量在不同时间变化情况

中,原烟存放一般在自然状态下放置,并直接由复烤厂进行打叶复烤,此过程中烟叶化学成分含量变化规律尚未有相关研究。因此,本研究对6个地区的原烟与其模拟打叶复烤后的片烟进行自然发酵对比,以进一步分析打叶复烤工艺对烟叶化学质量的影响,同时进一步验证原烟表面微生物可以通过发酵对烟叶内在质量产生影响。

本研究结果显示,自然发酵过程中原烟的化学成分含量的变化比片烟要剧烈,如淀粉、水溶性总糖含量均有明显减少,但片烟中则无明显变化。另外,6个地区的原烟中蛋白质、总氮含量均呈下降趋势,而片烟中总氮含量虽略有下降,但趋势不明显。值得注意的是,在发酵过程中,2种烟叶的烟碱含量均有不同程度地降低,但变化差异较小,这证明烟叶在自然发酵过程中,烟碱主要与环境有关,游离烟碱的挥发是导致其降解的主要原因。原烟在60 d的自然发酵过程中,前45 d化学成分含量变化较为剧烈,后15 d各化学成分含量渐趋于稳定,这可能与原烟表面微生物在自然发酵过程中逐渐趋于稳定或进入休眠状态有一定的关联,与之前的研究^[12]有类似的结论。本研究结果证实复烤工艺是影响烟叶自然发酵的一个关键因素。

参考文献:

- [1] 彭玉富,杨铁钊,刘茂林,等. 加速烟叶发酵的技术方法[J]. 河北农业科学,2009,13(2):62-64,66.
- [2] 朱大恒,韩锦峰,李彩霞,等. 烤烟发酵过程中品质及香吃味的形

- 成[J]. 河南农业学报,1997(3):5-8.
- [3] 闫克玉,屈剑波,吴殿信,等. 烤烟在人工发酵过程中主要化学成分变化规律的研究[J]. 烟草科技,1998(4):5-7.
- [4] 李 晓,刘凤珠,姚光明,等. 酶解法改善烟叶吸味品质的试验[J]. 烟草科技,2002(3):14-17.
- [5] 赵铭钦,齐伟城,邱立友,等. 烟草发酵增质剂对烤烟发酵质量的影响[J]. 河南农业科学,1998(12):7-9.
- [6] 郭俊成,程晓蕾,肖厚荣,等. 皖南烤烟陈化研究[J]. 中国烟草,1996(2):16-17.
- [7] 周碧波,张相辉,帖金鑫,等. 醇化过程中不同烟叶产区的烤烟配方模块化学成分变化研究[J]. 农产品加工,2015(10):8-10,14.
- [8] 刘东洋. 烤烟在陈化过程中的生物化学变化及影响因素的研究[D]. 郑州:河南农业大学,2003.
- [9] 宋纪真,张增基,陈永龙,等. 贮存条件对烤烟片烟醇化质量的影响[J]. 烟草科技,2003(9):6-8.
- [10] 邓宾玲,奚家勤,韦建玉,等. 不同贮存模式对复烤片烟醇化质量的影响[C]//广西烟草学会. 广西烟草学会2012年学术年会论文集,2012:13.
- [11] 朱大恒,陈 锐,陈再根,等. 烤烟自然醇化与人工发酵过程中微生物变化及其与酶活性关系的研究[J]. 中国烟草学报,2001,7(2):26-30.
- [12] 赵铭钦,邱立友,张维群,等. 陈化期间烤烟叶片中生物活性变化的研究[J]. 华中农业大学学报,2000,19(6):537-542.
- [13] 赵铭钦. 烤烟陈化的生理生化机制与叶面优势微生物的分离筛选及增香效应[D]. 郑州:河南农业大学,2009.

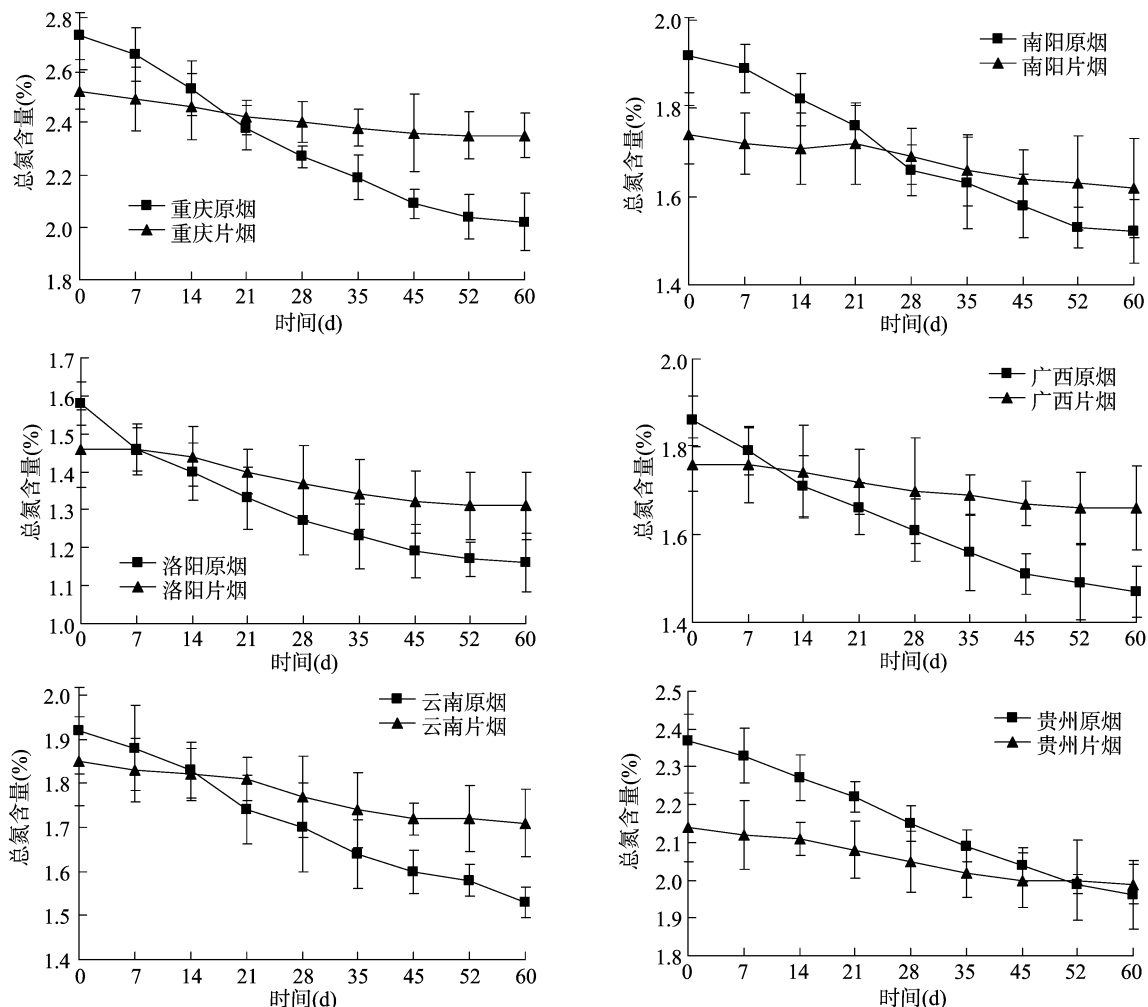


图5 发酵过程中烟叶总氮含量在不同时间变化情况

- [14] 叶建斌, 闫 记, 刘向真, 等. 原烟复烤前后细菌种群变化研究[J]. 河南农业科学, 2017, 46(1): 154-159.
- [15] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法: YC/T 159—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [16] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 淀粉的测定 连续流动法: YC/T 216—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [17] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 总氮的测定 连续流动法: YC/T 161—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [18] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 烟碱的测定 气相色谱

法: YC/T 246—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

- [19] 杨 波, 卢幼祥, 杨继福, 等. 打叶复烤主要工序对烟叶品质的影响[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2014, 26(3): 90-94.
- [20] 袁逢春, 龙明海, 何邦华, 等. 打叶复烤过程烟叶内在品质的变化研究[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(1): 158-160.
- [21] 范坚强, 宋纪真, 陈万年, 等. 醇化过程中烤烟片烟化学成分的变化[J]. 烟草科技, 2003(8): 19-22.
- [22] 郝廷亮, 厉昌坤, 田昊庭, 等. 烤烟复烤片烟在济南自然陈化期间化学成分含量变化[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(3): 35-38.

(上接第 208 页)

- [6] 中华全国供销合作总社. 茶 咖啡碱测定: GB/T 8312—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [7] 张正竹. 茶叶生物化学实验教程[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 44-45.
- [8] 彭昌亚, 李永飞, 任 枫, 等. 不同溶剂对绿茶中叶绿素的萃取效果[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(6): 1117, 1254.
- [9] 颜少宾, 张好艳, 马瑞娟, 等. 桃果实类胡萝卜素测定方法的研究[J]. 果树学报, 2012, 29(6): 1127-1133.
- [10] 赵 艳, 杨青松, 屈 睿, 等. 红雪茶类胡萝卜素提取液稳定性研究[J]. 南方农业学报, 2013, 44(5): 828-832.
- [11] 何书美, 刘敬兰. 茶叶中总黄酮含量测定方法的研究[J]. 分析

化学, 2007, 35(9): 1365-1368.

- [12] 冀宪领, 盖英萍, 张华东. 茶用桑叶品质的研究[J]. 蚕桑通报, 2002, 33(1): 8-10.
- [13] 施兆鹏. 茶叶审评与检验[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [14] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [15] 郭桂义, 王广铭. 我国茶叶产品国家标准理化指标分析[J]. 中国茶叶加工, 2014(3): 45-52.
- [16] 郭桂义, 胡 强, 刘 黎, 等. 信阳毛尖茶春季不同时期化学成分与品质的变化[J]. 河南农业科学, 2007, 36(12): 48-50.
- [17] 陈宗懋, 甄永苏. 茶叶的保健功能[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [18] 谭和平, 叶善蓉, 陈 丽, 等. 茶叶中糖类物质分析方法综述[J]. 中国测试技术, 2007, 33(5): 1-4.