

雪茄烟专栏

张倩颖, 罗诚, 李东亮, 等. 雪茄烟叶调制及发酵技术研究进展 [J]. 中国烟草学报, 2020, 26 (4). ZHANG Qianying, LUO Cheng, LI Dongliang, et al. Research progress in curing and fermentation technology for cigar tobacco leaf production [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2020, 26 (4). doi: 10.16472/j.chinatobacco.2019.339

雪茄烟叶调制及发酵技术研究进展

张倩颖, 罗诚, 李东亮, 蔡文

四川中烟工业有限责任公司技术中心/中式雪茄发酵重点实验室, 四川省成都市锦江区成龙大道一段56号 610000

摘 要: 调制和发酵是决定雪茄烟叶质量和制成品品质的重要生产环节。与烤烟相比, 雪茄烟叶的调制过程更为温和, 微生物对雪茄烟叶最终品质的形成具有更为重要的作用。本文综述了雪茄烟叶调制及发酵研究进展, 认为应当利用基因组学、代谢组学等技术深入研究微生物在雪茄烟叶调制和发酵中的作用。

关键词: 雪茄烟叶; 雪茄; 调制; 发酵; 微生物

雪茄烟的传统概念是指全部用雪茄烟叶卷制而成的烟制品, 具有香气浓郁、吸味丰满、劲头大、烟气为碱性、焦油与烟碱比值小等特点, 卷制雪茄的烟叶由外到内分为茄衣、茄套和茄芯^[1]。雪茄烟叶的调制是烟叶脱水干燥和内部生物化学变化过程的统一, 雪茄烟叶的发酵普遍认为是化学作用、微生物作用和酶作用的有机结合^[2-4]。雪茄从烟叶原料调制到烟支成品醇化养护的整个生产过程中都存在微生物活动, 微生物对改善雪茄烟叶品质具有十分重要的作用^[5]。本文综述了雪茄烟叶调制及发酵研究进展, 以期对国产雪茄产业发展提供参考。

1 雪茄烟叶调制

雪茄烟叶调制是指采收后的雪茄烟叶在自然或人为控温、控湿、通风等条件下, 逐渐干燥, 烟叶化学组分逐渐发生变化的过程, 是雪茄烟叶外观质量及内在品质形成的重要过程。从生理学角度讲, 调制主要是一种饥饿代谢过程, 是烟叶脱水干燥和内部化学物质变化相互协调的过程^[6]。根据雪茄烟叶状态, 整个调制过程可细分为萎蔫期、变色期、

定色期和干筋期等不同阶段, 变色期是雪茄茄衣品质形成的关键阶段。在变色期, 淀粉酶、多酚氧化酶和内肽酶活性达到最大, 烟碱和多酚含量达到最高, 碳水化合物含量明显降低。在整个调制过程中, 叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素、总氮、蛋白质、烟碱和绿原酸等物质含量降低, 游离氨基酸、磷、钙、镁和钾等含量逐渐升高, 芸香苷和茛菪亭等特征香气物质含量以及脂氧合酶、苯丙氨酸解氨酶、多酚氧化酶和过氧化物酶等酶的活性均呈现先增加后降低的趋势^[7-9]。

雪茄烟叶调制工艺根据烟叶品种、烟叶部位、烟叶用途、外部环境等不同而存在很大差异。调制结果的优劣, 主要取决于烟叶成熟度、自然气候条件、调制设备和技术^[1]。根据国外经验, 晾制法更适宜于雪茄烟叶调制。晾制能够使烟叶处于生命状态而不发生腐烂, 同时, 能够防止烟叶受到雨水和阳光的影响。茄芯烟叶调制一般在简易晾棚中进行, 而茄衣调制则需要封闭晾房中进行^[10]。通过加热和通风, 控制晾棚或晾房的温度和湿度, 以实现在调制的不同阶段对温度和湿度的精确控制^[10-14]。

基金项目: 四川省科技计划项目“‘宽窄’润甜香品类生物产香关键技术研究”(No.2019YJ0264); 四川中烟中式雪茄“醇甜香”品类构建重大专项“中式雪茄‘醇甜香’品类发酵关键技术研究”(No.ctx201905)

作者简介: 张倩颖(1988—), 博士, 主要从事烟草微生物研究, Tel: 028-86005976, Email: QianyingZhang@163.com

通讯作者: 李东亮(1973—), Tel: 028-86005602, Email: 360188228@qq.com

收稿日期: 2019-10-15; **网络出版日期:** 2020-03-24

早期,我国多采用白肋烟和晒红烟作为雪茄茄衣原料^[15],调制方法大多采用晒制法(实质是半晒半晾),少数采用晾制法^[16]。四川什邡传统调制方法为绳晒法,该方法不控制温度和湿度,调制后烟叶的质量好坏受环境影响较大,容易出现颜色深浅不均、组织结构粗糙、叶片较厚、弹性较差等不利情况^[16]。

随着国外名优雪茄烟叶的引进、选育和栽培,国内雪茄烟叶种植地区如浙江、海南、四川和湖北等已建起雪茄烟叶晾房,开始采用控温、控湿的晾制法对雪茄烟叶进行调制^[12, 17]。在四川什邡,长城雪茄厂技术人员采用香木熏制的方法对烟叶调制进行探索。调制后的茄衣颜色接近深棕色且颜色均匀,烟叶较薄、油分足、弹性好、叶脉细而平整,总植物碱、总氮和氯含量均降低,钾含量、钾氯比和氮碱比略升高,燃烧性提高;在感官方面,香气质提升,烟气浓度和刺激性降低,烟气更细腻,整体醇和度较好,有令人愉悦的嗅香^[18]。

雪茄烟叶在采收后的调制过程中,烟叶内部和表面存在大量的微生物,目前,尚无针对雪茄调制微生物

物和内生菌动态变化的研究报道。以感官为导向,在控制雪茄烟叶调制过程温度和湿度的同时,研究调制过程雪茄烟叶微生物群落结构及酶活性变化,探明微生物在雪茄调制中的作用,可能对调制工艺参数的优化及调制后雪茄烟叶原料品质的提升具有重要作用,将为烟叶进入下一道工序打好基础。

2 雪茄烟叶发酵

雪茄烟叶发酵是调制过程的自然延续。发酵后的雪茄烟叶,颜色变深,青杂气降低,烟香显露,刺激性、苦、涩等不良感官影响降低,吃味趋于和顺,燃烧性显著改善,烟灰白度提高,阴燃持火时间延长,烟叶含水量稳定性增强,烟叶弹性增强,对抗霉菌感染的能力增强^[7]。

2.1 雪茄发酵机理研究

自1891年Suchsland^[19]提出烟草醇化微生物理论以来,国内外已有基于传统分离培养方法^[20-23]和免培养分子生物技术^[24, 25]对雪茄烟叶微生物群落结构的研究(详见表1)。不同产地雪茄烟叶表面微生物

表1 雪茄烟叶微生物群落结构研究

Tab. 1 Microbial community structure and dynamics of cigar leaves

研究方法	雪茄烟叶种类	主要结论	参考文献
稀释涂布平板	美国/巴西/多米尼加/中国雪茄茄衣	不同地区雪茄茄衣烟叶表面细菌种类存在差异;芽孢杆菌属(<i>Bacillus</i>)为优势细菌,其次为葡萄球菌(<i>Staphylococcus</i>);芽孢杆菌属酶活更全面,不同菌株间酶活差异较大	[20]
稀释涂布平板	海南雪茄茄衣	巨大芽孢杆菌(<i>B. megaterium</i>)和枯草芽孢杆菌(<i>B. subtilis</i>)为优势细菌菌种;随着发酵进行,微生物数量逐步减少,发酵结束时微生物总量较初始时下降了90%	[21]
稀释涂布平板	四川什邡 GH-I 雪茄烟叶	叶面带菌量为 10^5 - 10^7 CFU/g,细菌为绝对优势微生物,烟叶微生物数量从上部到下部依次减少;堆积发酵后,烟叶表面微生物数量急剧减少,但不同部位烟叶无显著差异;烟叶发酵过程中芽孢杆菌属和青霉菌属(<i>Penicillium</i>)分别为细菌和真菌的优势菌属。	[22]
稀释涂布平板	海南建恒二号雪茄茄衣	优势菌群为细菌,霉菌所占比例很小,没有检测出放线菌和酵母菌;所有细菌均为芽孢杆菌,数量由高到低依次为:巨大芽孢杆菌>枯草芽孢杆菌>蜡状芽孢杆菌(<i>B. cereus</i>)>环状芽孢杆菌(<i>B. circulans</i>)>蕈状芽孢杆菌(<i>B. mycoides</i>)>嗜热脂肪芽孢杆菌(<i>B. stearothermophilus</i>)>短小芽孢杆菌(<i>B. pumilus</i>)>凝结芽孢杆菌(<i>B. coagulans</i>);各菌种数量在发酵的前24天内显著降低	[23]
聚合酶链式反应与变性梯度凝胶电泳(PCR-DGGE)	意大利托斯卡诺雪茄烟叶	在发酵期内微生物群落结构和组成变化明显,发酵初期汉逊德巴利酵母(<i>Debaryomyces hansenii</i>)、 <i>Jeotgalicoccus</i> 、葡萄球菌属、气球菌属(<i>Aerococcus</i>)、乳杆菌属(<i>Lactobacillus</i>)和魏斯氏菌属(<i>Weissella</i>)为优势菌;随着发酵进行,烟叶温度和pH升高,低G+C含量的芽孢杆菌成为优势菌属;pH进一步升高促进包括棒状杆菌(<i>Corynebacterium</i>)和阎氏菌属(<i>Yania</i>)在内的耐盐菌和碱性放线菌生长	[24]
Illumina MiSeq 测序	墨西哥雪茄茄衣	主要菌属为棒状杆菌属(<i>Corynebacterium</i>)、葡萄球菌属、不动杆菌属(<i>Acinetobacter</i>)、假单胞菌属(<i>Pseudomonas</i>)、芽孢杆菌属等;细菌群落结构随发酵进程而变化,发酵前期优势菌属为棒状杆菌属(44.64%)和假单胞菌属(40.88%),发酵后期的优势菌属为葡萄球菌属(72.78%)	[25]

物的种类不同,随着发酵进行可培养微生物的数量逐渐降低。但是,环境中 99% 以上的微生物是不可培养或难培养的^[26],采用传统分离培养方法研究雪茄烟叶微生物群落结构具有一定局限性。采用分离培养法对雪茄烟叶微生物进行研究时,出现频率较高的微生物为芽孢杆菌属和葡萄球菌属的细菌,部分烟叶检出青霉菌属真菌^[20-23]。当采用免培养方法对烟叶微生物进行研究时,发现烟叶微生物种类丰富,不仅含有传统分离培养方法检出的细菌,还含有汉逊德巴利酵母属、*Jeotgalicoccus*、乳酸菌属、魏斯氏菌属、棒状杆菌属、阎氏菌属、假单胞菌属和不动杆菌属等真菌和细菌^[24,25]。免培养技术与传统分离培养方法相比,能够更全面、更客观揭示雪茄烟叶微生物群落结构特征^[27]。应用免培养技术对雪茄烟叶微生物群落结构的研究,对揭示雪茄烟叶微生物起到了极大推动作用。

2.2 雪茄发酵工艺研究

雪茄烟叶发酵的基本方法主要为堆积发酵和装箱发酵,介质发酵是在烟叶中添加水以外的其他发酵介质后采用堆积、装箱等方式进行发酵的方法。应当根据烟草品种、调制后烟叶状态、烟叶用途和生产环境条件不同,选择对应的发酵工艺。如堆积发酵适用于茄衣、茄套和茄芯,装箱发酵适用于适用于茄芯和茄套,介质发酵(糊米、红米、冬青胶、酒酿汁、枣子汁、可可粉、白糖、柠檬酸、饴糖等介质)适用于茄芯^[6,7]。近年来,四川中烟长城雪茄烟厂创新性采用桶式发酵法对雪茄烟叶进行发酵处理,发酵后的雪茄

烟叶烟碱含量明显降低,刺激性和苦味降低^[28]。湖北省恩施州烟草公司来凤县烟叶分公司采用热蒸汽加湿—散叶堆积发酵法处理雪茄烟叶,使发酵时间缩短,发酵后的烟叶质量和颜色均匀性明显提升,烟叶评吸满意度提高,香气质与香气量进一步显露,青杂气和刺激性下降,提升雪茄烟叶的风格特征^[29]。

改进发酵工艺,采用更合理的堆积方法、发酵湿度和发酵温度等发酵烟叶,能够提升发酵烟叶品质。宋世旭等^[30]将雪茄烟叶水分增加至 40%、改变烟叶排列堆积方式并根据堆温进行及时翻堆,提高了堆积发酵雪茄烟叶工业可用性。王洁^[17]研究表明实验室条件下,发酵湿度 75% 时,最有利于烟叶化学成分的协调和物理特性的提高;而发酵湿度 85% 时,最有利于香气物质的转化合成,但烟叶中糖类化学物质过度降解,烟叶的刺激性增大,易发生霉变。乔保明等^[31]研究表明实验室条件下,茄芯烟叶发酵温度 55℃ 时,外观质量较为理想,发酵后的茄芯烟叶评吸质量评价较高;发酵温度达 60℃ 时,茄芯烟叶化学成分协调性较好。

向往发酵雪茄烟叶喷洒微生物菌株、含有菌株和活性酶系的菌剂或其他发酵介质,也对雪茄烟叶发酵具有促进作用,能够提升发酵烟叶的品质(详见表 2)。研究中的大多数都是针对堆积发酵进行^[32-35,38],添加菌株和酶制剂主要表现作用为降低烟叶总氮、蛋白质、总植物碱等物质,改善烟气劲头和刺激性,提高香气质和香气量,以达到最终提升烟叶品质和产品质量的目的。

表 2 雪茄烟叶添加菌剂 / 酶制剂发酵研究

Tab. 2 Studies on the fermentation of cigar tobacco with bacterium / enzyme preparation

菌剂 / 酶制剂	发酵方式	发酵效果	参考文献
蜡样芽孢杆菌 x-2	堆积发酵	发酵后烟叶总氮、蛋白质、总植物碱和挥发碱降低,烟叶劲头、刺激性均得到改善,杂气减轻,香气增加。	[32]
烟叶源细菌	堆积发酵	总植物碱和挥发碱含量降低,发酵后烟叶浓度、劲头、刺激等明显改善	[33]
芽孢杆菌	堆积发酵	发酵后的烟叶蛋白质含量降低,感官质量提高,发酵时间缩短	[34]
短小芽孢杆菌 SMXP-03	堆积发酵	发酵后雪茄烟叶香气质提升,香气量增加,产品舒适度和品质提高	[35]
蛋白酶	恒温恒湿箱	蛋白质含量降低、苦涩味减少、香甜感增加、刺激性降低、杂味大幅去除、余味得到改善	[36], [37]
生物酶	地窖堆积发酵	发酵得到的发酵烟叶香气提升	[38]
α -淀粉酶 / 纤维素酶 / 果胶酶 / 风味蛋白酶 / 过氧化物酶	未注明	发酵烟叶香柔顺喉,产品舒适性及品质提高	[39]

虽然,目前有部分关于雪茄发酵过程微生物群落结构变化、发酵工艺参数优化、有益菌株及活性酶在雪茄烟叶发酵上应用研究的报道,但是,雪茄发酵微生物群落结构随雪茄发酵方式及烟叶原料来源不同而存在差异,微生物在雪茄发酵中的作用仍不清楚。

3 展望

目前,国内雪茄烟叶调制和发酵技术参数及方法主要停留在传统经验和习惯总结上,或作为重要技术秘而不宣。虽然有关于雪茄烟叶调制过程烟叶理化性质变化、调制工艺以及发酵微生物菌群、烟叶色泽与水分、雪茄风味物质及发酵工艺等方面的研究报道,但是研究报道内容较单一,不能够系统解析雪茄生产过程中微生物与其他各种参数之间的相互关系。同时,由于优质雪茄对茄衣质量要求较高(需同时具有较好的外观和较好的吃味),所需烟叶原料和配套生产技术要求较为苛刻,导致茄衣价格相对于茄芯和茄套更加昂贵。因此,针对雪茄调制和发酵方面的研究,主要以雪茄茄衣为主。

微生物作用贯穿雪茄生产的全过程,对雪茄生产具有重要影响,开展对雪茄烟叶微生物研究显得尤为重要。虽然基于微生物DNA的高通量测序技术能够免去传统分离培养法的繁琐,使研究人员更全面地了解发酵烟叶微生物群落及动态变化。但是,基于DNA的高通量测序技术仅能提供微生物群落结构多样性和组成谱相关信息,缺乏微生物活性表达谱信息。目前,在雪茄烟叶调制过程中,对微生物的关注较少,尚无调制烟叶微生态相关研究报道。在“后基因组”时代,包括基因组学、转录组学、蛋白组学和代谢组学等在内的各种“组学”技术的应用能够为研究者提供大量微生物生长和代谢信息^[40]。宏基因组技术、宏转录组技术、蛋白组和代谢组等技术已经被用来分析烟草植株转录、蛋白及代谢情况等^[41-44]。未来,将各种“组学”技术应用于雪茄调制和发酵研究,将能够更系统更深入更全面分析雪茄微生物基因转录、信号传导、蛋白表达及代谢响应等,探明微生物在雪茄调制和发酵中的作用,掌握不同调制方式和发酵作用下雪茄烟叶微生物群落演替与活性变化规律,揭示雪茄调制及发酵过程中微生态、烟叶理化与感官特性之间的关系,阐明功能菌株及功能酶系的作用,为功能菌株和酶系的获得及应用奠定良好基础;掌握调制及发酵过程关键控制条件,找出具有中国特色的代表性雪茄调制及发酵支撑技术,控制调制和发酵进程,实

现人工控制下雪茄烟叶定向调制及发酵,使工艺创新与技术探索相辅相成,实现雪茄烟叶调制和发酵工艺的可重复、可感知,不仅能提高我国雪茄烟叶质量、提升中式雪茄品质,而且对促进我国雪茄烟产业的发展具有重要意义。

参考文献

- [1] 闫克玉,赵铭钦.烟草原料学[M].北京:科学出版社,2008.
YAN Keyu, ZHAO Mingqin. Tobacco material science[M]. Beijing: Science Press, 2008.
- [2] 云南省烟草科学研究所.烟草微生物学[M].北京:科学出版社,2008.
Yunnan Academy of Tobacco Science. Tobacco Microbiology[M]. Beijing: Science Press, 2008.
- [3] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003.
WANG Ruixin. Tobacco Chemistry[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003.
- [4] 于建军,宫长荣.烟草原料初加工[M].北京:中国农业出版社,2009.
YU Jianjun, GONG Changrong. Primary processing of tobacco materials[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2009.
- [5] Reid J J, Gribbons M F, Haley D E. The fermentation of cigar-leaf tobacco as influenced by the addition of yeast[J]. Journal of Agricultural Research, 1944, 69: 373-381.
- [6] 金敖熙.雪茄烟生产技术[M].北京:轻工业出版社,1998.
JIN Aoxi. Cigar Production Technology[M]. Beijing: China Light Industry Press, 1988.
- [7] Srivastava R P. Biochemical transformations in leaf pigments and chemical constituents during air-curing of cigar wrapping tobacco[J]. Tobacco Research, 1988, 14(2): 83-88.
- [8] 顾会战.调制温湿度条件对雪茄外包烟叶生理变化与理化特性的影响[D].郑州:河南农业大学,2006.
GU Huizhan. Effects of temperature and humidity on physiological changes and physical and chemical characters of cigar-wrapper tobacco during curing[D]. Dissertation of Henan Agricultural University, 2006.
- [9] 卢绍浩,张嘉雯,赵喆,等.不同部位雪茄烟叶晾制过程中多酚、色素及相关酶活性的变化[J].中国烟草科学,2019,40(3): 84-90, 98.
LU Shaohao, ZHANG Jiawen, ZHAO Zhe, et al. Changes of polyphenols, pigments and related enzyme activities in cigars leaves of different positions during Air-curing[J]. Chinese Tobacco Science, 2019, 40(3): 84-90, 98.
- [10] D. Layten Davis, Mark T Nielsen. Bulletin of Science, Technology and Society [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003.
- [11] 王浩雅,左兴俊,孙福山,等.雪茄烟外包叶的研究进展[J].中国烟草科学,2009,30(5): 71-76.
WANG Haoya, ZUO Xingjun, SUN Fushan, et al. Advance in cigar wrapper tobacco[J]. Chinese Tobacco Science, 2009, 30(5): 71-76.
- [12] 王旭峰.浙江桐乡雪茄调制和发酵过程中主要化学成分的变化及其质量特色研究[D].郑州:河南农业大学,2013.
WANG Xufeng. Changes of the main chemical components and the quality Characteristic of Cigar-wapper during curing and fermentation in Tongxiang of Zhejiang Province[D]. Dissertation of Henan Agricultural University, 2013.

- [13] 秦艳青, 李爱军, 范静苑, 等. 优质雪茄茄衣生产技术探讨 [J]. 江西农业学报, 2012, 24(7): 101-103.
QIN Yanqing, LI Aijun, FAN Jingyuan, et al. Discussion on production technology of high-quality cigar-wrapper[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2012, 24(7): 101-103
- [14] 任天宝, 阎海涛, 王新发, 等. 印尼雪茄烟叶生产技术考察及对雪茄发展的启示 [J]. 热带农业科学, 2017, 37(3): 89-93.
REN Tianbao, YAN Haitao, WANG Xinfu, et al. Visit to Indonesia for cigar production technologies and its inspiration to the development of cigar in China[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2017, 37(3): 89-93.
- [15] 刘好宝. 烟草栽培技术图册 [M]. 北京: 台海出版社, 2001.
LIU Haobao. Tobacco cultivation technology atlas[M]. Beijing: Taihai Publishing House, 2001.
- [16] 邹宇航, 唐义之, 张华述, 等. 雪茄茄衣烟调制技术初探 [J]. 中国农业信息, 2015, 1: 83-84.
ZOU Yuhang, TANG Yizhi, ZHANG huashu, et al. Preliminary study on the modulation technology of cigar-wrapper[J]. China Agricultural Information, 2015, 1: 83-84.
- [17] 王洁. 海南茄衣采收成熟度及调制发酵技术研究 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2015.
WANG Jie. Research of harvest maturity, curing and fermentation technology of Hainan cigar-wrapper[D]. Dissertation of Henan Agricultural University, 2015.
- [18] 范静苑, 李爱军, 张良. 雪茄茄衣烟叶烟熏调制法研究初探 [J]. 中国农业信息, 2016(03): 138.
FAN Jingyuan, LI Aijun, ZHANG Liang. Preliminary study on smoke modulation method of cigar[J]. China Agricultural Information, 2016(03): 138.
- [19] Suchsland E. Ueber tabaks fermentation[J]. Berchte Der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 1891, 9: 79-81.
- [20] 张鸽, 梁开朝, 辛玉华, 等. 四个国家雪茄外包皮烟叶表面细菌分离与活性测定 [J]. 中国烟草科学, 2018, 39: 82-88.
ZHANG Ge, LIANG Kaichao, XIN Yuhua, et al. Isolation and activity determination of surface bacteria in cigar wrapper leaves from four different countries[J]. Chinese Tobacco Science, 2018, 39: 82-88.
- [21] 张晓娟. 雪茄外包皮烟人工发酵工艺及叶表微生物区系研究 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2006.
ZHANG Xiaojuan. Research of cigar wrapper artificial fermentation process and leaf surface microflora[D]. Dissertation of Henan Agricultural University, 2006.
- [22] 李宁, 曾代龙, 戴亚, 等. 雪茄烟叶叶面可培养微生物分离鉴定 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(25): 11857-11858.
LI Ning, ZENG Dailong, DAI Ya, et al. Isolation and identification on cultivable microorganisms from cigar leaf surface[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2009, 37(25): 11857-11858.
- [23] 杜佳, 张晓娟, 吴钢, 等. 雪茄茄衣人工发酵过程中叶面微生物区系研究 [J]. 生物技术进展, 2016, 6(3): 188-192.
DU Jia, ZHANG Xiaojuan, WU Gang, et al. Studies on leaf surface microflora of cigar-wrapper during artificial fermentation[J]. Current Biotechnology, 2016, 6(3): 188-192.
- [24] Giacomo M D, Paolino M, Silvestro D, et al. Microbial community structure and dynamics of dark fire-cured tobacco fermentation[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2007, 73(3): 825-837.
- [25] 张鸽, 梁开朝, 辛玉华, 等. 基于高通量测序和传统分离研究雪茄外包皮表面细菌多样性及演替 [J]. 应用与环境生物学报, 2018, 4: 783-788.
ZHANG Ge, LIANG Kaichao, XIN Yuhua, et al. Diversity and succession of bacteria during the fermentation of a cigar wrapper using high throughput sequencing technology and traditional isolation[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2018, 4: 783-788.
- [26] Kimura N. Metagenomics: Access to unculturable microbes in the environment[J]. Microbes & Environments, 2006, 21(4): 201-215.
- [27] Torsvik V, Øvreås L. Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystem[J]. Current Opinion in Microbiology, 2002, 5(3): 240-245.
- [28] 雷金山, 曾代龙, 杨军, 等. 一种雪茄烟叶桶式发酵方法: 中国, CN 103110181A[P]. 2013-05-22.
LEI Jinshan, ZENG Dailong, YANG Jun, et al. The fermentation method of barrel tobacco[P]. CN 103110181A.
- [29] 谭绍安, 田煜利, 刘学兵, 等. 雪茄烟叶加湿堆积发酵技术研究与应用 [J]. 安徽农业科学, 2017, 45(23): 80-83.
TAN Shaoran, TIAN Yuli, LIU Xuebing, et al. Research and application of humidifying and stacking fermentation technology of cigar tobacco[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2017, 45(23): 80-83.
- [30] 宋世旭, 杨军, 夏立, 等. 雪茄烟叶堆积发酵方法: 中国, CN 104000303A[P]. 2014-08-27.
SONG Shixu, YANG Jun, XIA Li, et al. Research of stacking fermentation technology of cigar tobacco[P]. CN 104000303A.
- [31] 乔保明, 田煜利, 刘学兵, 等. 发酵温度对雪茄烟茄芯烟叶质量影响分析 [J]. 中国科技信息, 2018, 8: 39-40.
QIAO Baoming, TIAN Yuli, LIU Xuebing, et al. Analysis of the Influence of Fermentation Temperature on the Quality of Cigar Tobacco Core[J]. China Science and Technology Information, 2018, 8: 39-40.
- [32] 李宁, 汪长国, 曾代龙, 等. 蜡样芽孢杆菌 (Bacillus cereus) 筛选鉴定及在雪茄烟叶发酵中的应用研究 [J]. 中国烟草学报, 2012, 18(2): 65-69.
LI Ning, WANG Changlong, ZENG Dailong, et al. Isolation and identification of bacillus cereus and its application in cigar leaf fermentation[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2012, 18(2): 65-69.
- [33] 胡希. 微生物降解雪茄烟碱含量的研究 [J]. 陕西农业科学, 2014, 60(8): 24-25, 33.
HU Xi. Research of microbial degradation of nicotine content in cigar[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2014, 60(8): 24-25, 33.
- [34] 汪长国, 李宁, 戴亚, 等. 一种雪茄烟叶发酵用可湿性粉剂: 中国, CN: 103082402A[P]. 2013-05-08.
WANG Changguo, LI Ning, DAI Ya, et al. The invention relates to a wettable powder for the fermentation of cigar tobacco leaves[P]. CN: 103082402A.
- [35] 冯颖杰, 张展, 张婷婷, 等. 一种利用绿原酸对雪茄增香提质的方法: 中国, CN 109330008A[P]. 2019-02-15.
FENG Yingjie, ZHANG Zhan, ZHANG Tingting, et al. Method for enhancing scent of cigar by using chlorogenic acid[P]. CN 109330008A.
- [36] 寇明钰, 戴亚, 汪长国, 等. 一种降低雪茄茄芯叶蛋白质的方法: 中国, CN 102178344A[P]. 2011-09-14.

- KOU Mingyu, DAI Ya, WANG Changguo, et al. A method for reducing the protein leaves the core cigar[P]. CN 102178344A.
- [37] 寇明钰, 汪长国, 戴亚, 等. 蛋白酶降解雪茄芯叶蛋白质及发酵条件优化 [C]//2011 年中国烟草学会工业专业委员会烟草工艺学术研讨会论文集. 杭州: 中国烟草学会, 2012.
- [38] 曾代龙, 雷金山, 曾显贵. 雪茄烟叶的醇化方法: 中国, CN 101125028[P]. 2008-02-20.
- ZENG Dailong, LEI Jinshan, ZENG Xiangui. Method for alcoholizing cigar leaves[P]. CN 101125028A.
- [39] 胡捷, 罗继红, 刘利平, 等. 中药提取物及酶制剂在雪茄烟发酵提质中的应用: 中国, CN 105029685A[P]. 2015-11-11.
- HU Jie, LUO Jihong, LIU Liping, et al. Application of Chinese Herb Extract and Enzyme Preparation in Fermentation and Quality Improvement of Cigar[P]. CN 105029685A.
- [40] Jansson J K, Neufeld J D, Moran M A, et al. Omics for understanding microbial functional dynamics[J]. Environmental Microbiology, 2012, 14(1): 1-3.
- [41] Lei B, Lu K, Ding F, et al. RNA sequencing analysis reveals transcriptomic variations in tobacco (*Nicotiana tabacum*) leaves affected by climate, soil, and tillage factors[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2014, 14: 6137-6160.
- [42] Cheng H, Cai H, An Z, et al. Comparative proteomics analysis revealed increased expression of photosynthetic proteins in transgenic tobacco by overexpression of AtCBF1 gene[J]. Plant Omics, 2013, 6(3): 240-245.
- [43] Hafidh S, Potěšil D, Fila J, et al. Quantitative proteomics of the tobacco pollen tube secretome identifies novel pollen tube guidance proteins important for fertilization[J]. Genome Biology, 2016, 17: 81.
- [44] Li W, Zhang H, Li X, et al. Integrative metabolomic and transcriptomic analyses unveil nutrient remobilization events in leaf senescence of tobacco[J]. Scientific Reports, 2017, 7(1): 12126.

Research progress in curing and fermentation technology for cigar tobacco leaf production

ZHANG Qianying, LUO Cheng, LI Dongliang*, CAI Wen

Key Laboratory of Chinese Cigar Fermentation, Technical Research Center, China Tobacco Sichuan Industrial Co., Ltd.,
Chengdu 610000, China

Abstract: Curing and fermentation are important production links that determine the quality of cigar tobacco leaves and finished products. Compared with flue-cured tobacco, the curing process of cigar tobacco leaves is more gentle, and microorganisms have a more important role in the formation of the final quality of cigar tobacco leaves. This article summarizes the research progress of cigar tobacco leaf curing and fermentation, and believes that genomics, metabolomics and other technologies should be used to further study the role of microorganisms in cigar tobacco leaf curing and fermentation.

Keywords: cigar leaf; cigar; curing; fermentation; microbe

*Corresponding author. Email: 360188228@qq.com