

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2021.04.036

不同部位烟叶的叶丝烘焙特性

Study on toasting characteristics of different parts of tobacco

李金兰 王道铨 罗登炎 肖红力 常明彬

LI Jin-lan WANG Dao-quan LUO Deng-yan XIAO Hong-li CHANG Ming-bin

(福建中烟工业有限责任公司技术中心, 福建 厦门 361021)

(Technology Center of China Tobacco Fujian Industrial Co., Ltd., Xiamen, Fujian 361021, China)

摘要:以试验线滚筒烘焙干燥装置为平台,综合考察了辽宁和江西产区上、中、下部位烟叶叶丝分别在高、中、低 3 种不同烘焙强度下的物理质量、感官质量和美拉德反应香味成分等的变化规律。结果表明:① 中上部叶丝适宜中高烘焙强度处理,下部叶丝适宜中低烘焙强度处理;② 叶丝经过烘焙处理后,地方性杂气明显下降,烘焙香、焦甜香明显提升,烟气透发,口感舒适性提升;③ 对美拉德反应香味成分进行主成分分析,各香味成分的综合得分与感官评价表现存在一定差异。

关键词:叶丝烘焙;烘焙特性;美拉德反应;感官质量;主成分分析

Abstract: Toasting characteristics of different parts of tobacco were studied based on different parts of tobacco leaves planted in Liaoning and Jiangxi Province, and the changes in physical indexes, sensory quality, and Maillard reaction products under different treatment intensity of tobacco toasting were investigated in a rotary toaster. The results showed that: ① the upper and middle cut strips should be toasted under medium or high intensity, the lower cut strips should be toasted under medium or low intensity; ② cut strips toasting treatment had a positive effect on the taste, the local mixed gas decreased, the baking aroma and burnt sweet aroma increased significantly; ③ principal component analysis showed that there was no significant correlation between sensory quality and comprehensive scores of Maillard reaction products. This study provides a new drying method for tobacco, and also provides a reference for improving the baking aroma and burnt sweet aroma of tobacco.

Keywords: cut strips toasting; toasting characteristics; Maillard reaction; sensory quality; principal component analysis

基金项目:福建中烟工业有限责任公司科技项目(编号:FJZYKJH2019037)

作者简介:李金兰,女,福建中烟工业有限责任公司工程师,硕士。

通信作者:常明彬(1982—),男,福建中烟工业有限责任公司工程师,学士。E-mail: cmb10525@fjtjic.cn

收稿日期:2021-01-06

各卷烟工业企业针对各自的原料和产品开展了大量的干燥特性研究,滚筒薄板和气流叶丝干燥设备为其主要的研究平台^[1-6]。烟叶烘焙主要用于白肋烟烟片,由于烘焙处理较之薄板干燥和气流干燥,温度高,处理时间长,因此能有效去除烟叶中的部分氨类和挥发碱等不利于烟气质量的物质,更有利于促使以美拉德反应为主的化学反应的发生,产生香味物质,改善香气质量^[7-8]。而对于烤烟原料,行业上尝试使用与白肋烟相似的工艺处理流程对低次上部烟叶进行烟片烘焙处理^[9-10],工艺复杂,处理周期长。曾强等^[11]对低次烟叶采用“丝加料、丝烘焙”干燥处理,流程精简。但是常规烤烟加料一般采用“片加料”的方式,若采用“丝加料”则需要重新设计工艺并对设备进行改造优化。此外,行业目前仅对上部烟叶进行烟片烘焙研究,而对不同部位烟叶的叶丝烘焙特性尚缺乏系统、全面的研究。

试验针对烤烟原料特性,拟采用“片加料、丝烘焙”加工工艺,研究辽宁产区和江西产区不同部位烟叶的叶丝烘焙特性,考察其不同烘焙强度下的物理质量、感官质量和美拉德产物香味成分的变化规律,以期对烤烟原料加工提供一种新的干燥方法,同时为卷烟加工工艺选择和产品配方设计提供参考和依据。

1 材料与方 法

1.1 烟叶材料

辽宁产区和江西产区烟叶,部位和等级分别为:上部 B₂F、中部 C₂F、下部 X₂F。烟叶样品由厦门烟草工业有限责任公司提供。

1.2 仪器与设备

滚筒式白肋烟烘焙机(THT):500 kg/h,意大利 CO-MAS 公司与菲莫公司合作开发;

烟丝填充值测定仪:DD60 型,郑州嘉德实业有限公司;

叶丝振动检测筛:YQ-2 型,郑州嘉德实业有限公司;

气相色谱—质谱联用仪:GC6890/MSD5973 型,安捷伦科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 工艺设计 行业上烘焙工序主要用于处理白肋烟烟片。与烤烟等配方原料相比,由于白肋烟具有组织结构疏松、烟碱含量高、糖含量低等独特的理化特性,因此,白肋烟需采用重加里料、二次加料、烟片烘焙、叶丝干燥等特殊的处理工艺以满足用料品质要求。而烤烟原料加料比例较低,不需要二次加料,对叶丝进行烘焙处理即可满足加工强度需求。因此结合常规烤烟加工工艺及设备特点,制定出满足烤烟原料烘焙需求的“片加料、丝烘焙”加工工艺,具体如下:

烤烟烟片→松散回潮→筛分加料→贮叶→切丝→增温增湿→叶丝烘焙→贮丝

叶丝烘焙工序可通过参数的反馈调节,实现出口叶丝含水率闭环控制。生产过程出口叶丝含水率标准偏差约为 0.15%,过程稳定可控。

1.3.2 试验设计 将两个产区不同部位叶丝分别在高中低 3 种烘焙强度下进行干燥,分析处理后样品叶丝结构、叶丝填充值、美拉德产物香味成分和感官评价方面的差异。烘焙工艺参数设计见表 1。烘焙过程固定筒壁蒸汽压力,通过二区工艺气流量和一区工艺气流量的先后自动调节,以满足烘焙出口叶丝含水率的控制要求。

1.3.3 取样方法 每个产区不同部位烟叶分别投料。筛分加料工序中的料液使用纯净水替代。烟叶在切丝后取

样 10 kg,于实验室晾干至叶丝含水率为 12.5%,作为叶丝烘焙处理的试验对照样。不同部位剩余烟丝均分为 3 份,分别进行叶丝烘焙高、中、低强度处理。各样品烘焙后分别取 30 kg,用于测定叶丝结构、填充值、美拉德产物香味成分和感官评价。

1.3.4 烟丝物理质量指标测定

(1) 整丝率和碎丝率:按 YC/T 178—2003 执行。

(2) 填充值:按 YC/T 152—2001 执行。

1.3.5 美拉德反应香味成分检测 参照文献[12]。

1.3.6 感官评价 将样品烟丝置于温度(22±2)℃、相对湿度(60±5)%的恒温恒湿箱内平衡 48 h 至叶丝含水率为(12.5±0.5)%。采用 GB 5606.4—2005 和 YC/T 415—2011 方法,由 10 位具有卷烟感官评吸资质的人员对样品香气特性、烟气特性和口感特性进行评价。评价指标具体包括香气质、香气量、透发性、杂气、劲头、浓度、细腻程度、成团性、刺激性、干燥感、干净程度和回甜,共计 12 项评价指标。

1.3.7 数据处理 使用 Excel 2019 和 SPSS 25 软件对数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 烘焙对不同部位叶丝物理质量的影响

由图 1 可知,不同产地的叶丝经烘焙处理后,物理质量差异不显著。整体上,随着烘焙强度的增大,叶丝的整

表 1 各加工强度主要烘焙参数设置

Table 1 Main toasting parameters for each intensity

主要参数	单位	上部烟叶			中部烟叶			下部烟叶		
		低强度	中强度	高强度	低强度	中强度	高强度	低强度	中强度	高强度
入口叶丝含水率	%	29.0±0.5	29.0±0.5	29.0±0.5	29.0±0.5	29.0±0.5	29.0±0.5	29.0±0.5	29.0±0.5	29.0±0.5
筒壁蒸汽压力	MPa	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9
一区工艺气流量	m ³ /h	1 850	1 650	1 500	1 850	1 650	1 500	1 850	1 650	1 500
二区工艺气流量	m ³ /h	750	550	450	750	550	450	750	550	450
燃烧炉出口气流温度	℃	162	167	172	162	167	172	162	167	172
出口叶丝含水率	%	12.5±0.5	12.5±0.5	12.5±0.5	12.5±0.5	12.5±0.5	12.5±0.5	12.5±0.5	12.5±0.5	12.5±0.5

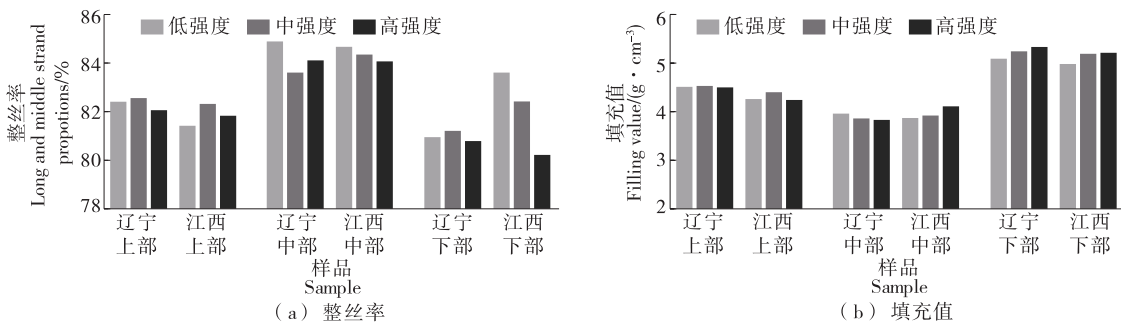


图 1 烘焙后不同部位叶丝的物理指标

Figure 1 The physical indexes of different parts of tobacco after toasting

丝率呈下降趋势。烘焙强度增大,叶丝干燥脱水速率加快,脆性增加^[13],造碎增大,整丝率下降。而叶丝填充值则随着烘焙强度的增大而呈增大趋势。表明适当增加烘焙强度,其高温作用有利于提高叶丝卷曲度,从而提升叶丝的填充性能^[14]。

2.2 烘焙对不同部位叶丝感官质量的影响

分别以烘焙前叶丝为对对照,对烘焙后不同部位叶丝进行感官质量评价,结果见图 2 和图 3。

由图 2 可知,不同产区、不同部位叶丝有不同的适宜烘焙强度。总体上,辽宁产区叶丝适宜烘焙强度略高于江西产区叶丝适宜烘焙强度,主要体现在:辽宁上部和中

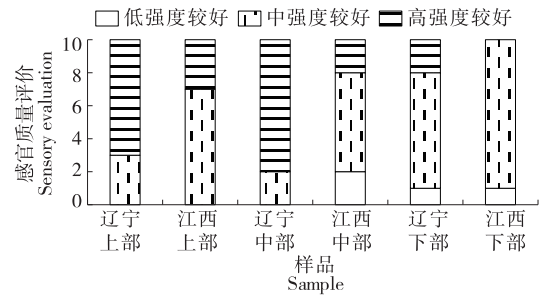


图 2 不同部位叶丝烘焙后的总体感官质量
Figure 2 The Sensory quality of different parts of tobacco after toasting

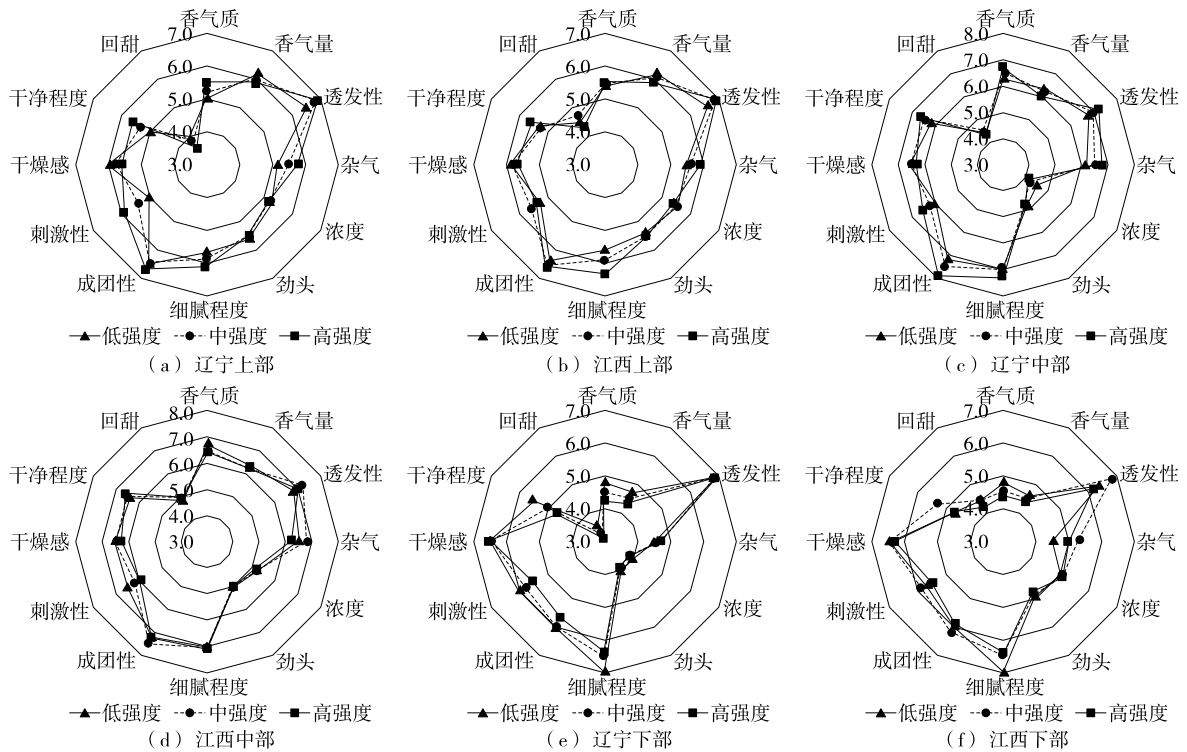


图 3 不同部位叶丝烘焙后的感官单项得分

Figure 3 The detail of Sensory quality of different parts of tobacco after toasting

部叶丝适宜进行较高烘焙强度处理,辽宁下部叶丝适宜进行中等烘焙强度处理;而江西产区不同部位叶丝总体上均适宜进行中等烘焙强度处理。黄维等^[15]发现不同部位烟叶在烘烤过程中致香物质含量变化的规律不同,因此对不同部位烟叶要采取不同的调制工艺。曾强等^[16]对不同部位烟叶的气流干燥特性研究发现,不同部位烟叶有不同的适宜处理温度。不同部位烟叶有着不同的理化特性,干燥过程不同温度对烟叶理化反应影响不同,进而影响香气、烟气和口感等感官质量。

不同部位叶丝经过烘焙处理后,整体感官质量均明显改善,主要体现在杂气明显下降,烘焙香、焦甜香明显提升,烟气透发,口感舒适性提升。李丹等^[10]对上部烟进

行烘焙处理也发现,随着烟丝烘烤程度增加,焦甜香、焦香明显增强。温度是影响美拉德反应的重要因素,较高的烘焙温度更有利于促使以美拉德反应为主的化学反应的发生,产生香味物质^[7]。

从感官各单项指标综合得分来看,江西产区样品得分总体上略高于辽宁产区样品得分。从烘焙强度来看,辽宁产区中高强度烘焙处理样品与江西产区中低烘焙强度处理样品的得分较高。由图 3 可知,上部叶丝进行中高强度处理,有利于改善上部烟气息,减少杂气和刺激性,提升烟气细腻程度。中部叶丝进行中强度处理,有利于祛除杂气,改善烟气状态。下部叶丝进行中低强度处理,有利于改善香气质、香气量和烟气状态,减少刺激性,

提升烟气细腻程度和透发性。乔学义等^[17-18]分别研究了滚筒干燥和气流干燥不同加工强度对 90 多个烤烟烟叶样品感官质量的影响,结果表明,随着加工强度的增大,香气质、香气量、杂气、浓度、细腻程度、刺激性改善的烟叶样品比例先升高后降低。卷烟企业应根据各自产品特点选择适宜的叶丝烘焙强度。

2.3 不同部位叶丝烘焙后美拉德反应香味成分对比

烘焙处理由于处理时间较长,温度较高,更有利于促使以美拉德反应为主的化学反应的发生。美拉德反应香味成分与烟叶感官质量关系密切:醛类物质中的苯甲醛和苯乙醛,产生的甜香、果香和花香对卷烟风格具有重要作用^[19]。呋喃类的物质主要为 3-苯基呋喃,具有浓郁的焦糖风味,能够显著增强卷烟的焦香^[20]。糠醛、2-乙酰基呋喃等对香气量有显著的有利影响;2-乙酰基呋喃还对刺激性有显著有利影响^[21]。醇类物质中糠醇对烤烟香气质和香气量有显著直接影响^[22]。试验检测了不同部位 3 种烘焙强度处理后叶丝样品中美拉德反应香味成分,结果表明,不同部位原料叶丝在烘焙中所释放和保留的香味成分有所差异,不同加工强度对同一原料叶丝香味成分的影响不同。对各成分进行 Person 相关性分析可知,各

成分间存在不同程度的相关性,为避免指标间的信息重叠,对各成分进行主成分分析^[23-25],分析结果如表 2 和表 3 所示。

由表 2 和表 3 可知,以特征值 > 1 提取的 3 个主成分,其累积方差贡献率是 94.106%,基本能反映检测数据的绝大部分信息。第一主成分的方差贡献率为 54.547%,以 5-羟甲基糠醛、麦芽酚、β-大马烯酮、2-乙酰基呋喃载荷占比为高。第二主成分的方差贡献率为 27.354%,以吡喃酮、糠醛、苯乙醛载荷占比为高。第三主成分的方差贡献率为 12.206%,以苯甲醇、3-苯基呋喃载荷占比为高。

将检测的 22 种香味成分原始数据标准化后,按顺序依次标记为 X_1, X_2, \dots, X_{22} , 根据各主成分特征向量系数

表 2 各主成分的特征值和贡献率

Table 2 Characteristic values and cumulative contribution rates of each principal component

主要成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	11.455	54.547	54.547
2	5.744	27.354	81.901
3	2.563	12.206	94.106

表 3 各主成分的载荷矩阵、旋转载荷矩阵和特征向量

Table 3 Load matrix and feature vector of each principal component

香味成分	载荷矩阵			特征向量系数		
	1	2	3	1	2	3
4-羟基-β-二氢大马酮	0.936	0.284	-0.161	0.276	0.038	-0.022
2-乙酰基吡咯	-0.707	0.585	0.309	-0.209	0.079	0.042
2-乙酰基呋喃	0.955	0.229	0.104	0.282	0.031	0.014
3-苯基呋喃	0.616	-0.166	0.742	0.182	-0.023	0.100
5-甲基呋喃醛	0.833	0.392	-0.044	0.246	0.053	-0.006
5-羟基麦芽酚	0.949	0.268	0.039	0.280	0.036	0.005
5-羟甲基糠醛	0.978	0.186	0.072	0.289	0.025	0.010
β-大马烯酮	0.974	0.119	0.177	0.288	0.016	0.024
苯甲醇	-0.458	0.100	0.841	-0.135	0.014	0.114
苯乙醛	-0.356	0.820	-0.351	-0.105	0.111	-0.048
吡啶	-0.825	0.336	0.385	-0.244	0.046	0.052
吡喃酮	-0.239	0.960	0.024	-0.071	0.130	0.003
草莓呋喃酮	0.546	0.740	0.232	0.161	0.100	0.031
茶香酮	-0.546	0.791	-0.189	-0.161	0.107	-0.026
法尼基丙酮	-0.798	-0.117	0.554	-0.236	-0.016	0.075
巨豆三烯酮	-0.680	0.526	-0.455	-0.201	0.071	-0.062
糠醇	-0.780	-0.499	-0.180	-0.231	-0.068	-0.024
糠醛	-0.153	-0.850	-0.296	-0.045	-0.115	-0.040
麦芽酚	0.977	0.101	0.136	0.289	0.014	0.018
茄酮	-0.924	0.080	0.322	-0.273	0.011	0.044
香叶基丙酮	0.936	0.284	-0.161	0.276	0.038	-0.022

构建各主成分的函数表达式:

$$F_1 = 0.276X_1 - 0.209X_2 + 0.282X_3 + 0.182X_4 + 0.246X_5 + 0.280X_6 + 0.289X_7 + 0.288X_8 - 0.135X_9 - 0.105X_{10} - 0.244X_{11} - 0.071X_{12} + 0.161X_{13} - 0.161X_{14} - 0.084X_{15} - 0.236X_{16} - 0.201X_{17} - 0.231X_{18} - 0.045X_{19} +$$

$$0.289X_{20} - 0.273X_{21}。 \tag{1}$$

同理,可得到 F_2 、 F_3 的函数表达式。以其主成分分别对应的方差贡献率作为权重,建立其主成分的综合得分数学模型 $F = 0.580F_1 + 0.291F_2 + 0.130F_3$ 。由此计算出各香味成分的综合得分,见表 4。

表 4 主成分综合得分

Table 4 Comprehensive score of each principal component

烟叶产区	烘焙强度	上部叶丝				中部叶丝				下部叶丝			
		F_1	F_2	F_3	F	F_1	F_2	F_3	F	F_1	F_2	F_3	F
辽宁	低	-3.22	0.86	-0.16	-1.64	0.19	-0.41	-0.44	-0.07	5.16	0.68	-0.15	3.17
	中	-3.90	1.02	-0.21	-1.99	-0.50	-0.55	-0.50	-0.51	4.60	0.60	-0.19	2.82
	高	-4.20	1.29	-0.15	-2.08	-0.72	-0.64	-0.49	-0.67	4.15	0.85	-0.20	2.63
江西	低	-3.50	0.26	0.53	-1.89	4.77	0.15	0.52	2.88	-0.72	-1.30	-0.05	-0.80
	中	-2.96	-0.23	0.37	-1.73	3.72	-0.20	0.38	2.15	-1.05	-1.17	-0.03	-0.95
	高	-3.97	0.09	0.50	-2.21	3.12	-0.29	0.29	1.76	-0.99	-1.03	-0.01	-0.88

由表 4 可知,辽宁下部叶丝和江西中部叶丝采用中低烘焙强度处理的样品,香气成分综合得分较高。但感官评价结果却是辽宁中部叶丝和江西中部叶丝的香气特性得分较高。试验仅对 21 个香味成分进行分析和评价,未能涵盖所有与感官质量相关的指标,结果可能存在偏差。卷烟产品的感官质量是由复杂物质共同作用的结果,受到烟丝燃烧状态、评价人员等各因素的影响,因此需要进一步对烟气中的香味成分进行补充研究。

3 结论

研究不同部位烟叶的叶丝烘焙特性,结果表明:较高的烘焙强度有利于提高叶丝的填充值;不同产地、不同部位叶丝有不同的适宜烘焙强度,总体上辽宁产区叶丝适宜烘焙强度略高于江西产区叶丝适宜烘焙强度;叶丝经过适宜的烘焙强度处理,地方性杂气明显下降,烘焙香、焦甜香明显提升,烟气透发,口感舒适性提升。使用主成分分析法分析不同产地、不同部位叶丝在不同烘焙强度下的美拉德反应产物香味成分,各香味成分的综合得分与感官评价表现存在一定差异。

试验仅研究了辽宁和江西产区烟叶不同部位的叶丝烘焙特性,对于其他烟叶产区的叶丝烘焙特性仍需进一步补充研究。

参考文献

[1] 卢彦华,张广喜,孟杰,等. 气流干燥工序山东烤烟的原料加工特性研究[J]. 安徽农学通报, 2016, 22(15): 124-128.
 [2] 段腾,赵永振,芦昶彤,等. 对流干燥对烟丝表面温度及理化特性的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(10): 184-189.
 [3] 孙强. 干燥工艺对潍坊烟叶不同部位香味成分的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 28-31.
 [4] 高辉,邱昌桂,徐南山,等. 不同干燥方式对烟丝加工质量的影

响[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2016, 31(1): 127-135.
 [5] 段腾,王冰,陈孟起,等. 滚筒干燥过程中筒壁温度对烟丝理化品质的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(12): 200-204, 210.
 [6] 王岩,陈良元,刘楷丽,等. 恒温与分段变温滚筒干燥对烤烟叶丝干燥效率及香味品质的影响[J]. 南方农业学报, 2015, 46(1): 117-122.
 [7] 程传玲,牛婷婷,杨艳勤,等. 烘焙条件对白肋烟增香效果的影响及其评价指标考察[J]. 轻工学报, 2017, 32(2): 58-63.
 [8] 张杰,杜国荣,白若石,等. 加糖对白肋烟烘焙过程中致香产物的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2018, 44(6): 580-586.
 [9] 瞿先中,徐迎波,丁乃红,等. 低次烟叶的烘焙技术研究[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2014(1): 89-94.
 [10] 李丹,李焕威,赵瑞峰,等. 干燥方式对上部烟叶感官质量的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 192-195.
 [11] 福建中烟工业有限责任公司. 一种低品质烤烟烟叶加工工艺: CN201210069390.9[P]. 2013-09-17.
 [12] 任宗灿,陈黎,史天彩,等. 非极性柱下保留指数结合 GC-MS/MS 分析烟草香味成分[J]. 烟草科技, 2020, 53(8): 24-35.
 [13] 李峥,邱坤,杨鹏,等. 烟叶烘烤过程中水分迁移干燥特性研究进展[J]. 昆明学院学报, 2017, 39(6): 37-41.
 [14] 李旭,陈良元,韩李峰,等. 红外—对流滚筒干燥方式下烤烟叶丝质量的变化特征[J]. 南方农业学报, 2017, 48(12): 2240-2246.
 [15] 黄维,韩善红,崔国民,等. 不同调制工艺对烘烤过程中烟叶类胡萝卜素降解致香物质的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(7): 96-102.
 [16] 曾强,常明彬,阙文豪,等. 气流干燥温度对不同部位烟叶加工品质的影响[J]. 食品与机械, 2020, 36(4): 216-220.

(下转第 211 页)

- lets [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2020, 267: 114545.
- [30] YUSUF M S, EL NABTITI A A, HASSAN M A, et al. Supplementary outcomes of betaine on economic and productive performance, some biochemical parameters, and lipoprotein lipase gene expression in finishing male broilers[J]. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 2018, 6(2): 213-218.
- [31] OMER N A, HU Y, IDRIS A A, et al. Dietary betaine improves egg-laying rate in hens through hypomethylation and glucocorticoid receptor-mediated activation of hepatic lipogenesis-related genes[J]. *Poultry Science*, 2020, 99(6): 3 121-3 132.
- [32] 台一鸿, 石良. 功能性低聚糖的生理功能及应用研究进展[J]. *食品安全导刊*, 2019(12): 175-177.
- [33] 董爱军, 张捷. 甜菜中的功能性低聚糖:棉实糖[J]. *中国甜菜糖业*, 2001(3): 24-26.
- [34] 华欲飞, 宋伟光, 孔祥珍, 等. 一种从废弃物中回收棉籽糖的工业化方法: 107936067A[P]. 2018-04-20.
- [35] 贺晨. 四种功能糖对小鼠益生作用研究[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2020: 60-63.
- [36] 姜宝森. 棉籽糖对小鼠肠道总抗氧化水平丙二醛含量和肠道菌群的影响[J]. *当代畜牧*, 2017(6): 31-33.
- [37] 徐大专, 李振. 棉籽糖对大鼠免疫功能及抗氧化作用的影响[J]. *中国兽医杂志*, 2019, 55(2): 36-38.
- [38] 热娜古丽·木沙, 魏佼. 甜菜及副产品中功能性神经酰胺脂质的测定[J]. *食品研究与开发*, 2013, 34(13): 23-25.
- [39] 孔维星, 李功迎. 神经酰胺与抑郁症的相关性研究进展[J]. *四川精神卫生*, 2019, 32(1): 74-77.
- [40] 张敏, 沈彤. 神经酰胺与肥胖相关疾病防治的研究进展[J]. *安徽医科大学学报*, 2020, 55(1): 146-149.
- [41] 王贺聪, 何聪芬. 皮肤中神经酰胺的研究及应用现状[J]. *日用化学工业*, 2019, 49(1): 51-57.
- [42] SAKAI Y, SATO M, FUNAMI Y, et al. Peyer's patch-immunomodulating glucans from sugar cane enhance protective immunity through stimulation of the hemopoietic system[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, 124: 505-514.
- [43] TOCHIO T, UENO Y, KITAURA Y, et al. Feeding of 1-kestose induces glutathione-S-transferase expression in mouse liver [J]. *Foods (Basel, Switzerland)*, 2019, 8 (2): 69.

(上接第 194 页)

- [5] 唐军, 唐丽, 文里梁, 等. 烟叶松散回潮工艺参数和出料质量的贝叶斯网络模型构建与预测[J]. *食品与机械*, 2020, 36 (9): 207-210.
- [6] 庄嘉盛. 特征工程入门与实践[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2019: 42-70.
- [7] 闰星宇, 顾汉明, 肖逸飞, 等. XGBoost 算法在致密砂岩气储层测井解释中的应用[J]. *石油地球物理勘探*, 2019, 54 (2): 447-455.
- [8] 张家棋, 杜金. 基于 XGBoost 与多种机器学习方法的房价预测模型[J]. *现代信息技术*, 2020(10): 15-18.
- [9] 景钦隆, 吴琦琳, 鲁影, 等. 手足口病流行时间序列模型及其与气象因素联合预测研究[J]. *中国卫生统计*, 2020, 37 (3): 354-358.
- [10] NARI S A, DIANE A, MICHAEL F. Application of SARI-MAX model to forecast daily sales in food retail industry[J]. *International Journal of Operations Research and Information Systems*, 2016, 7(2): 1-21.
- [11] 李自娟, 刘博, 高杨, 等. 卷烟制丝环节关键工序水分预测模型的建立与检验[J]. *食品与机械*, 2020, 36 (10): 190-196.
- [12] 田润泽. 基于多种机器学习算法的波士顿房价预测[J]. *中国新通信*, 2019, 21(11): 228-230.
- [13] 许明燕. 基于 ARIMA 模型和 BP 神经网络模型的江苏省 GDP 预测分析[D]. 济南: 山东大学, 2020: 18-21.
- [14] 刘承子, 刘丽英. 基于蒙特卡洛仿真在确定标准工作量中的仿真过程及分析[J]. *物流工程与管理*, 2019, 41(11): 94-95.

(上接第 199 页)

- [17] 乔学义, 姚光明, 王兵, 等. 气流干燥工序加工强度对烤烟烟叶感官质量的影响[J]. *河南农业科学*, 2012, 41(7): 54-57, 83.
- [18] 乔学义, 姚光明, 王兵, 等. 滚筒干燥工序加工强度对烤烟烟叶感官质量影响研究[J]. *中国农学通报*, 2012, 28(27): 290-295.
- [19] 谢剑平. 烟草香料技术原理与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 145-146.
- [20] 甘学文, 王光耀, 邓仕彬, 等. 美拉德反应中间体对卷烟烟叶品质的影响及其风味受控形成研究[J]. *食品与机械*, 2017, 33(6): 46-52.
- [21] 王玉华, 褚建忠, 徐丙升, 等. 烤烟自然醇化过程美拉德反应产物变化及与感官质量的关系[J]. *中国烟草科学*, 2015 (4): 85-90.
- [22] 郭华诚, 张月华, 李阳光, 等. 烟丝挥发性香味物质与卷烟感官质量的相关性研究[J]. *食品与机械*, 2019, 35(1): 209-212.
- [23] 刘泽, 何邦华, 杨蕾, 等. “干头干尾”烟丝挥发性香味物质的主成分聚类分析[J]. *烟草科技*, 2015(2): 47-52.
- [24] 高云, 郁志芳. 基于主成分分析的芹菜品质评价[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(3): 308-314, 320.
- [25] YU Na, SHENG Ke, SUN Xie-kun, et al. Principal component cluster analysis of aroma components in cut tobacco strips under different drying intensities[J]. *Tobacco Science & Technology*, 2016, 49(2): 29-35.