

白肋烟烘焙工艺温度参数拟合优化及验证

Optimization and validation of temperature parameters of Burley tobacco baking process

程传玲

杨 硕

王建民

张改红

CHENG Chuan-ling YANG Shuo WANG Jian-min ZHANG Gai-hong

(郑州轻工业大学食品与生物工程学院, 河南 郑州 450000)

(College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry,

Zhengzhou, Henan 450000, China)

摘要:目的:提升白肋烟烘焙后的香味物质含量。方法:建立烘焙后还原糖含量与 3 个干燥区温度之间的模型,并以烘焙后白肋烟香味物质总量为标准对 3 个干燥区温度进行优化。结果:所建模型 R^2 达 0.947,拟合效果较好。干燥二区和干燥三区的温度对白肋烟烘焙增香的效果大于干燥一区,且此类型白肋烟烟叶的最佳烘焙条件为一区 110 °C (3 min),二区 145 °C (3 min),三区 135 °C (3 min)。结论:最佳烘焙温度下,白肋烟中还原糖含量较低且香味物质总量最高,白肋烟烘焙增香效果较好。

关键词:白肋烟;烘焙;干燥温度;模型分析;多重比较

Abstract: Objective: To enhance the content of aroma substances in burley tobacco after baking. **Methods:** Established the model between the content of reducing sugar after baking and the temperatures of the three drying zones, and optimized the temperatures of the three drying zones by the total amount of aroma substances of burley tobacco after baking. **Results:** The R^2 of the model was 0.947, and the fitting effect was excellent. The effects of temperature in drying zone 2 and 3 on aroma enhancement of burley tobacco was greater than that in drying zone 1, and the best baking conditions were 110 °C (3 min) of zone 1, 145 °C (3 min) of zone 2 and 135 °C (3 min) in zone 3. **Conclusion:** Under the optimum baking temperature, the content of reducing sugar in burley tobacco was lower and the total amount of aroma substances was the highest, which has the better aroma enhancement effect of baking.

Keywords: burley tobacco; baking; drying temperature; model analysis; multiple comparisons

白肋烟是混合型卷烟的重要原料之一,具有劲头大,香气浓郁丰满、刺激性大,杂气重等特点,其处理工艺是决定烟叶质量的重要环节^[1]。重加里料和高温烘焙是白肋烟处理工艺的关键技术,适宜的烘培条件是决定其感官质量的重要因素^[2-4]。

高温烘焙有利于料液吸收,通过美拉德反应和焦糖化反应,产生香味物质,同时减轻杂味,改善余味,提升烟叶的感官质量^[4-9]。安毅等^[4]发现烘焙温度对脯氨酸 Amadori 化合物、碱性香味物质成分具有明显的影响趋势;胡建军等^[6]研究发现进行三区高温烘焙处理后的白肋烟其抽吸品质改善明显;刘开楠等^[10]研究发现,干燥二区温度高于干燥三区温度有利于保持香气量和香气质,减少香气损失;张杰等^[11-12]发现还原糖含量对烘焙后白肋烟致香成分含量有显著影响;程传玲等^[13]研究发现通过烘箱准确控温可以较好地模拟白肋烟烘焙条件,而且还原糖可以较好地表征白肋烟烘焙后碱性香味物质的含量关系。

目前对白肋烟烘焙的研究主要集中于加料与干燥温湿度对白肋烟中主要致香物质含量与感官呼吸质量的影响,主要是通过感官抽吸评价确定优化工艺参数,优化结果易受抽吸人员主观影响^[14]。试验拟建立烘焙后还原糖含量与 3 个干燥区温度之间的回归模型,以期通过一种常规化学成分与干燥区温度之间的关系表征白肋烟香味成分的含量变化,为优化白肋烟处理工艺、提升白肋烟烘焙后的香味物质含量提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料、主要试剂与仪器

白肋烟配方烟叶及料液:安阳卷烟厂;

18 种碱性香味物质标样:纯度 >97%,上海麦克林生化科技有限公司;

4-羟基苯甲酰肼:纯度 98%,上海阿拉丁生化科技股

基金项目:河南省农业领域科技攻关项目(编号:192102110212)

作者简介:程传玲,女,郑州轻工业大学副教授,博士。

通信作者:王建民(1963—),男,郑州轻工业大学教授,硕士。

E-mail: wjm63@163.com

收稿日期:2021-06-25

份有限公司；

正己烷：分析纯，天津市富宇精细化工有限公司；

无水甲醇：色谱纯，天津市四友精细化学品有限公司；

甲酸：Acros 试剂，北京伊诺凯科技有限公司；

分析天平：AB265-S 型，感量 0.000 01 g，瑞士 Mettler 公司；

连续流动分析仪：AA3 型，英国 Seal Analytical 公司；

气相色谱—质谱联用仪：6890-5973 型，美国 Agilent 公司；

电热鼓风干燥箱：DHG-9023A 型，上海一恒公司；

液相色谱—质谱联用仪：Thermo Fisher Scientific LTQ XL 型，美国 Thermo 公司；

离子色谱仪：ICS-5000 型，美国 Thermo 公司。

1.2 方法

1.2.1 试验方案 以烘箱模拟烤机的干燥区，使控温更加准确。选取干燥一区、二区、三区温度范围分别为 110~165, 105~145, 105~135 °C。每个区烘培时间均为 3 min，进行 U_{12} (12×6^2) 均匀试验。将加料后含水率为 38% 左右的烟叶按照均匀试验设计方案进行烘培处理，按文献[15]测定其还原糖和总糖含量。以加料后未经烘培烟叶为空白对照 1 组，每组试验平行测定 2 次。

1.2.2 回归模型建立 根据均匀试验结果建立还原糖与 3 个烤区之间的回归模型，对方程规划求解得出还原糖含量最低时 3 个烤区的温度。以均匀试验中还原糖含量最低时的三区温度、规划求解得出的 3 个烤区温度、烟厂现行烘培温度（一区 145 °C、二区 125 °C、三区 110 °C）及未经烘培处理的烟叶（空白对照 2 组）进行试验，分别测定其还原糖、总糖、碱性香味成分、氨基酸及脯氨酸 Amadori 化合物含量。每组平行测定 4 次。

1.2.3 主要化学成分及香味物质测定

（1）总糖、还原糖、总氮、总植物碱含量：参照文献[15—17]。

（2）碱性香味物质含量：40.0 g 烟末、400 mL 水于 1 000 mL 平底烧瓶中，60 mL CH_2Cl_2 于 100 mL 梨形瓶中，同时蒸馏 2.5 h。用 20 mL 质量分数为 5% 的 HCl 洗涤 3 次，质量分数为 20% 的 NaOH 溶液调节其 pH 至 14，再用 20 mL CH_2Cl_2 萃取 3 次，加入无水硫酸钠干燥过夜，过滤，加入 1 mL 内标（0.018 9 mg/mL 乙酸苯乙酯），浓缩至 1 mL，进行 GC/MS 分析。

（3）氨基酸含量：称取 0.25 g 烟末，用 40 mL 浓度为 0.1 mol/L 的 HCl 震荡萃取 30 min，过滤，取上清液 1 mL 过阳离子交换固相萃取小柱，用 0.5 mL 浓度为 0.01 mol/L 的 HCl 淋洗小柱，再加入 3 mL 浓度为 3 mol/L 的氨溶液洗脱，洗脱液于 65 °C 水浴旋干，用

1 mL 浓度为 0.1 mol/L 的 HCl 将其溶解，过滤膜于色谱瓶后用离子色谱仪进行测定。

（4）脯氨酸 Amadori 化合物含量：称取 2 g 烟末，70% 甲醇—水为萃取剂，料液比为 1 : 40 (g/mL)，超声 20 min，抽滤并洗涤 3 次，40 °C 旋转蒸发至干，用 70% 甲醇—水溶液将其稀释至 50 mL，再用 30 mL 正己烷萃取 5 次，将甲醇—水相浓缩至干，准确加入 10 mL 70% 甲醇将其溶解，过 0.45 μm 有机滤膜，进行 HPLC-MS 分析。

1.2.4 数据处理 使用多元回归分析、LSD 多重比较进行数据分析，数据处理软件主要包括 SPSS 17.0 及 Excel。

2 结果与讨论

2.1 三烘箱模拟烤机不同参数下水溶性糖含量差异

表 1 为均匀试验设计表及烟叶进出料含水率与水溶性糖检测结果。干燥前白肋烟通过“重加里料”，提高了烟叶含水率（为 38.12%），干燥后烟叶含水率为 3.44%~15.18%，符合《卷烟工艺规范（2016 版）》中对白肋烟处理的要求规范，且说明烘箱可以较好地模拟白肋烟干燥；还原糖含量为 0.245 9%~0.297 9%，总糖含量为 0.666 9%~0.875 9%，说明随着三区干燥温度的变化，还原糖与总糖含量均发生了明显变化。与对照组相比，烘培后白肋烟还原糖、总糖含量均降低，是由于干燥过程中白肋烟中还原糖发生了美拉德反应，总糖在高温烘焙条件下发生一定的降解，所产生的一部分单糖进行焦糖化作用，因此总糖含量的变化程度明显高于还原糖含量。综上，试验 4 即烘培条件为一区 125 °C、二区 145 °C、三区 129 °C 时还原糖含量最低，即可认为此时美拉德反应最为彻底，香味物质含量较多。

2.2 还原糖与烘焙工艺温度参数模型拟合

使用 SPSS 17.0 软件对均匀试验结果进行回归分析，其结果见表 2，所得还原糖与 3 个烤区之间的回归方程为：

$$Y = -0.116 - 0.003X_1 + 0.005X_2 + 0.004X_3 + 1.419 \times 10^{-5}X_1^2 - 3.911 \times 10^{-5}X_2X_3, \quad (1)$$

式中：

Y——还原糖含量，%；

X_1 、 X_2 、 X_3 ——干燥一区、二区、三区温度，°C。

由表 2 可知，回归模型极显著，且相关系数、决定系数分别达 0.973, 0.947，说明模型拟合优度好，能够较好地拟合还原糖含量与 3 个烤区温度之间的关系。干燥二区及干燥三区温度对还原糖含量影响显著，干燥一区温度对还原糖含量影响接近显著，其主次影响因素为干燥二区 > 干燥一区 > 干燥三区。白肋烟烘焙干燥过程中，干燥二区的主要作用是维持物料温度以及延长等速干燥段时间，表明白肋烟在干燥二区时，其物料温度与等速干燥段白肋烟内各物质含量对烘焙后白肋烟还原糖含量具有较大影响，而干燥三区主要是去除白肋烟烟叶内剩余的

水分,美拉德反应程度较弱,因此干燥三区温度对烘焙后烟叶还原糖含量影响较小。

2.3 烘焙工艺最优温度参数验证

根据还原糖含量与3个烤区间的回归模型进行规划求解可以得出,一区、二区、三区温度分别为110,145,135℃时还原糖含量最低,以此干燥条件为试验1,均匀试验还原糖含量最低即第4组试验(烘焙条件为一区125℃、二区145℃、三区129℃)为试验2,烟厂现行烘焙条件(一区145℃、二区125℃、三区110℃)为试验3,空白对照组为试验4,每个干燥区干燥3 min,进行验证实验。

由表3可知,还原糖含量均值与其预测值的变化基本一致,且两者间绝对偏差<1%,试验1即回归模型最优条件下各物质的RSD<10%,测量结果稳定,还原糖含量为0.237 7%~0.240 0%,位于95%置信区间0.221 1%~0.249 9%内,说明回归模型的预测值与实际测量值相吻合,模型能够较好反映还原糖与3个烤区温度之间的关系。

由表3可知,与空白对照组相比,烘焙后白肋烟还原糖、总糖含量均降低,碱性香味物质、脯氨酸 Amadori 化合物、香味物质含量均明显升高,这是因为烘培过程中还原糖参与了美拉德反应,产生了脯氨酸 Amadori 化合物等香味物质,同时,烘焙过程中所加料液与烟叶化学成分之间发生了如焦糖化作用、斯特雷克分解作用等,这些反应均生成了香味物质;氨基酸总量顺序为试验3>试验4>试验2>试验1,可能是在试验3的烘焙条件下,蛋白质发生降解,导致氨基酸总量大于空白对照组;而随着烘培温度总和的继续上升,美拉德反应进行得更充分,从而导致试验1和试验2氨基酸总量降低。

还原糖总量大小顺序为试验3>试验1>试验2,碱性香味物质总量为试验2>试验1>试验3,随着还原糖含量的减少,碱性香味物质总量增加,说明烘焙后还原糖含量与碱性香味物质含量间有较为显著的变量关系,与文献[10]的研究结果一致。白肋烟烘焙产生的碱性香味物质主要有吡啶、吡嗪、吡咯等,主要是在烘焙过程中由

表1 $U_{12}(12 \times 6^2)$ 方案及水溶性糖测定结果

Table 1 The matrix of $U_{12}(12 \times 6^2)$ and results of water soluble sugars

序号	试验条件			烟叶水分/%	还原糖/%	总糖/%
	一区/℃	二区/℃	三区/℃			
1	110	121	129	9.19	0.254 2	0.666 9
2	115	145	117	10.14	0.250 2	0.668 4
3	120	121	105	11.54	0.258 6	0.682 5
4	125	145	129	7.89	0.245 9	0.682 1
5	130	113	117	8.88	0.255 9	0.698 5
6	135	137	105	12.78	0.277 4	0.757 6
7	140	113	135	9.62	0.260 6	0.743 9
8	145	137	123	3.44	0.272 0	0.780 4
9	150	105	111	12.91	0.266 0	0.768 2
10	155	129	135	5.31	0.270 3	0.790 9
11	160	105	123	15.18	0.288 3	0.822 9
12	165	129	111	10.07	0.297 9	0.875 9
空白对照组				38.12	0.316 1	0.890 7

表2 回归模型概述表[†]

Table 2 Summary table of regression model

模型	非标准化系数		标准系数	<i>t</i>	<i>P</i>
	<i>B</i>	标准误差			
模型	—	—	—	—	0.001
常量	−0.116	0.220		−0.540	0.609
X_1	−0.003	0.001	−3.642	−2.149	0.075
X_2	0.005	0.002	4.367	3.153	0.020
X_3	0.004	0.002	3.077	2.840	0.030
X_1^2	1.419×10^{-5}	0.000	4.514	2.665	0.037
$X_2 X_3$	$−3.911 \times 10^{-5}$	0.000	−5.477	−3.120	0.021

[†] 模型 $r=0.973, R^2=0.947; P<0.05$ 表示影响显著, $P<0.01$ 表示影响极显著。

表 3 验证实验白肋烟主要化学成分变化[†]

Table 3 The main chemical compounds change of burley tobacco in validation experiment

试验号	还原糖/%			总糖/%		氨基酸/(mg·g ⁻¹)	
	均值	RSD	预测值	均值	RSD	均值	RSD
试验 1	0.239 0 ^{Ca}	0.41	0.225 1	0.719 0 ^{Da}	0.63	17.081 5 ^{Ab}	3.05
试验 2	0.233 2 ^{Ca}	2.68	0.242 0	0.749 3 ^{Ca}	0.88	17.261 0 ^{Ab}	4.67
试验 3	0.255 4 ^{Ba}	1.01	0.274 6	0.770 8 ^{Ba}	1.42	18.080 4 ^{Aab}	0.60
试验 4	0.295 8 ^{Aa}	1.64	—	0.870 6 ^{Aa}	1.15	17.735 6 ^{Aab}	1.91

试验号	碱性香味成分/(μg·g ⁻¹)		脯氨酸 Amadori/(μg·g ⁻¹)		香味成分总量/(μg·g ⁻¹)	
	均值	RSD	均值	RSD	均值	RSD
试验 1	2.233 0 ^{Ba}	0.84	2.448 6 ^{Aa}	6.89	4.956 6 ^{Aa}	4.11
试验 2	2.384 3 ^{Aa}	2.61	1.739 8 ^{Ba}	8.34	4.124 2 ^{Ba}	4.28
试验 3	1.953 3 ^{Ca}	0.35	1.152 8 ^{Ca}	17.30	3.106 1 ^{Ca}	6.27
试验 4	1.839 3 ^{Da}	2.31	1.083 8 ^{Ca}	1.20	2.923 1 ^{Ca}	1.16

† 同列大写字母不同表示差异极显著($P<0.01$);同列小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

美拉德反应产生,是白肋烟的特征香味物质,对改善香气和余味、减少杂气和刺激性具有重要意义。

试验 1 和试验 2 的还原糖含量与氨基酸含量间不存在显著差异,而总糖、碱性香味物质、脯氨酸、香味物质总量间存在极显著差异($P<0.01$),说明试验 1 与试验 2 之间的烘焙处理,可能发生不同程度的美拉德反应、焦糖化及斯特雷克分解,从而产生不同种类的香味物质,使香味物质含量出现显著差异,且非还原性糖如蔗糖发生水解产生单糖,使还原糖含量变化不显著;试验 3 与试验 1、试验 2 之间各物质均存在显著或极显著差异。且试验 1 烘焙条件下致香物质总和为 4.681 6%,含量最高,对白肋烟烘焙增香效果最好,因此认为白肋烟烘焙最佳条件为一区 110 ℃(3 min),二区 145 ℃(3 min),三区 135 ℃(3 min)。

3 结论

以烘箱法模拟白肋烟三区干燥,并对烘焙后白肋烟还原糖及总糖含量进行了测定。结果表明,烘焙后白肋烟还原糖及总糖含量均存在明显差异。对烘焙后白肋烟还原糖含量与烘焙工艺参数进行模型拟合,拟合结果较好($R^2=0.947$),且模型表明,干燥一区与二区是决定白肋烟烘焙后还原糖含量的重要因素。经回归模型规划求解所得白肋烟的最佳烘焙参数为一区 110 ℃(3 min),二区 145 ℃(3 min),三区 135 ℃(3 min),此时美拉德反应进行充分,所得香味物质总量较高,白肋烟烘焙增香效果较好。

试验以白肋烟原料为例,以还原糖含量与干燥三区温度的关系间接评价白肋烟烘焙增香效果,而随着白肋烟品种以及加料种类及用量的变化,此回归模型是否依然适用仍需加以验证。

参考文献

[1] 于建军. 卷烟工艺学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 173.
YU Jian-jun. Cigarette technology[M]. Beijing: China Agricultural

Press, 2009: 173.
[2] 徐丽霞, 安毅, 关体青, 等. 不同烘培条件下白肋烟感官质量与化学成分相关性分析[J]. 郑州轻工业学院学报, 2012, 27(5): 46-54.
XU Li-xia, AN Yi, GUAN Ti-qing, et al. The correlation analysis of sensory quality of burley tobacco and its chemical constituents under different roasting conditions[J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry, 2012, 27(5): 46-54.
[3] 张强, 董高峰, 李红武, 等. 烘培工艺参数对白肋烟评吸总分的贡献率分析[J]. 中国烟草科学, 2012, 33(6): 44-47.
ZHANG Qiang, DONG Gao-feng, LI Hong-wu, et al. Analysis on the contribution rate of technical parameters in burley roasting to integrated score of smoking[J]. Chinese Tobacco Science, 2012, 33(6): 44-47.
[4] 安毅, 徐丽霞, 杨靖, 等. 烘焙条件对白肋烟重要致香成分的影响[J]. 烟草科技, 2012(10): 56-60.
AN Yi, XU Li-xia, YANG Jing, et al. Effects of baking conditions on major aroma components in Burley Tobacco[J]. Tobacco Science & Technology, 2012(10): 56-60.
[5] 胡建军, 王戌华, 马明, 等. 白肋烟处理工艺的理论和技术探讨[J]. 烟草科技, 2000(9): 12-14.
HU Jian-jun, WANG Shu-hua, MA Ming, et al. Discussion on the theory and technology of Burley Tobacco treatment process[J]. Tobacco Science & Technology, 2000(9): 12-14.
[6] 谢剑平, 赵明月, 吴鸣, 等. 白肋烟重要香味物质组成的研究[J]. 烟草科技, 2002(10): 3-16.
XIE Jian-ping, ZHAO Ming-yue, WU Ming, et al. Study on some important aroma components in Burley Tobacco [J]. Tobacco Science & Technology, 2002(10): 3-16.
[7] 刘立全, 王月霞. 美拉德反应在烟草增香中的应用研究进展[J]. 烟草科技, 1994(6): 21-24.
LIU Li-quan, WANG Yue-xia. Progress on applications of Maillard reaction in tobacco aroma enhancement [J]. Tobacco Science &

- Technology, 1994(6): 21-24.
- [8] 毛多斌, 张槐岭, 贾春晓, 等. 卷烟香味化学[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1993: 360-366.
- MAO Duo-bin, ZHANG Hui-ling, JIA Chun-xiao, et al. Cigarette flavor chemistry[M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1993: 360-366.
- [9] 李辉, 张明文, 岳先领, 等. 不同烘焙条件对白肋烟氨基酸含量影响[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2016, 28(2): 83-86.
- LI Hui, ZHANG Wen-ming, YUE Xian-ling, et al. Effect of different baking conditions on the amino acids of white rib tobacco[J]. Journal of Hunan University of Arts and Science (Science and Technology), 2016, 28(2): 83-86.
- [10] 刘开楠. 白肋烟烘焙工艺研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014: 10.
- LIU Kai-nan. Baking technology of Burley Tobacco[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2014: 10.
- [11] 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.
- ZHANG Jie, DU Guo-rong, BAI Ruo-shi, et al. Effects of sugar addition on aroma products in the process of burley tobacco roasting [J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2018, 44(6): 580-586.
- [12] 舒俊生, 陈开波, 毛健. 烘焙对国产白肋烟中糖氨 Maillard 反应的影响[J]. 中国食品学报, 2013, 13(3): 59-64.
- SHU Jun-sheng, CHEN Kai-bo, MAO Jian. Effects of roasting on Maillard reactions of reducing sugar and ammonia in domestic burley tobacco[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2013, 13(3): 59-64.
- [13] 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.
- CHENG Chuan-ling, NIU Ting-ting, YANG Yan-qin, et al. influence of baking conditions on the aroma enhancement effect of burley Tobacco and its evaluation index[J]. Journal of Light Industry, 2017, 32(2): 58-63.
- [14] 邓波, 王维维, 张小涛, 等. 顶空固相微萃取—气相色谱/质谱联用法结合化学计量学分析白肋烟烘焙前后挥发性、半挥发性成分[J]. 色谱, 2019, 37(12): 1 373-1 382.
- DENG Bo, WANG Wei-wei, ZHANG Xiao-tao, et al. Analysis of volatile and semivolatile components of burley tobacco before and after baking by headspace solid-phase microextraction gas chromatography/mass spectrometry with chemometrics [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2019, 37(12): 1 373-1 382.
- [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: 399-401.
- State Tobacco Monopoly Bureau. Tobacco and tobacco products: Determination of water-soluble sugars: Continuous flow method: YC/T 159—2002[S]. Beijing: China Standard Press, 2002: 399-401.
- [16] 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: 411-413.
- State Tobacco Monopoly Bureau. Tobacco and tobacco products: Determination of total nitrogen, Continuous flow method: YC/T 161—2002[S]. Beijing: China Standard Press, 2002: 411-413.
- [17] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法: YC/T 160—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002: 405-407.
- State Tobacco Monopoly Bureau. Tobacco and tobacco products: Determination of total alkaloids, Continuous flow method: YC/T 160—2002[S]. Beijing: China Standard Press, 2002: 405-407.
- (上接第 165 页)
- [25] 刘真, 朱丽霞. 5-羟甲基糠醛、糠醛、乙酰呋喃、呋喃酮、5-甲基糠醛的高效液相检测方法[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(18): 166-170.
- LIU Zhen, ZHU Li-xia. High performance liquid phase method for determination of Pentahydroxymethylfurfural, Furfural, Acetylfuran, Furanone and Pentamethylfurfural[J]. Food Research and Development, 2019, 40(18): 166-170.
- [26] 樊杉杉, 管桂坤, 苏雅芝, 等. 采用 GC-O-MS 结合香气活力值分析兰陵美酒香气活性组分特征[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(1): 243-249.
- FAN Shan-shan, GUAN Gui-kun, SU Ya-zhi, et al. Characterization of the aroma-active components in Lanling Meijiu based on GC-O-MS and OAV[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(1): 243-249.
- [27] 朱珠芸茜, 王斌, 邓乾坤, 等. 新疆 5 种鲜食葡萄挥发性香气成分比较分析[J]. 农产品加工, 2020(20): 68-74.
- ZHU Zhu-yun-qian, WANG Bin, DENG Qian-kun, et al. Comparing analysis of aroma components among five table grapes from Xinjiang region[J]. Farm Products Processing, 2020(20): 68-74.
- [28] 吕姗, 凌敏, 董浩爽, 等. 烘干温度对大枣香气成分及理化指标的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(2): 139-145.
- LU Shan, LING Min, DONG Hao-shuang, et al. Effect of drying temperature on the aroma components and physiochemical properties of jujube[J]. Food Science, 2017, 38(2): 139-145.
- [29] 孙优兰, 黄永光, 唐东亚, 等. 基于香气活性值及感官属性对金银花尾酒酿造风味食醋特征的分析[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(15): 233-242.
- SUN You-lan, HUANG Yong-guang, TANG Ya-dong, et al. Analysis of flavor characteristics of vinegar brewed by honeysuckle tail liquor based on odor activity value and sensory attributes[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(15): 233-242.
- [30] 莫新良, 徐岩, 范文来. 黄酒储存期间 4-乙基愈疮木酚和香草醛的变化及影响因素[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(2): 29-34.
- MO Xin-liang, XU Yan, FAN Wen-lai. Evolution of 4-vinylguaiacol and vanillin as well as factors affected its change during the storage of Chinese rice wines[J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(2): 29-34.