

## 氨基酸对不同烤烟品种烟叶美拉德反应的影响

李洪臣<sup>1</sup>, 朱顺成<sup>2\*</sup>

(1. 河南省烟草公司三门峡市公司, 河南三门峡 472000; 2. 三门峡市烟草公司卢氏县分公司, 河南三门峡 472000)

**摘要** 研究了不同烤烟品种烟叶氨基酸含量、烟叶陈化过程中美拉德反应情况, 并利用模拟试验研究了不同浓度的氨基酸对不同烤烟品种烟叶美拉德反应的影响。结果表明, 不同烤烟品种间各氨基酸组分含量均存在显著差异, 豫烟 10 号和豫烟 11 号烟叶氨基酸总量较高; 豫烟 10 号烟叶陈化前、后美拉德反应程度均较高, 且反应程度变化较大。除与半胱氨酸、甲硫氨酸和精氨酸相关性不显著外, 美拉德反应程度与其他氨基酸含量呈显著或极显著正相关; 烟叶喷施不同浓度脯氨酸、甘氨酸、赖氨酸和谷氨酸后, 美拉德反应程度均提高, 但不同氨基酸对美拉德反应的促进作用有差异。

**关键词** 烤烟; 氨基酸; 美拉德反应

**中图分类号** S572 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2020)03-0026-03

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.03.007



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Effects of Amino Acid on Maillard Reaction in Tobacco Leaves among Different Varieties

LI Hong-chen<sup>1</sup>, ZHU Shun-cheng<sup>2</sup> (1. Sanmenxia Company of Henan Tobacco Company, Sanmenxia, Henan 472000; 2. Lushi Company of Sanmenxia Tobacco Company, Sanmenxia, Henan 472000)

**Abstract** Amino acid content in tobacco leaf of different tobacco varieties and Maillard reaction during tobacco leaf aging were studied, and the effects of amino acids in different concentrations on the Maillard reaction of tobacco leaf were also studied by simulation tests. The results showed that there were significant differences in the content of each amino acid component, Yuyan No. 10 and Yuyan No. 11 showed higher total amino acids; the degree of Maillard reaction in Yuyan No. 10 was higher before and after the aging with great changes. The relationships were significant or very significant between Maillard reaction and amino acids except cysteine, methionine and arginine; when the proline, glycine, lysine and glutamate were sprayed in tobacco leaves, the degrees of Maillard reaction were all increased, but the promotions were different.

**Key words** Tobacco; Amino acid; Maillard reaction

美拉德反应是烟草特征香味形成的主要来源之一<sup>[1]</sup>, 反应产物具有多种致香成分, 香味物质阈值较低、刺激性较小、香气质好<sup>[2]</sup>。美拉德反应产物在增加香气同时, 可以降低杂气和刺激性, 改善低次烟的品质, 为烟草感官质量提供较大贡献率<sup>[3]</sup>。在烟叶自身生长发育及烘烤和陈化过程中, 美拉德反应产物不断积累, 且品种间存在差异<sup>[4-5]</sup>。研究表明, 品种间的氨基酸和还原糖含量存在显著差异, 在外界条件一致的情况下, 两者作为美拉德反应的底物, 是控制美拉德反应的关键因素<sup>[6-7]</sup>。鉴于此, 为了揭示氨基酸对烟叶美拉德反应的影响及品种间差异, 笔者选用了不同品种烟叶喷施不同浓度的氨基酸进行模拟试验, 从而筛选优质烤烟品种, 控制烟叶美拉德反应, 旨在为提高烟叶香气品质提供理论依据。

## 1 材料与与方法

**1.1 试验材料** 供试材料为烤烟品种豫烟 10 号、中烟 100、云烟 85、豫烟 11 号、云烟 87、豫烟 8 号、豫烟 7 号、NC71 和 NC89。

**1.2 试验设计** 试验在河南农业大学试验室内开展, 将烤烟品种豫烟 10 号和 NC89 烤后烟叶烘干粉碎后分别装于自封袋内, 每包 40 g, 分别均匀喷施 10 mL 不同浓度的谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸、赖氨酸溶液。试验设 3 个处理, 分别为 T0 (清水对照处理)、T1 (0.01 mol/L 氨基酸)、T2 (0.03 mol/L 氨基酸)。将各处理水分平衡至约 13%, 放入干燥器中。干燥器底部装有 20 °C 饱和碘化钾溶液, 其湿度约 69%, 密闭放

入 45 °C 恒温培养箱中进行人工发酵。放入前先测定各样品的美拉德反应程度(以 420 nm 褐变程度表示), 之后每 7 d 测 1 次, 连续测 4 次, 重复 3 次。

## 1.3 测定项目与方法

**1.3.1 氨基酸含量的测定。** 采用高效液相色谱法测定烟叶中氨基酸含量<sup>[8]</sup>。

**1.3.2 烟叶美拉德反应程度的测定。** 取在 50 °C 下烘干、碾碎后的烟叶 5 g 放入 500 mL 烧杯中, 添加 250 mL 的蒸馏水, 在超声波清洗仪中进行超声, 时间为 15 min。之后将液体进行过滤, 滤液作为样品储备液。测定时将样品储备液按适当倍数进行稀释, 于紫外分光光度计上测定 A<sub>420</sub>。

## 2 结果与分析

**2.1 不同烤烟品种烟叶氨基酸含量比较** 由表 1 可知, 不同烤烟品种烟叶氨基酸总量均值 7.04 mg/g, 变异系数为 14.03, 说明不同品种烟叶氨基酸总量存在显著差异。豫烟 10 号和豫烟 11 号烟叶氨基酸总量较高, NC89 和豫烟 8 号较低。烟叶氨基酸含量较高的有脯氨酸、谷氨酸、天冬氨酸, 其他氨基酸的均值均小于 0.5 mg/g, 甲硫氨酸和半胱氨酸含量较低。氨基酸各组分变异系数为 11.37~58.33, 说明不同烤烟品种间各氨基酸组分含量均存在显著差异。

**2.2 不同烤烟品种烟叶陈化过程中美拉德反应程度比较** 由表 2 可知, 烟叶陈化前和陈化 1 年后, 美拉德反应程度变异系数分别为 10.42 和 11.04, 说明不同烤烟品种间美拉德反应存在差异。陈化后, 各品种美拉德反应程度均增加。陈化前豫烟 10 号、豫烟 7 号、中烟 100 和云烟 87 美拉德反应程度较高, 显著高于 NC89、云烟 85 和豫烟 8 号。陈化 1

**基金项目** 河南省烟草公司转型升级科技攻关项目(HYKJ201801)。  
**作者简介** 李洪臣(1985—), 男, 河北唐山人, 硕士, 从事烟草品种选育与推广研究。\* 通信作者, 从事烟叶生产技术研究。  
**收稿日期** 2019-09-08

年后,豫烟 10 号、豫烟 7 号和豫烟 11 号美拉德反应程度较高,NC89、豫烟 8 号和 NC71 较低,反应程度变化较大的为豫

烟 10 号、豫烟 11 号、云烟 85 和豫烟 7 号,变化较小的为 NC89、云烟 87、豫烟 8 号和 NC71。

表 1 不同烤烟品种烟叶氨基酸含量比较

Table 1 Comparison of the amino acid contents in tobacco leaves of different flue-cured tobaccos

mg/g

品种名称 Variety name	天冬氨酸 Aspartic acid	苏氨酸 Threonine	丝氨酸 Serine	谷氨酸 Glutamic acid	甘氨酸 Glycine	丙氨酸 Alanine	半胱氨酸 Cysteine	缬氨酸 Valine	甲硫氨酸 Methionine
豫烟 10 号 Yuyan 10	0.84	0.37	0.42	1.21	0.46	0.61	0.15	0.48	0.14
中烟 100 Zhongyan 100	0.71	0.3	0.33	0.91	0.37	0.50	0.25	0.38	0.14
NC89	0.70	0.26	0.29	0.84	0.32	0.44	0.09	0.33	0.11
云烟 85 Yunyan 85	0.92	0.30	0.35	1.08	0.38	0.50	0.22	0.4	0.13
豫烟 11 号 Yuyan 11	0.87	0.30	0.36	1.11	0.40	0.50	0.25	0.41	0.01
云烟 87 Yunyan 87	0.81	0.26	0.30	1.03	0.32	0.42	0.23	0.34	0.13
豫烟 8 号 Yuyan 8	0.7	0.22	0.25	0.9	0.27	0.37	0.16	0.28	0.07
豫烟 7 号 Yuyan 7	0.71	0.28	0.31	0.89	0.35	0.45	0.09	0.35	0.12
NC71	0.66	0.24	0.26	0.88	0.30	0.40	0.17	0.31	0.29
均值 Average	0.77	0.28	0.32	0.98	0.35	0.47	0.18	0.36	0.13
标准误差 Standard error	0.09	0.04	0.05	0.13	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07
变异系数 Variable coefficient	11.92	15.84	16.72	13.00	16.59	15.15	34.48	16.52	58.33
品种名称 Variety name	异亮氨酸 Isoleucine	亮氨酸 Leucine	酪氨酸 Tyrosine	苯丙氨酸 Phenylalanine	组氨酸 Histidine	赖氨酸 Lysine	精氨酸 Arginine	脯氨酸 Proline	总量 Total
豫烟 10 号 Yuyan 10	0.38	0.63	0.34	0.49	0.43	0.46	0.6	1.54	8.74
中烟 100 Zhongyan 100	0.31	0.49	0.27	0.37	0.37	0.30	0.47	1.45	7.11
NC89	0.27	0.42	0.23	0.32	0.34	0.30	0.38	1.00	5.85
云烟 85 Yunyan 85	0.32	0.50	0.27	0.39	0.38	0.38	0.43	1.32	7.46
豫烟 11 号 Yuyan 11	0.32	0.53	0.24	0.36	0.37	0.31	0.45	1.55	8.33
云烟 87 Yunyan 87	0.27	0.43	0.23	0.36	0.34	0.3	0.38	1.25	6.59
豫烟 8 号 Yuyan 8	0.22	0.37	0.18	0.27	0.29	0.21	0.36	0.91	6.02
豫烟 7 号 Yuyan 7	0.3	0.46	0.26	0.35	0.37	0.32	0.41	1.27	6.47
NC71	0.24	0.42	0.20	0.29	0.31	0.24	0.40	1.16	6.75
均值 Average	0.29	0.47	0.25	0.36	0.36	0.31	0.43	1.27	7.04
标准误差 Standard error	0.05	0.08	0.05	0.06	0.04	0.07	0.07	0.22	0.99
变异系数 Variable coefficient	16.53	16.4	19.37	17.44	11.37	22.64	17.11	17.67	14.03

表 2 不同烤烟品种烟叶陈化过程中美拉德反应程度比较

Table 2 Comparison of the Maillard reaction during the tobacco leaf aging process of different flue-cured tobacco varieties

品种名称 Variety name	陈化前 Before aging	陈化 1 年 1 year after aging	反应程度变化 Changes of reaction degree
豫烟 10 号 Yuyan 10	0.78 a	1.11 a	0.33 a
中烟 100 Zhongyan 100	0.76 a	1.01 ab	0.24 ab
NC89	0.60 b	0.81 b	0.21 b
云烟 85 Yunyan 85	0.61 b	0.90 ab	0.29 a
豫烟 11 号 Yuyan 11	0.70 ab	1.04 ab	0.34 a
云烟 87 Yunyan 87	0.76 a	0.96 ab	0.20 b
豫烟 8 号 Yuyan 8	0.63 b	0.84 b	0.22 b
豫烟 7 号 Yuyan 7	0.77 a	1.06 ab	0.28 a
NC71	0.70ab	0.87 b	0.16 b
均值 Average	0.70	0.96	0.26
标准误差 Standard error	0.07	0.11	0.06
变异系数 Variable coefficient	10.42	11.04	24.12

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.3 烟叶氨基酸与美拉德反应的相关性 由表 3 可知,美拉德反应程度与氨基酸总量呈显著正相关,除与半胱氨酸、甲硫氨酸和精氨酸相关性不显著外,与其他氨基酸含量呈显

著或极显著正相关。

表 3 烟叶氨基酸含量与美拉德反应程度的相关性

Table 3 Correlation between the amino acid content of tobacco leaves and the degree of Maillard reaction

序号 No.	氨基酸 Amino acid	美拉德反应程度 Maillard reaction degree
1	天冬氨酸	0.711 *
2	苏氨酸	0.781 *
3	丝氨酸	0.849 **
4	谷氨酸	0.740 *
5	甘氨酸	0.843 **
6	丙氨酸	0.778 *
7	半胱氨酸	0.153
8	缬氨酸	0.818 **
9	甲硫氨酸	-0.606
10	异亮氨酸	0.827 **
11	亮氨酸	0.805 **
12	酪氨酸	0.688 *
13	苯丙氨酸	0.700 *
14	组氨酸	0.789 *
15	赖氨酸	0.707 *
16	精氨酸	0.665
17	脯氨酸	0.722 *
18	氨基酸总量	0.779 *

注: \* 表示在 0.05 水平上显著相关; \*\* 表示在 0.01 水平上极显著相关

Note: \* indicated significant correlation at 0.05 level; \*\* indicated extremely significant correlation at 0.01 level

**2.4 不同谷氨酸处理对烟叶美拉德反应的影响** 由图1可知,处理0~7 d时品种间美拉德反应程度差异显著,不同浓度处理间差异不明显。处理7~14 d时,NC89的美拉德反应程度缓慢增加,豫烟10号的对照变化不大,低浓度和高浓度处理均大幅增加。处理14~21 d时变化平稳,至处理28 d时平稳上升,最终高浓度谷氨酸处理美拉德反应程度最高,对照最低,NC89的对照与低浓度处理美拉德反应程度相差不大。在同一浓度处理下豫烟10号的美拉德反应程度高于NC89。

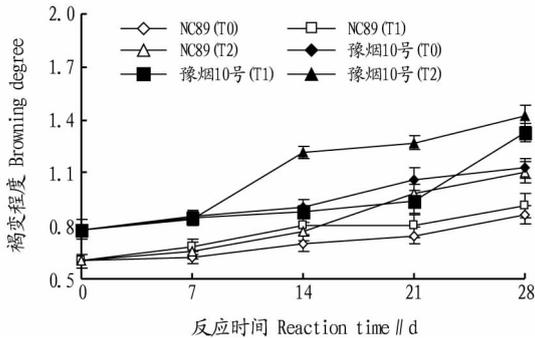


图1 不同谷氨酸处理对烟叶美拉德反应的影响

Fig. 1 Effects of different glutamic acid treatments on the Maillard reaction of tobacco leaves

**2.5 不同脯氨酸处理对烟叶美拉德反应的影响** 由图2可知,处理0~7 d时品种间及不同浓度处理间差异均不明显。处理7~14 d时,NC89和豫烟10号的美拉德反应程度缓慢增加,豫烟10号低浓度与对照相比差异不大,高浓度处理大幅增加。处理14~21 d时变化平稳,至处理28 d时平稳上升,最终不同品种间低浓度和高浓度处理均高于对照。在同一浓度处理下豫烟10号的美拉德反应程度高于NC89。

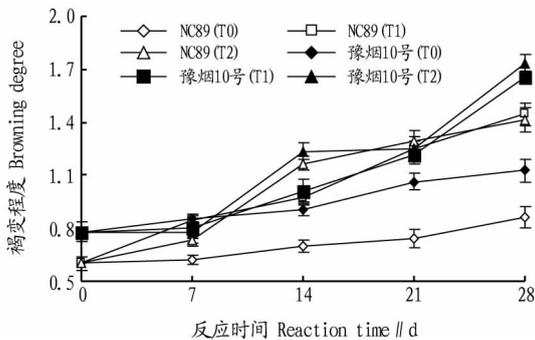


图2 不同脯氨酸处理对烟叶美拉德反应的影响

Fig. 2 Effects of different proline treatments on the Maillard reaction of tobacco leaves

**2.6 不同甘氨酸处理对烟叶美拉德反应的影响** 由图3可知,处理0~7 d时品种间美拉德反应程度差异显著。处理7~14 d时,NC89的美拉德反应程度缓慢增加,除NC89对照较低外,其他处理间相差不大。处理14~21 d时美拉德反应程度快速增加,至处理28 d时NC89平稳上升,豫烟10号喷施甘氨酸的处理美拉德反应程度仍大幅升高。高浓度甘氨酸处理的美拉德反应程度最高,对照反应程度最低。在同一浓度处理下豫烟10号的美拉德反应程度高于NC89。

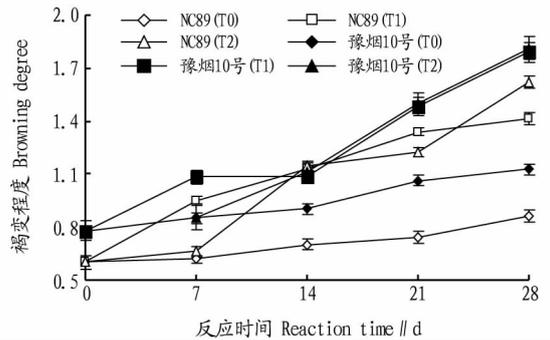


图3 甘氨酸对烟叶美拉德反应的影响

Fig. 3 Effects of different glycine treatments on the Maillard reaction of tobacco leaves

**2.7 不同赖氨酸处理对烟叶美拉德反应的影响** 由图4可知,处理0~7 d时,品种间美拉德反应程度差异显著,不同浓度处理间差异也较大。处理7~14 d时,喷施赖氨酸溶液的处理美拉德反应程度均快速升高。处理14~21 d时,NC89各处理美拉德反应程度变化平稳,豫烟10号各处理的美拉德反应程度快速升高直至处理28 d。高浓度谷氨酸处理的美拉德反应程度最高,其次为低浓度处理,但2个处理相差不大。在同一浓度处理下,豫烟10号的美拉德反应程度高于NC89。

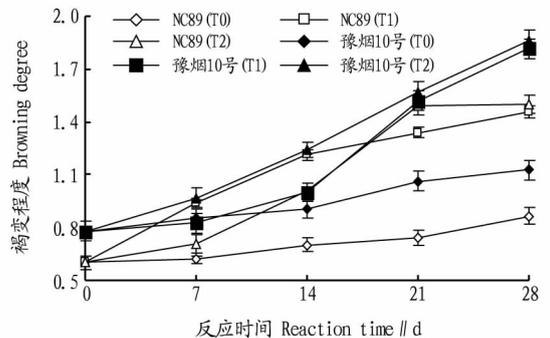


图4 不同赖氨酸处理对烟叶美拉德反应的影响

Fig. 4 Effects of different lysine treatments on the Maillard reaction of tobacco leaves

### 3 结论与讨论

氨基酸是美拉德反应的物质基础之一,烤后烟叶中的脯氨酸、谷氨酸和天冬氨酸含量较高。3种氨基酸含量较高的品种为豫烟10号和豫烟11号,含量较低的为NC89和豫烟8号。不同烤烟品种烤后烟叶氨基酸总量和各组分含量均存在差异,这些差异可导致美拉德反应速度和最终产物的成分及香气特征的不同<sup>[9-10]</sup>。

不同烤烟品种烤后烟叶陈化前和陈化1年后美拉德反应程度均存在差异,豫烟10和豫烟7号品种陈化前、陈化1年后美拉德反应程度均较高且变化较大,NC89和豫烟8号品种均较低且变化较小。美拉德反应程度除与半胱氨酸、甲硫氨酸和精氨酸相关性不显著外,与其他氨基酸含量呈显著或极显著正相关。通过对比品种间氨基酸含量、烟叶陈化前后美拉德反应程度,可推测品种间氨基酸含量的差异是美拉

(下转第53页)



图 5 生根状况

Fig. 5 Rooting status



图 6 生根苗状况

Fig. 6 Status of rooting seedlings

### 3 结论

自 2015 年我国马铃薯主粮化以来,马铃薯栽培面积不断扩大,市场潜力巨大。在昌果红皮马铃薯成功销往全国的带动下,山南地区开始大力推广红皮马铃薯种植,由于种植

(上接第 28 页)

德反应程度差异的重要原因之一,在一定范围内氨基酸含量越高,美拉德反应程度越高。

喷施不同种类的外源氨基酸后,烟叶美拉德反应程度均有不同程度的提高,脯氨酸、甘氨酸和赖氨酸美拉德反应程度变化较大,谷氨酸变化最小。高浓度谷氨酸和赖氨酸处理美拉德反应程度显著高于低浓度处理,而高浓度脯氨酸处理与低浓度处理相差不大,这可能因为脯氨酸是碱性氨基酸,更易与还原糖发生美拉德反应<sup>[9]</sup>。

### 参考文献

- [1] 于建军,庞天河,任晓红,等. 烤烟中性致香物质与评吸结果关系研究[J]. 河南农业大学学报,2006,40(4):346-349.
- [2] 王莹. 美拉德反应的工艺条件优化及其产物的 GC-MS 鉴定、卷烟加香

面积迅速增加,红皮马铃薯种苗需求量也急剧增加,培育马铃薯脱毒苗已成为解决种苗问题的关键<sup>[6]</sup>。

该研究以采自西藏山南地区隆子县加玉乡卡布沟的红皮马铃薯为试验材料,利用茎尖脱毒技术,获得茎尖脱毒苗,建立快繁再生系统,结果表明,适宜红皮马铃薯脱毒苗不同培养阶段的培养基分别为分化培养基:MS+6-BA 0.3 mg/L+NAA 0.02 mg/L;继代培养基:MS+6-BA 0.2 mg/L+NAA 0.05 mg/L;生根培养基:MS+IBA 0.2 mg/L。而 1976 年中国科学院遗传研究所成功培养 2 个马铃薯品种的茎尖脱毒苗,初代培养基采用 MS 附加 0.8 mg/L GA<sub>3</sub><sup>[9]</sup>,张玲<sup>[8]</sup>在马铃薯组织培养技术研究中,芽诱导培养基采用 MS+6-BA 0.3 mg/L+NAA 0.2 mg/L<sup>[8]</sup>,与该试验有所不同,属于不同品种的培养差异。不同培养阶段的培养基,激素浓度都不是很高,但脱毒苗生长良好,如果用于生产则可以降低生产成本,提高收益。

### 参考文献

- [1] 宋善允,王鹏祥. 西藏气候[M]. 北京:气象出版社,2013.
- [2] 杨文玺. 马铃薯生长发育与环境[M]. 武汉:武汉大学出版社,2015.
- [3] 原霁虹,韩黎明,尹彩云. 马铃薯生产技术[M]. 武汉:武汉大学出版社,2015.
- [4] 许娟妮. 西藏自治区马铃薯生产现状及发展对策[J]. 现代农业科技,2017(10):102.
- [5] 许娟妮. 西藏马铃薯地方资源收集与评价[J]. 现代农业科技,2014(8):114,118.
- [6] 赵林,牛继平,魏治镭. 西藏自治区昌都市马铃薯产业发展现状、问题及对策[J]. 中国种业,2017(9):39-40.
- [7] 安利佳,姜长阳. 植物组织培养导论[M]. 大连:辽宁师范大学出版社,1996.
- [8] 张玲. 马铃薯组织培养技术研究[J]. 西南科技大学学报,2004,19(1):88-90.
- [9] 司怀军,王蒂,戴朝曦,等. 我国马铃薯组织和细胞培养研究进展[J]. 中国马铃薯,2000,14(4):220-224.
- [10] 白云,马箭超,聂文丹,等. 一种简易快速获得脱毒马铃薯幼苗的方法[J]. 河北师范大学学报(自然科学版),2017,41(2):169-171.

应用研究[D]. 郑州:河南农业大学,2009.

- [3] 郭俊成,张悠金,舒俊生,等. 烟用美拉德反应香料研究[J]. 安徽农业大学学报,2002,29(1):95-99.
- [4] 刘丽. 烤烟常规化学成分与物理特性和中性挥发性香味成分的关系分析[D]. 郑州:河南农业大学,2008.
- [5] 丁燕芳,李亚培,张小全,等. 基因型、环境及其互作对烤烟主要致香成分的影响[J]. 西北农业学报,2012,21(3):97-102.
- [6] 李永智,寸锦芬,李元贵,等. 烤烟不同品种、地点游离氨基酸含量变化初探[J]. 云南农业大学学报,2004,19(5):565-568.
- [7] 文大荣,吴玉萍,陈萍,等. 云南烤烟不同品种和产区还原糖的差异分析[J]. 西南农业学报,2010,23(2):340-343.
- [8] 柳昕,景延秋,张豹林,等. 不同晾制湿度对白肋烟常规化学成分和游离氨基酸含量的影响[J]. 河南农业科学,2014,43(11):151-155.
- [9] 金闻博,戴亚,杨俊. 烟草化学分析与烟气分析[M]. 南昌:江西科学技术出版社,1993.
- [10] 张洁. Maillard 反应制备两种天然食用香料化合物的研究[D]. 北京:北京工商大学,2008.