

酵母菌对梗丝香气品质的影响

李航^{1,2}, 张兴涛², 尧珍玉², 彭开宝², 夏非², 张改红^{1*}

(1. 郑州轻工业大学食品与生物工程学院, 河南郑州 450002; 2. 云南瑞升烟草(集团)技术有限责任公司, 云南昆明 650106)

摘要 为了探究微生物处理对梗丝品质的影响, 利用 1 株酵母菌对梗丝进行了处理。在添加量为 1%、反应温度为 28 ℃、物料含水率控制在 45% 时, 对过程中不同时间段的梗丝常规化学成分、致香成分进行了测定与分析, 并对梗丝进行感官质量评价。结果表明: 通过微生物对梗丝的作用, 梗丝内总糖、还原糖含量随时间的延长呈线性关系降低, 其他化学常规成分含量基本稳定不变。致香成分总量在处理 18 h 时达到最大值, 较对照增加 35.45%; 在处理 24 h 时, 感官质量评价最佳, 主要表现在香气量提升, 余味改善, 致香成分总量较对照增加了 9.10%。

关键词 酵母菌; 梗丝; 香气品质; 化学成分; 致香成分; 感官品质

中图分类号 TS41⁺1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)17-0178-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.17.047



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effect of Yeast on the Aroma Quality of Stem-silk

LI Hang^{1,2}, ZHANG Xing-tao², YAO Zhen-yu² et al (1. School of Food and Biological Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, Henan 450002; 2. Yunnan Reascend Tobacco Technology (Group) Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650106)

Abstract In order to investigate the effects of microbiological treatment on tobacco stem-silk, one strain of yeast was used. While the yeast addition amount was 1%, the moisture content was 45%, and the reaction temperature was 28 ℃, chemical components and aroma components were determined at different periods, and the sensory quality was evaluated. The results showed that the content of total sugar and reducing sugar had a downward trend and the content of other material was basically stable with the extension of processing time. The total aroma constituents of tobacco stem-silk reached a maximum at 18 h, increasing 35.98% than the untreated. At 24 h, the tobacco stem-silk had a best sensory quality, which was mainly reflected in the increase of aroma and aftertaste. The total aroma constituents of tobacco stem-silk increased 9.27% than the untreated.

Key words Yeast; Stem-silk; Aroma quality; Chemical composition; Aroma component; Sensory quality

随着我国烟草行业的发展, 原料的日益紧缺以及降焦减害、降本增效的持续开展, 烟梗制品将在卷烟叶组配方中占有更重要的地位。在配方中加入梗丝后, 减少了烟丝用量, 降低了卷烟成本, 但由于烟梗中绝大多数香味致香成分含量都低于相应的叶片^[1-3], 细胞壁物质含量较高, 热裂解产物具有较强的刺激性和杂气、香气淡薄, 带有一定的灼热感^[4-5], 限制了其在卷烟中的应用, 因而如何提高梗丝的品质是当前急需解决的问题。

微生物在烟草陈化发酵改善品质过程中起着至关重要的作用, 通过直接或间接利用某些木质素、纤维素、蛋白质和微量元素等营养源, 分解代谢合成出不同种类的生物酶, 促进致香成分产生和积累并降低有害成分的含量^[6-7]。陈兴等^[8]利用从醇化烤烟烟叶表面分离得到的微生物菌株 V35 制成菌剂处理梗丝改善品质, 提升梗丝香气量, 降低杂气和刺激性。巩效伟等^[9]利用产香微生物处理梗丝, 香气成分的含量有所增加, 提升梗丝品质。酵母菌是微生物中重要的一种, 可产生风味物质, 增香效果显著、安全性较强。现已有将酵母菌应用于烟草中的相关研究。Koller^[10]在雪茄烟叶发酵过程中添加酵母菌, 有效缩短了发酵时间; 郭林青等^[11]利用从水果表面筛选出的汉逊酵母菌对烟末进行发酵改善其特征香味; 郑坚强等^[12]利用西方许旺酵母发酵处理后的烟叶香气质和香气量均有所增加, 感官质量明显改善; 戴丽君

等^[13]利用酵母处理烟梗萃取浓缩液, 提高造纸法再造烟叶整体吃味质量; 周琰等^[14]利用生香酵母发酵处理烟梗提取液发酵 48 h, 总香气成分增加了 172.13%; 张晨等^[15]利用酿酒酵母改进烟草萃取液的香气特性。但目前将酵母菌应用于梗丝上的研究鲜见报道。因此, 该研究主要将酵母菌应用于梗丝上, 探讨处理过程中香气品质的变化, 以期提高梗丝的可用性, 增加在叶组配方中用量, 旨在为烟梗制品在卷烟工业中更好的应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与设备 新型梗丝样品(2010 年、云南烤烟长梗 K326, 经微波膨胀、回潮、切片、切丝、干燥等工序制备而成); 酵母菌(国内某品牌); KBF-240 型恒温恒湿箱(Binder 公司, 德国); BT224S 型电子秤(0.000 1 g, Sartorius 公司, 德国); YD2430 填充值测定仪(郑州嘉德机电科技有限公司); GZX-9140MBE 数显鼓风干燥箱(上海博讯实业有限公司医疗设备厂); 6890N/5973N 气相/质谱联用仪(美国 Agilent 公司); AA3 连续流动化学分析仪(德国, 布朗-卢比公司)。

1.2 方法

1.2.1 梗丝处理。称取 5 kg 的新型梗丝样品, 以质量分数 1.0% 的酵母用超纯水溶解, 用喷雾器将处理液均匀喷洒加至梗丝上, 含水率控制在 45% 左右, 将梗丝装入密封袋, 并在袋上扎少量小孔, 放入恒温恒湿箱中培养, 培养温度设置为 28 ℃。每次均从外向里取样 100 g, 每间隔 6 h 取样一次, 时间梯度设置分别为 6、12、18、24 和 30 h, 对照选用喷洒超纯水控制最终含水率为 45% 左右的样品。取出的样品及对照样需放入温度设置为 120 ℃烘箱中杀菌、烘干, 最终含水率控

作者简介 李航(1987—), 女, 河南漯河人, 助理工程师, 在读硕士, 从事烟草工艺技术、产品开发等研究。* 通信作者, 副教授, 博士, 硕士生导师, 从事烟草化学相关研究。

收稿日期 2021-01-11; **修回日期** 2021-02-04

制在 11%~13%。设置 3 个重复。

1.2.2 化学成分的测定。按烟草行业标准方法(YC/T 159—2002、YC/T 160—2002、YC/T 161—2002、YC/T 162—2002、YC/T 217—2007)测定样品中总糖、还原糖、总烟碱、总氮、氯、钾的含量。

1.2.3 致香成分的测定。将样品磨碎,过 60 目筛,于温度 22 ℃和相对湿度 60%平衡 24 h,准确称取平衡后的粉末样品 26.0 g,置入同时蒸馏萃取装置中,并加入固定量的内标化合物,采用二氯甲烷作为溶剂对样品粉末进行连续动态萃取 2 h,所得提取物经无水硫酸钠干燥后浓缩定容至 1.0 mL。浓缩液采用 Agilent 6890N/5975 气相/质谱联用分析仪进行分析,所得图谱经计算机谱库(NIST05, Wiley275)检索,按照文献[16]的方法计算各峰的相对含量。

GC/MS 的分析条件:HP-5MS(30 m×0.25 mm×0.25 μm)毛细管柱;进样口温度 240 ℃;载气为 He,1 mL/min;程序升温:50 ℃(1 min) $\xrightarrow{8\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}}$ 160 ℃(2 min) $\xrightarrow{8\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}}$ 260 ℃(15 min);进样量 0.5 μL;分流比为 25:1;传输线温度 280 ℃;电离方式为 EI;电离能量 70 eV;离子源温度 230 ℃;4 级杆温度 160 ℃;质量范围 35~455 amu。

表 1 酵母菌处理梗丝过程中化学成分的变化

Table 1 Changes of chemical composition during the processing of stem-silk by yeast

处理 Treatment	总糖 Total sugar %	还原糖 Reducing sugar %	钾离子 Potassium ion %	总氮 TN %	烟碱 Nicotine %	氯离子 Chloridion %	糖氮比 Sugar-nitrogen ratio	糖碱比 Sugar-alkali ratio	两糖差 Two sugar difference
CK	14.47 aA	12.40 aA	5.35 aA	1.63 cB	0.43 aA	1.58 aA	8.89 aA	32.21 aA	2.07 aA
6 h	14.30 aAB	12.23 aA	5.38 aA	1.65 bcAB	0.45 aA	1.58 aA	8.63 aAB	32.18 aA	2.07 aA
12 h	13.65 bB	11.97 aAB	5.36 aA	1.66 abAB	0.44 aA	1.59 aA	8.20 bBC	30.59 abAB	1.68 abA
18 h	12.69 cC	11.47 bB	5.35 aA	1.65 bAB	0.44 aA	1.60 aA	7.67 cC	28.72 bBC	1.22 bcAB
24 h	11.91 dD	10.76 cC	5.31 aA	1.68 aA	0.45 aA	1.59 aA	7.07 dD	26.28 cCD	1.15 bcAB
30 h	11.11 eE	10.13 dD	5.30 bA	1.64 bB	0.45 aA	1.60 aA	6.75 dD	24.30 dD	0.98 cB

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)
Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences($P<0.05$), and different capital letters indicate extremely significant differences($P<0.01$)

2.2 酵母菌处理梗丝过程中致香成分的变化 利用 GC-MS 方法对样品梗丝中的致香成分进行检测,结果发现(表 2),在菌剂的处理下,各类物质的总量呈动态变化,按照功能团将致香成分分为酮类、醛类、醇类、酯类、酸类、烯炔类、酚类、杂环类 8 类物质,进行分类比较发现,酮类、醛类、醇类、酯类、酸类、烯炔类物质在反应前 6 h 含量降低,随后逐渐增高,达到最大值后,迅速降低。其中酮类物质、醛类物质、醇类物质、酸类物质总量均在 18 h 达到最大值;此时,对比对照,酮类物质总量增加 2.98%,主要表现在 3-羟基-2-丁酮、茄酮、β-二氢大马酮、巨豆三烯酮 A、巨豆三烯酮 B、巨豆三烯酮 C、香叶基丙酮含量增加;醛类物质总量虽然有所降低,但苯甲醛、糠醛含量有所增加;醇类物质总量增加 24.97%,主要表现在苯乙醇、植醇、西柏三烯二醇含量增加;酸类物质总量增加 62.68%,主要表现在 2-甲基丁酸、棕榈酸、肉豆蔻酸有所增加。其中,棕榈酸含量在整个处理过程中先降低后

1.2.4 样品感官质量评价。将对照梗丝样品和经菌剂处理不同时间的梗丝,放入温度(22±1)℃、相对湿度(60±2)% 平衡 48 h 后,按 8%的比例进行掺兑试验,手工卷制成卷烟后,按照 GB 5606.4—2005 规定的方法,由 7 位评吸专家组成的评吸小组进行感官质量的评定。

1.3 数据分析 采用 EXCEL 和 SPSS 软件进行数据分析,并用 Tukey 法进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 酵母菌处理梗丝过程中化学成分的变化 按质量分数 1%的添加量对梗丝处理后,对过程中常规化学成分含量变化进行检验分析,结果发现(表 1),经菌剂处理后,总糖、还原糖含量随着处理时间的延长呈线性关系下降,决定系数 R^2 分别为 0.97、0.94。整个过程中,梗丝中氯离子、钾离子、烟碱含量变化不显著。在处理 12 h 后,总糖含量开始发生显著变化,在处理 18 h 后,总糖、还原糖含量开始发生极显著变化,两糖差达到显著水平,梗丝的糖氮比和糖碱比均达到极显著。对比对照,总糖、还原糖含量在处理 18 h 时,分别下降了 12.30%、7.50%;在处理 24 h 时,分别下降了 17.69%、13.20%。

大幅度增加,在 18 h 时达到最大值,之后有所降低,相应的酯类物质有所提升。2-甲氧基-4-乙烯基苯酚、吡啶、2,3'-联吡啶含量亦有所增加。致香物质总量在 18 h 时达到最大值,较对照增加 35.45%,除棕榈酸外致香物质总量增加 12.84%。新植二烯在 24 h 时达到最大值,较对照增量可达到 19.27%,此时致香物质总量增加 9.10%,除棕榈酸外致香物质总量增加 9.07%。说明利用酵母菌处理有利于促进梗丝中香气前体物质的合成、降解,香气成分的形成、转化,梗丝中香气物质的含量增加。

2.3 酵母菌处理梗丝对感官质量的影响 从表 3 可以看出,菌剂处理 24 h 掺兑后的样品感官质量最好,18、24 h 的均优于对照,主要表现在烟香丰富,香气质细腻,协调好,杂气降低,刺激性减小,余味较干净。说明经酵母菌处理适宜的时间有利于提高掺配样的感官质量,24 h 优于 18 h,主要表现在香气量显著提升,余味明显改善。

表 2 酵母菌处理梗丝过程中各类香气成分的变化

Table 2 Changes of various aroma components during the processing of stem-silk by yeast							μg/g
序号 No.	化合物名称 Compound name	CK	6 h	12 h	18 h	24 h	30 h
1	3-甲基-丁醛	1.723	1.021	1.204	1.208	1.322	0.782
2	2-甲基-丁醛	0.610	0.278	0.507	0.459	0.363	0.280
3	3-甲基-2-丁烯醛	0.030	0.009	0.013	0.040	0.012	0.039
4	己醛	0.626	0.395	0.504	0.482	0.417	0.393
5	糠醛	3.957	3.032	3.734	4.009	3.755	3.119
6	2-吡啶甲醛	0.347	0.216	0.299	0.363	0.281	0.330
7	苯甲醛	0.161	0.243	0.186	0.199	0.222	0.210
8	5-甲基糠醛	0.554	0.364	0.456	0.482	0.448	0.480
9	2,4-庚二烯醛 A	0.061	0.050	0.054	0.058	0.066	0.048
10	2,4-庚二烯醛 B	0.041	0.030	0.025	0.025	0.028	0.024
11	4-吡啶甲醛	0.071	0.068	0.091	0.093	0.036	0.069
12	1H-吡咯-2-甲醛	0.086	0.060	0.107	0.112	0.069	0.080
13	苯乙醛	6.110	4.899	4.932	5.627	5.352	4.665
14	壬醛	0.075	0.102	0.072	0.088	0.101	0.079
15	1-甲基-1H-吡咯-2-甲醛	0.393	0.234	0.561	0.495	0.295	0.353
16	2,6-壬二烯醛	0.177	0.162	0.176	0.203	0.191	0.181
17	癸醛	0.072	0.087	0.082	0.083	0.094	0.095
18	十四醛	0.325	0.251	0.284	0.231	0.317	0.192
	醛类物质总和	15.419	11.501	13.287	14.257	13.369	11.419
19	3-羟基-2-酮	0.269	0.179	0.152	1.105	0.984	1.042
20	面包酮	0.116	0.084	0.085	0.094	0.098	0.066
21	2-环戊烯-1,4-二酮	2.320	1.661	2.201	2.221	1.836	1.705
22	1-(2-呋喃基)-乙酮	0.590	0.391	0.443	0.506	0.402	0.446
23	6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.085	0.079	0.089	0.065	0.067	0.074
24	甲基环戊烯醇酮	0.049	0.034	0.099	0.069	0.044	0.051
25	1-(1H-吡咯-2-基)-乙酮	2.024	0.813	1.876	1.731	1.079	1.307
26	茄酮	1.852	1.826	1.822	2.020	2.001	1.781
27	β-大马酮	0.499	0.460	0.491	0.498	0.487	0.438
28	β-二氢大马酮	0.167	0.155	0.173	0.199	0.188	0.162
29	香叶基丙酮	0.141	0.143	0.145	0.160	0.187	0.165
30	β-紫罗兰酮	0.410	0.290	0.398	0.412	0.315	0.310
31	巨豆三烯酮 A	0.198	0.202	0.240	0.316	0.217	0.188
32	巨豆三烯酮 B	0.747	0.677	0.732	0.752	0.741	0.633
33	巨豆三烯酮 C	0.203	0.177	0.248	0.216	0.188	0.164
34	巨豆三烯酮 D	0.707	0.641	0.719	0.662	0.707	0.619
35	茄那土酮	1.108	0.935	0.990	0.964	1.100	0.792
36	金合欢基丙酮 A	1.415	1.267	1.393	1.361	1.621	1.051
37	金合欢基丙酮 B	0.953	0.774	1.222	0.915	1.365	0.412
	酮类物质总和	13.853	10.788	13.518	14.266	13.627	11.406
38	糠醇	0.761	0.210	0.578	0.527	0.324	0.510
39	苯甲醇	0.376	0.155	0.354	0.354	0.287	0.267
40	芳樟醇	0.042	0.036	0.041	0.038	0.039	0.039
41	苯乙醇	0.454	0.431	0.901	1.517	1.418	1.348
42	植醇	3.121	2.369	3.672	3.720	3.197	2.430
43	西柏三烯二醇	2.426	1.218	2.798	2.817	1.676	1.186
	醇类物质总和	7.180	4.419	8.344	8.973	6.941	5.780
44	丁内酯	0.161	0.065	0.175	0.149	0.102	0.114
45	二氢猕猴桃内酯	0.466	0.293	0.463	0.448	0.320	0.314
46	邻苯二甲酸二丁酯	2.111	2.087	1.835	1.865	1.984	1.447
47	棕榈酸甲酯	2.304	1.826	2.055	2.195	2.460	1.632
48	棕榈酸乙酯	1.724	1.536	2.639	6.692	7.370	5.605
49	亚麻酸甲酯	8.926	7.026	9.574	10.090	9.315	7.235
	酯类物质总和	15.692	12.833	16.741	21.439	21.551	16.347
50	新植二烯	12.130	10.009	12.942	13.421	14.467	10.309

接下表

续表 2							
序号 No.	化合物名称 Compound name	CK	6 h	12 h	18 h	24 h	30 h
51	葱	0. 503	0. 398	0. 424	0. 357	0. 487	0. 276
	烯烃类物质	12. 633	10. 407	13. 366	13. 778	14. 954	10. 585
52	2-甲基丁酸	0. 134	0. 101	0. 153	0. 155	0. 145	0. 133
53	糠酸	0. 095	0. 051	0. 097	0. 089	0. 063	0. 057
54	肉豆蔻酸	1. 828	1. 935	2. 468	2. 685	2. 670	1. 862
55	棕榈酸	55. 470	41. 525	81. 369	90. 655	60. 534	52. 701
	酸类物质	57. 527	43. 612	84. 087	93. 584	63. 412	54. 753
56	2-甲氧基-苯酚	0. 028	0. 035	0. 067	0. 051	0. 044	0. 034
57	丁基化羟基甲苯	0. 070	0. 080	0. 097	0. 076	0. 060	0. 053
58	2-甲氧基-4-乙烯基苯酚	0. 227	0. 234	0. 324	0. 361	0. 288	0. 317
	酚类物质	0. 325	0. 349	0. 488	0. 488	0. 392	0. 404
59	吡啶	0. 663	0. 380	0. 579	0. 519	0. 460	0. 501
60	2-戊基呋喃	0. 232	0. 205	0. 254	0. 214	0. 232	0. 160
61	2-乙酰基-1,4,5,6-四氢吡啶	0. 132	0. 097	0. 058	0. 092	0. 093	0. 095
62	苯并[b]噻酚	0. 117	0. 106	0. 097	0. 100	0. 105	0. 100
63	吡咯	0. 174	0. 177	0. 205	0. 199	0. 153	0. 161
64	2,3'-联吡啶	0. 132	0. 092	0. 189	0. 161	0. 079	0. 096
	杂环类物质	1. 450	1. 057	1. 382	1. 285	1. 122	1. 113
总计		124. 079	94. 966	151. 213	168. 070	135. 368	111. 807

表 3 成品烟丝外掺 8%的不同处理的梗丝样品感官特性评价结果

Table 3 The sensory characteristics of the finished tobacco shreds sampled with 8% mixed with different treatments

处理 Treatment	光泽 Shine (5)	香气 Aroma (32)	协调 Coordinate (6)	杂气 Offensive odor (12)	刺激性 Thrill (20)	余味 Aftertaste (25)	总分 Total score (100)
CK	4. 50 aA	26. 14 bA	5. 07 bB	10. 57 aA	17. 57 bA	21. 50 aA	85. 36 aA
6 h	4. 50 aA	25. 07 bB	4. 93 bB	10. 36 aA	17. 36 bA	21. 43 aA	83. 64 bB
12 h	4. 50 aA	26. 07 bA	5. 07 bB	10. 64 bB	17. 57 bA	21. 50 aA	85. 36 aA
18 h	4. 50 aA	26. 21 bA	5. 14 bA	10. 71 bA	17. 71 aA	21. 57 aA	85. 86 aA
24 h	4. 50 aA	26. 79 aA	5. 29 aA	10. 79 aA	17. 79 aA	21. 79 aA	86. 93 aA
30 h	4. 50 aA	25. 79 bA	5. 07 bB	10. 64 bB	17. 43 bA	21. 50 aA	84. 93 aA

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0. 05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($P<0. 01$)
Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P<0. 05$), and different capital letters indicate extremely significant differences ($P<0. 01$)

3 讨论

国内外对烟叶最佳的糖碱比看法不一, 一般认为云南烟叶以 10~12:1 为好, 能够体现云烟的香型特点^[17]。香气物质是影响卷烟香味质量的重要因素。烟草发酵过程中, 氧化作用、微生物作用和酶作用相辅相承, 对烟草内在化学物质产生综合效应, 使不具有香气特征的大分子化合物发生氧化分解, 而使具有香气特征的小分子化合物如挥发酸、羰基化合物以及各种芳香类物质等得以合成, 从而使卷烟的吸食品质明显提升^[18-19]。新植二烯是烟叶中性挥发成分最为丰富的成分, 既是叶绿素的降解产物又是低分子质量香气成分的前体物质, 能够增进烟的吃味和香味, 具有清香气且刺激较小的特点。在烟叶燃烧时可直接进入烟气, 具有降低刺激、醇和烟气的作用。高级脂肪酸可以调节烟气的酸碱度, 使得烟气醇和, 增加烟气浓度, 间接影响烟气的香气^[17]。

该研究结果中, 在酵母菌处理过程中, 总糖、还原糖含量随时间的延长呈线性关系逐渐降低, 其他物质含量则基本稳定不变, 糖碱比及两糖差减小, 更接近优质烟丝。在处理前期梗丝的致香成分都有一定的降低, 可能是在发酵前期内部温度较高, 香气物质散失^[20], 而分解产生香气物质的速率低

于散失速率。反应时间是影响微生物处理效果的重要因素。酵母菌处理梗丝 12 h 后感官质量提升, 其原因可能主要是由于微生物处理后能够产生更多的烟草致香物质, 进而提高其在卷烟产品中的感官质量^[21]。处理 24 h 的样品优于 18 h 的, 主要表现在香气量上有所提升, 余味舒适; 原因可能是在 18 h 时, 棕榈酸含量过高, 降低了香气量, 不利于梗丝的品质, 在 24 h 时, 棕榈酸含量又有所降低, 提升了梗丝的香味品质, 这与史宏志等^[17] 在烤烟烟叶高级脂肪含量与评分分值的相关分析的研究结果相一致。

4 结论

在酵母菌添加量为 1%、水分含量为 45%、反应温度为 28 ℃ 时, 总糖、还原糖含量随时间的延长呈线性关系逐渐降低, 其他物质含量则基本稳定不变。在处理 18 h 时, 致香成分总量达到最大值, 较对照增加 35. 45%; 在处理 24 h 时, 梗丝的感官质量评价最佳, 烟气协调, 烟香丰富, 余味明显改善, 此时致香成分总量较对照增加了 9. 10%。采用酵母菌处理梗丝有利于提升梗丝的品质, 对后期放大试验应用生产有一定的指导作用。

- ological science, 2016, 65: 84-92.
- [2] SPRAGUE M, FAWCETT S, BETANCOR M B, et al. Variation in the nutritional composition of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fillets with emphasis on EPA and DHA contents[J/OL]. Journal of food composition and analysis, 2020, 94 [2020-11-05]. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103618>.
 - [3] TURCHINI G M, EMERY J A, TRUSHENSKI J, et al. Distinguishing the nutritional requirements and physiological fate of dietary EPA and DHA in Atlantic salmon[J]. Journal of nutrition & intermediary metabolism, 2014, 1: 9-10.
 - [4] 马聪聪. 基于蛋白组学的三文鱼物种鉴别及新鲜度变化机理研究[D]. 石家庄: 河北科技大学, 2020.
 - [5] BARDÓCZ S. Polyamines in food and their consequences for food quality and human health[J]. Trends in food science & technology, 1995, 6(10): 341-346.
 - [6] PAPAGEORGIOU M, LAMBROPOULOU D, MORRISON C, et al. Literature update of analytical methods for biogenic amines determination in food and beverages[J]. TrAC trends in analytical chemistry, 2018, 98: 128-142.
 - [7] 赵丽, 姚秋虹. 食品安全检测新方法[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2019.
 - [8] 何璇, 马莹, 哈斯, 等. 食品中生物胺形成与抑制的研究进展[J/OL]. 食品与发酵工业, 2021-03-24 [2021-03-25]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.026163>.
 - [9] RUIZ-CAPILLAS C, JIMÉNEZ-COLMENERO F. Biogenic amines in meat and meat products[J]. Critical reviews in food science and nutrition, 2004, 44(7/8): 489-499.
 - [10] SAGRATINI G, FERNÁNDEZ-FRANZÓN M, DE BERARDINIS F, et al. Simultaneous determination of eight underivatized biogenic amines in fish by solid phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Food chemistry, 2012, 132(1): 537-543.
 - [11] 高慧, 汪洋, 邢燕, 等. 分散固相萃取-柱前衍生-高效液相色谱法测定人体尿样中 6 种生物胺[J]. 现代预防医学, 2020, 47(20): 3797-3801, 3830.
 - [12] 李燕君. 薄层色谱法检测黄酒生物胺的研究[J]. 广州化学, 2017, 42(4): 18-25.
 - [13] AN D, CHEN Z Q, ZHENG J C, et al. Determination of biogenic amines in oysters by capillary electrophoresis coupled with electrochemiluminescence[J]. Food chemistry, 2015, 168: 1-6.
 - [14] WOJNOWSKI W, NAMIEŚNIK J, PŁOTKA-WASYŁKA J. Dispersive liquid-liquid microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry for *in situ* determination of biogenic amines in meat; Estimation of meat's freshness[J]. Microchemical journal, 2019, 145: 130-138.
 - [15] AHANGARI H, KURBANOGU S, EHSANI A, et al. Latest trends for biogenic amines detection in foods; Enzymatic biosensors and nanozymes applications[J]. Trends in food science & technology, 2021, 112: 75-87.
 - [16] LI Y F, LIN Z Z, HONG C Y, et al. Histamine detection in fish samples based on indirect competitive ELISA method using iron-cobalt co-doped carbon dots labeled histamine antibody[J]. Food chemistry, 2021, 345: 128812.
 - [17] NALAZEK-RUDNICKA K, KUBICA P, WASIK A. Discrepancies in determination of biogenic amines in beer samples by reversed phase and hydrophilic interaction liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry[J]. Microchemical journal, 2020, 159: 105574.
 - [18] OCHI N. Simultaneous determination of eight underivatized biogenic amines in salted mackerel fillet by ion-pair solid-phase extraction and volatile ion-pair reversed-phase liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Journal of chromatography A, 2019, 1601: 115-120.
 - [19] GOSSETTI F, MAZZUCCO E, GENNARO M C, et al. Simultaneous determination of sixteen underivatized biogenic amines in human urine by HPLC-MS/MS[J]. Analytical and bioanalytical chemistry, 2013, 405(2/3): 907-916.
 - [20] 左兆迎, 臧海燕, 刘妮妮. 检测实验室不确定度评定的关键点及控制措施[J]. 质量与认证, 2021(4): 46-48.
 - [21] 郝栋栋, 张艳, 赵娜. 如何满足实验室认可对不确定度评定的相关要求[J]. 质量与认证, 2021(4): 49-51.
 - [22] 余晓薇, 陈俊玉, 王碧生, 等. 鱼和虾中组胺残留量 HPLC 法测定的不确定度评定[J]. 福建畜牧兽医, 2015, 37(1): 3-6.
 - [23] 胡礼渊, 孙高英, 廖和菁. 液相色谱测定水产品中组胺含量不确定度评估[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(1): 106-109.

(上接第 181 页)

参考文献

- [1] 李炎强, 胡有持, 王焯, 等. 烤烟叶片与烟梗挥发性、半挥发性酸性成分的研究[J]. 中国烟草学报, 2001, 7(1): 1-5.
- [2] 李炎强, 郝建辉, 赵明月, 等. 烤烟烟梗和叶片中性香味成分的分析[J]. 烟草科技, 2002, 35(11): 3-6.
- [3] 彭黎明. 烤烟烟梗中某些香味成分的分析研究[C]//中国烟草学会 2006 年学术年会论文集. 北京: 中国烟草学会, 2006.
- [4] 陶红, 沈光林, 赵谦明, 等. 烟梗的碱处理[J]. 烟草科技, 2009, 42(4): 37-40.
- [5] 陈良元, 王鹏, 杨清. 制梗丝加料位点试验[J]. 烟草科技, 2003, 36(3): 9-10.
- [6] 施林燕. 微生物发酵及酶解烟梗物料的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012.
- [7] 夏露, 张娟, 王远亮, 等. 生物技术在烟叶发酵中的应用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(22): 12013-12015.
- [8] 陈兴, 申晓峰, 巩效伟, 等. 利用微生物制剂提高梗丝品质的研究[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(3): 83-86.
- [9] 巩效伟, 段焰青, 汪显国, 等. 产香微生物复合处理提升梗丝品质的研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2016, 31(5): 862-866.
- [10] KOLLER J B C. Der tabak in naturwissenschaftlicher [M]. Augsburg: Landwirtschaftlicher und Technischer Beziehung, 1958.
- [11] 郭林青, 朴永革, 朱春阳, 等. 烟草产香酵母 YG-4 的筛选鉴定及香气成分分析[J]. 轻工学报, 2019, 34(5): 27-31.
- [12] 郑坚强, 田数, 帖金鑫, 等. 西方许旺酵母菌及其双加氧酶在烟草增香中的应用[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(21): 5612-5617.
- [13] 戴丽君, 黄申元, 郑彬, 等. 酵母在造纸法再造烟叶中的初步应用研究[J]. 江西农业学报, 2011, 23(1): 18-19, 23.
- [14] 周榕, 孔浩辉, 何艳明, 等. 生香酵母发酵改善烟梗提取液性质研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(23): 73-75, 80.
- [15] 张晨, 许赣荣, 严新龙. 利用酿酒酵母改进烟草萃取液的香气特性[J]. 食品工业科技, 2012, 33(20): 137-141.
- [16] 王玉, 王保兴, 武怡, 等. 卷烟挥发性成分的聚类分析[J]. 烟草科技, 2007, 40(2): 48-52.
- [17] 史宏志, 刘国顺, 杨惠娟. 烟草香味学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [18] 杨虹琦, 周冀衡, 罗泽民, 等. 微生物和酶在烟叶发酵中的应用[J]. 湖南农业科学, 2004(1): 63-66.
- [19] 郭晓雪, 金保锋, 沈光林. 烟叶发酵研究进展[J]. 烟草科技, 2004, 37(11): 7-9, 14.
- [20] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [21] 胡建军, 周冀衡, 李文伟, 等. 烤烟香味成分与其感官质量的典型相关分析[J]. 烟草科技, 2007, 40(3): 9-15, 22.