

# $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线辐照保鲜红酸汤效果评价 及其品质变化研究

何扬波<sup>1</sup>, 罗兴邦<sup>2</sup>, 李咏富<sup>1\*</sup>, 梁倩<sup>1</sup>, 石彬<sup>1</sup>, 段召燕<sup>3</sup>, 田竹希<sup>1</sup>, 龙明秀<sup>1</sup>

(1. 贵州省农业科学院现代农业发展研究所, 贵阳 550006; 2. 贵州金沙冠香坊调味食品有限公司, 贵州 毕节 551800; 3. 贵州金农辐照科技有限公司, 贵阳 550006)

**摘要:** 采用剂量为 0, 2, 4, 6, 8 kGy 的  $^{60}\text{Co}-\gamma$  射线对红酸汤进行辐照处理, 通过对处理前后样品的风味差异、微观结构、微生物数量及营养成分等进行分析, 对红酸汤辐照保鲜效果及其前后品质变化情况进行研究。结果表明: 当剂量低于 6 kGy 时, 辐照对红酸汤样品的风味及微观结构无明显影响。微生物对辐照处理较为敏感, 当辐照剂量为 2 kGy 时, 菌落总数、乳酸菌、霉菌及酵母菌数量分别为  $3.66 \times 10^4$ ,  $2.15 \times 10^3$ ,  $2.15 \times 10^3$  CFU/25 g, 远低于未辐照样品中对应的微生物数量, 且当储藏期为 12 个月时试验组样品的微生物数量均保持在较低水平。对乳酸、醋酸、抗坏血酸、番茄红素和氨基酸态氮而言, 辐照前后其含量无显著差异。

**关键词:** 红酸汤; 辐照保鲜; 品质变化

中图分类号: TS201.2 文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.1000-9973.2020.07.020

文章编号: 1000-9973(2020)07-0086-04

## Study on the Evaluation of Preservation Effect and Quality Change of Red Sour Soup with $^{60}\text{Co}-\gamma$ Ray Irradiation

HE Yang-bo<sup>1</sup>, LUO Xing-bang<sup>2</sup>, LI Yong-fu<sup>1\*</sup>, LIANG Qian<sup>1</sup>, SHI Bin<sup>1</sup>,  
DUAN Zhao-yan<sup>3</sup>, TIAN Zhu-xi<sup>1</sup>, LONG Ming-xiu<sup>1</sup>

(1. Institute of Modern Agricultural Development, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China; 2. Guizhou Jinsha Guanxiangfang Seasoning Food Co., Ltd., Bijie 551800, China; 3. Guizhou Jinnong Radiation Technology Co., Ltd., Guiyang 550006, China)

**Abstract:**  $^{60}\text{Co}-\gamma$  ray with irradiation doses of 0, 2, 4, 6, 8 kGy is used to treat red sour soup. The effects of irradiation preservation and the changes of quality are studied by analyzing the differences of flavor, microstructure, quantity of microorganisms and nutritional components of the samples before and after treatment. The results show that when the dose is lower than 6 kGy, the irradiation has no significant effect on the flavor and microstructure of red sour soup sample. When the irradiation dose is 2 kGy, the total number of colonies, *Lactobacillus*, mould and yeast is  $3.66 \times 10^4$ ,  $2.15 \times 10^3$ ,  $2.15 \times 10^3$  CFU/25 g respectively, which is much lower than the number of corresponding microorganisms in unirradiated samples. Further, when the storage period is 12 months, the number of microorganisms in the experimental group remains at a low level. For lactic acid, acetic acid, ascorbic acid, lycopene and amino acid nitrogen, there's no significant difference before and after irradiation.

**Key words:** red sour soup; irradiation preservation; quality change

收稿日期: 2019-12-09

\* 通讯作者

基金项目: 贵州红酸汤辐照保鲜效果评价及其品质变化研究项目(黔农科院青年基金[2018]72号); 毕节市红酸汤复原粉加工工程技术研究中心(毕科平台合[2017]01号); 贵州省特色农产品辐照保鲜与加工工程技术研究中心(黔科合人才平台字[2016]5203号)

作者简介: 何扬波(1990-), 男, 贵州金沙人, 助理研究员, 硕士, 研究方向: 农产品加工与储藏保鲜;

李咏富(1985-), 男, 内蒙古巴彦淖尔人, 副研究员, 博士, 研究方向: 农产品质量与食品安全。

红酸汤是贵州少数民族地区的传统调味品,至今已有上千年历史。其以西红柿、鲜红辣椒为主要原料,经破碎后加入食盐、白酒等辅料,装坛发酵 2~3 个月而制成。红酸汤中富含乳酸菌等益生菌,且乳酸、醋酸以及钙、磷、铁等含量丰富,长期食用具有开胃助消化、强身健体的功效,故在贵州素有“三天不吃酸,走路打窜窜”的民间谚语<sup>[1-3]</sup>。由此可见,红酸汤在当地餐饮行业中具有悠久的历史传承和重要的市场地位。

近年来,红酸汤产品在市场推动下取得了一定程度发展,生产模式也由过去的作坊式加工变成了工厂化生产,产品质量得到了有效提高。然而,红酸汤属于地方性特色调味品,其他地区和科研单位对其关注度较低,基础研究薄弱也是其不可忽视的短板。目前,红酸汤的研究多集中于微生物区系分析、特征性成分鉴定及风味探索等方面,对于产品灭菌及保鲜等内容尚未见公开报道<sup>[4-6]</sup>。资料显示:发酵食品工业中常见的保鲜方法有化学防腐剂法(脱氢乙酸、山梨酸钾等)、天然保鲜剂和物理保鲜法<sup>[7-9]</sup>。其中,物理保鲜中的辐照保鲜具有操作温度低、适用范围广、穿透能力强、无化学残留等特点,更适用于红酸汤这种绿色、健康调味品的保鲜处理。基于此,本试验采用不同辐照剂量的<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线对红酸汤样品进行处理,比较其风味、微观结构、微生物数量及营养成分在辐照处理前后的变化,以期辐照技术在红酸汤辐照保鲜中的应用提供技术参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

红酸汤:采自贵州金沙冠香坊调味食品有限公司;马铃薯琼脂培养基、结晶紫中性红胆盐琼脂培养基、MRS 培养基、平板计数琼脂培养基:购自上海博微生物科技有限公司;甲醇(色谱纯):购自德国 Applichem 公司;活性炭、磷酸二氢铵、磷酸、2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚、无水乙醇、氢氧化钾、石油醚、无水硫酸钠、L(+)-抗坏血酸标准品、偏磷酸、磷酸二氢钾、十六烷基三甲基溴化铵、醋酸、醋酸钠、乙酰丙酮、硼砂、亚铁氰化钾、乙酸锌:均为分析纯,购自成都金山化学试剂有限公司;L-乳酸、冰乙酸、亚硝酸钠、抗坏血酸、硫酸铵:均为标准品,购自阿拉丁试剂(上海)有限公司。

### 1.2 仪器与设备

1200 型高效液相色谱仪(HPLC) 美国 Agilent 公司;UV8100B 紫外可见分光光度计 北京莱伯泰科

仪器股份有限公司;GI54TW 立式自动压力蒸汽灭菌锅 致微(厦门)仪器有限公司;SW-CJ-2G 型单人单面净化工作台 苏州净化设备有限公司;PHSJ-4F 酸度计 上海雷磁仪器厂;PEN3 电子鼻 德国 Airsense 公司;H1850R 离心机 湘仪离心机仪器有限公司;FD-1D-50 冷冻干燥机、S-3400N 电子扫描显微镜 日本东京日立公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 红酸汤样品辐照处理

取发酵时间为 90 d 的贵州红酸汤,分装后于贵州金农辐照科技有限公司用<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线进行辐照处理,钴源放射性强度为  $2 \times 10^5$  Ci,在常温动态条件下辐照,辐照剂量分别为 0,2,4,6,8 kGy。试验过程中样品吸收的辐照剂量采用重铬酸银进行测定<sup>[10]</sup>,剂量吸收率 $\leq 7.5$  kGy/s。

#### 1.3.2 电子鼻分析

使用 PEN3 电子鼻对不同辐照剂量处理的样品进行差异分析,具体条件:准确称取 1.0 g 红酸汤样品于顶空瓶中,60 °C 水浴 20 min 后备用。气味指纹分析条件:采样时间间隔为 1 s,传感器自清洗时间为 40 s,传感器归零时间为 10 s,样品准备时间为 5 s,分析采样时间为 120 s,进样流量为 400 mL/min。

#### 1.3.3 红酸汤微观结构测定

样品用扫描电镜测定前要先进行冻干处理,-50 °C 冷冻干燥 24 h,过 80 目筛,取少许粉末均匀分散于带有双面胶的扫描电镜载物盘上用离子溅射仪喷金形成导电面,并于 2000 倍下观察红酸汤物质的微观结构。

#### 1.3.4 红酸汤微生物指标分析

为了评估辐照处理对红酸汤的保质效果,按照国家标准对样品的相关微生物指标进行检测或计数。其中,菌落总数、乳酸菌、大肠菌群及霉菌和酵母分别按照 GB 4789.2-2016、GB 4789.35-2016、GB 4789.3-2016、GB 4789.15-2016 执行<sup>[11-14]</sup>。

#### 1.3.5 红酸汤营养指标分析

参考熊瑛等的方法对红酸汤中的乳酸、醋酸进行分析。参考 GB 5009.82-2016、GB 5009.33-2016、GB 5009.235-2016、GB 5009.86-2016 等国家标准对红酸汤中的维生素 A、亚硝酸盐、氨基酸态氮、抗坏血酸、番茄红素 5 种营养成分进行检测<sup>[15-18]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 辐照处理对红酸汤风味的影响

风味是食品重要的品质指标。为了避免人员因

素导致的试验误差,研究中引入电子鼻来评价辐照处理对红酸汤调味料气味的影响。电子鼻系统对辐照红酸汤的主成分分析和载荷分析结果见图1和图2。

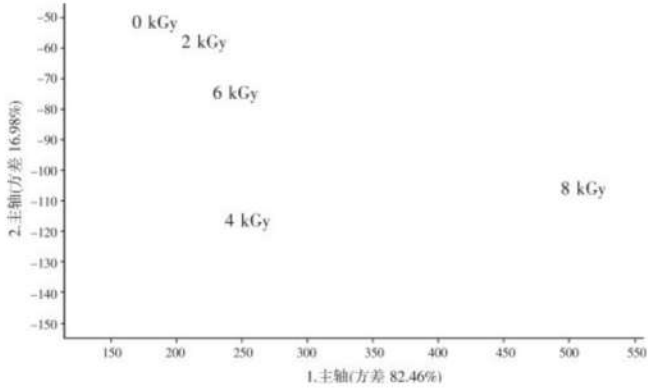


图1 红酸汤辐照处理前后的PCA分析图  
Fig.1 PCA analysis diagram of red sour soup before and after irradiation

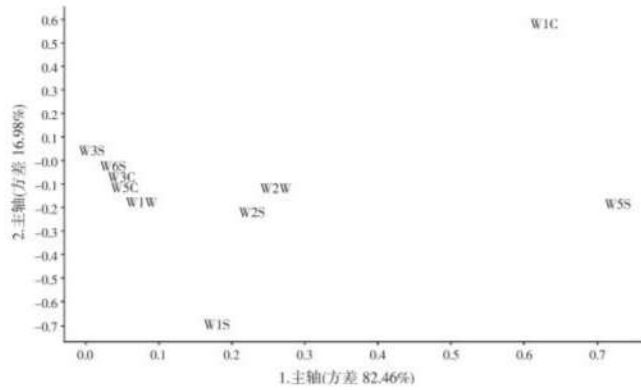


图2 红酸汤辐照处理前后的LOA分析图  
Fig.2 LOA analysis diagram of red sour soup before and after irradiation

PCA分析图显示:第一、二主成分对红酸汤气味的贡献率分别为82.46%和16.98%,两个主成分的分贡献率为99.44%,基本代表了5种红酸汤样品的主要信息特征。在第一主成分上,未辐照样品与辐照样品在辐照剂量小于6 kGy时差异不显著,8 kGy时可观察到明显区别;在第二主成分上,4 kGy和8 kGy样品与其他3种样品存在明显差异。载荷分析则呈现了电子鼻传感器对红酸汤样品中10类气味组分的响应结果,W1C(芳香成分)、W5S(氮氧化合物)和W1S(甲烷)在第一、二主成分上对红酸汤气味响应最为灵敏。

### 2.2 辐照处理对红酸汤微观结构的影响

利用扫描电镜观察辐照前后红酸汤样品的微观结构变化,结果见图3。

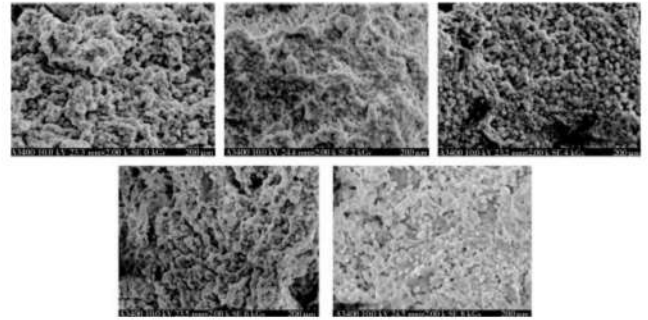


图3 辐照剂量对红酸汤微观结构的影响  
Fig.3 Effect of irradiation doses on microstructure of red sour soup

由图3可知,红酸汤基质的细胞结构随辐照剂量的增加变化较小。其中,0~6 kGy时细胞结构的完整性及细胞之间的连接几乎没有变化。当辐照剂量为8 kGy时,可观察到细胞之间结构较为松散,宏观上表现为红酸汤汤体粘稠度降低,长时间放置易出现分层现象。

### 2.3 辐照处理对红酸汤微生物的影响

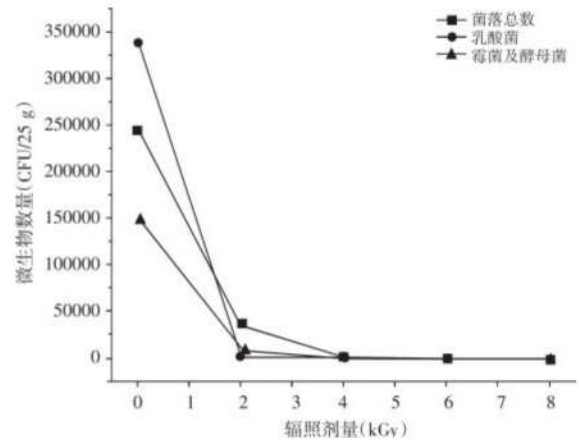


图4 辐照处理对红酸汤中微生物的作用效果图  
Fig.4 Effect of irradiation treatment on microorganisms in red sour soup

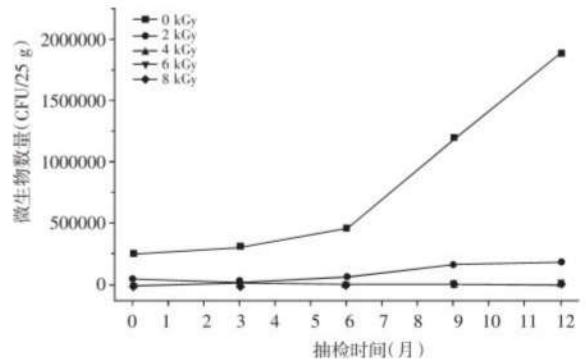


图5 辐照后红酸汤中菌落总数随储藏时间变化趋势图  
Fig.5 Changes of the total number of colonies in red sour soup with storage time after irradiation

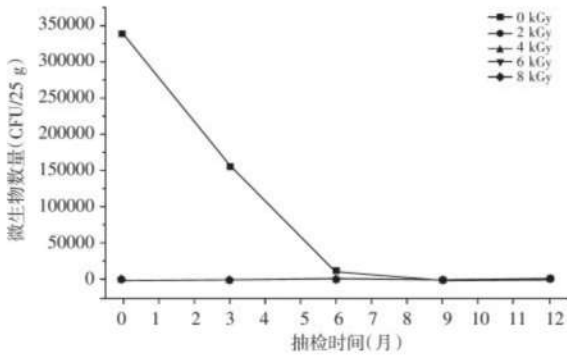


图 6 辐照后红酸汤中乳酸菌数量随储藏时间变化趋势图

Fig. 6 Changes of the number of *Lactobacillus* in red sour soup with storage time after irradiation

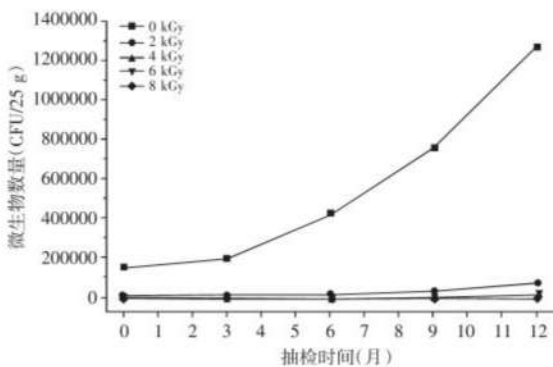


图 7 辐照后红酸汤中霉菌及酵母数量随储藏时间变化图

Fig. 7 Changes of the number of mould and yeast in red sour soup with storage time after irradiation

乳酸菌是发酵食品的功能性微生物,菌落总数、大肠杆菌、霉菌及酵母菌则是食品品质和卫生评价的重要指标。本文采用 0~8 kGy 辐照剂量对红酸汤样品进行辐照处理,结果显示:大肠菌群在辐照前后的数量均低于 10 CFU/25 g,可认为采集样品未受到大肠菌群污染,在此不作过多讨论。菌落总数、乳酸菌、霉菌及酵母菌 4 类微生物指标受辐照影响较大。当辐照剂量为 2 kGy 时,红酸汤中的菌落总数从原始样品中的  $2.45 \times 10^5$  CFU/25 g 下降到  $3.66 \times 10^4$  CFU/25 g,且随着辐照剂量的增加,菌落总数不断减少,当剂量为 8 kGy 时,可观察到样品中菌落总数为 5 CFU/25 g,已经接近无菌状态。乳酸菌、霉菌及酵母菌对辐照处理较为敏感,当辐照剂量达到 4 kGy 时,可观察到乳酸菌数量小于 10 CFU/25 g,霉菌及酵母菌数量为  $5.6 \times 10^2$  CFU/25 g,远远低于未处理样品中的  $3.39 \times 10^5$  CFU/25 g 和  $1.51 \times 10^5$  CFU/25 g,具体变化趋势见图 4。同时,为了考察辐照处理对红酸汤储藏期的影响,对样品的菌落总数、乳酸菌、霉菌及酵母菌进行了为期 12 个月的跟踪观察。结果发现,随着储藏时间推移,各处理样品中的菌落总数、霉菌及酵母菌均呈现增长趋势,乳酸

菌则随着储藏时间的延长而不断减少。其中,未辐照样品的微生物增长和降低趋势表现最为明显,辐照剂量大于 4 kGy 时,储藏 12 个月后其微生物数量均小于 1000 CFU/25 g,乳酸菌则全部低于 10 CFU/25 g,具体变化见图 5~图 7。

### 2.4 辐照处理对红酸汤营养成分的影响

乳酸是红酸汤调味品中含量最多的有机酸成分,此外,还含有少量的醋酸、柠檬酸、酒石酸和丁二酸。抗坏血酸和番茄红素是红酸汤原料西红柿中含有的重要的营养成分,氨基酸态氮则是评价调味食品质量及营养价值的重要指标。本研究通过对不同辐照剂量处理的红酸汤中的乳酸、醋酸、抗坏血酸、番茄红素及氨基酸态氮等指标进行分析,具体结果见表 1。

表 1 红酸汤营养成分辐照前后含量变化表

Table 1 Changes in content of nutrients in red sour soup before and after irradiation

营养成分	辐照剂量				
	0 kGy	2 kGy	4 kGy	6 kGy	8 kGy
乳酸	959.62±5.34	949.97±3.35	971.9±1.70	970.20±3.57	983.43±2.54
	65.87±382	75.45±4.54	80.05±3.53	77.33±2.25	75.12±0.68
醋酸	1.00±0.01	1.14±0.15	0.98±0.04	1.16±0.00	0.99±0.02
	4.04±0.07	5.03±0.09	7.16±0.02	5.89±0.02	4.62±0.05
抗坏血酸	0.09±0.00	0.09±0.01	0.08±0.01	0.08±0.00	0.10±0.00
	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00

由表 1 可知,未辐照红酸汤样品中的乳酸和醋酸含量分别为 959.62 mg/100 g 和 65.87 mg/100 g,乳酸含量略低于文献中报道的 1034 mg/100 g,醋酸含量仅为文献报道的 1/10,这可能是采自不同产地的红酸汤其发酵菌株的差异导致的。番茄红素、氨基酸态氮也低于文献或地方标准中要求的水平<sup>[19-21]</sup>。通过对不同辐照剂量处理的样品比较发现,各营养成分在红酸汤中的含量受辐照处理的影响较小,其数值差异不显著。

### 3 结论

辐照保鲜是一种应用广泛、结果可靠的物理冷杀菌技术,对于红酸汤调味品同样适用。通过试验研究发现,剂量低于 6 kGy 时,辐照处理不会造成红酸汤的风味特征及微观结构变化。红酸汤中菌落总数、乳酸菌、霉菌及酵母菌对辐照处理较为敏感。辐照剂量为 2 kGy 时,红酸汤中各微生物数量急剧下降,相较未辐照样品而言,连续储藏 12 个月微生物数量均处于较低水平,符合食品卫生要求。最后,红酸汤中各营养成分在辐照前后含量稳定,未出现显著降(下转第 95 页)

综合筛选出最佳的提取工艺:粉碎度10目,浸泡60 min,加6倍水,蒸馏5 h,得油率为3.1282%,肉桂醛含量为2.4343%。

参考文献:

- [1]国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015:136.
- [2]国家卫生计生委. 国家卫生计生委公布101种药食同源品种征求意见[J]. 山东中医杂志, 2015, 34(1):76.
- [3]Sun Q, Shang B, Wang L, et al. Cinnamaldehyde inhibits fungal growth and aflatoxin B<sub>1</sub> biosynthesis by modulating the oxidative stress response of *Aspergillus flavus*[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2015, 100(3):1-10.
- [4]Didry N, Dubreuil L, Pinkas M. Antibacterial activity of thymol, carvacrol and cinnamaldehyde alone or in combination[J]. Die Pharmazie, 1993, 48(4):301-304.
- [5]Ye H, Shen S, Xu J, et al. Synergistic interactions of cinnamaldehyde in combination with carvacrol against food-borne bacteria[J]. Food Control, 2013, 34(2):619-623.
- [6]Wang Y, Shan T, Yuan Y, et al. Overall quality properties of kiwifruit treated by cinnamaldehyde and citral: microbial, antioxidant capacity during cold storage[J]. Journal of Food Science, 2016.
- [7]Mu H, Gao H, Chen H, et al. Effects of cinnamaldehyde-combined preservative on quality of Pacific white shrimp during storage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(6):161-166.

- [8]Elizabeth D L T J, Gassara F, Kouassi A P, et al. Spice use in food: properties and benefits[J]. Critical Reviews in Food Technology, 2017, 57(6):1078-1088.
- [9]陈帅, 高彦祥. 肉桂醛的调味、保鲜及稳态化研究进展[J]. 中国调味品, 2019, 44(2):156-159, 167.
- [10]鲁松涛. 道口烧鸡风味与品质形成机理初探[D]. 郑州: 河南农业大学, 2011.
- [11]夏萍萍. 特色卤鸡的风味滋味分析及卤料补充方法研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2016.
- [12]汪冬冬, 陈功, 向丹, 等. 差异性分析香辅料对火锅底料风味成分的影响[J]. 食品与发酵科技, 2018, 54(3):64-69, 112.
- [13]王艳芳, 李亚梅, 牛志平, 等. 水蒸气蒸馏法从肉桂皮中提取肉桂油的研究[J]. 中国调味品, 2018, 43(11):129-131.
- [14]羊青, 王茂媛, 晏小霞, 等. 正交实验法优化姜黄油及姜黄素提取工艺[J]. 中国调味品, 2018, 43(10):81-84.
- [15]张郁松, 韩建军. 水蒸气蒸馏法提取大蒜油的工艺研究[J]. 中国调味品, 2011, 36(3):27-29.
- [16]孙珂珂, 别亦难. 超临界提取五香精油对素肠品质的影响[J]. 中国调味品, 2019, 44(6):154-156.
- [17]王少铭, 侯颖辉, 刘济明, 等. 贵州不同地区品种间留兰薄荷精油成分比较[J]. 中国调味品, 2019, 44(2):141-145.
- [18]陈林林, 李伟, 韩可, 等. 柠檬叶精油的抗氧化活性及其相关性分析[J]. 中国调味品, 2019, 44(3):46-50.
- [19]张青, 李静, 刘佳, 等. 生姜挥发油研究进展[J]. 中国调味品, 2019, 44(1):186-190.

(上接第89页)解或破坏,表明辐照对红酸汤品质无明显影响。

参考文献:

- [1]后立琼. 苗族酸汤中乳酸菌的分离鉴定及发酵动力学模型研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2012.
- [2]熊瑛, 寻思颖, 孙棣, 等. 高效液相色谱法测定酸汤中的有机酸[J]. 中国调味品, 2012, 37(7):71-73.
- [3]邹大维. 凯里红酸汤营养成分分析与研究[J]. 中国调味品, 2015, 40(5):129-132.
- [4]张璇. 贵州“红酸汤”半成品中微生物区系的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011.
- [5]余越, 黄先静, 贺旭, 等. 4种贵州红酸汤中全反式番茄红素的提取及含量测定[J]. 中国调味品, 2017, 42(4):129-133.
- [6]谌小立, 袁茂翼, 陈文莹, 等. 4种贵州红酸汤中辣椒碱的提取及含量测定研究[J]. 中国调味品, 2017, 42(7):133-136.
- [7]黎婉园, 姚朔, 夏枫, 等. 脱氢醋酸钠及其抗菌性试验[J]. 中国食品添加剂, 2004(2):41-44.
- [8]冯林慧, 李迎秋. 纳他霉素和乳酸链球菌素复配在食品中的应用[J]. 中国调味品, 2019, 44(2):196-198.
- [9]Odueke O B, Chadd S A, Baines R N, et al. Effects of gamma irradiation on the shelf-life of a dairy-like product[J]. Radiation Physics & Chemistry, 2017, 143:63-71.
- [10]JJG 1028-1991, 使用重铬酸银剂量计测量γ射线水吸收剂量标准方法[S].

- [11]GB 4789. 2-2016, 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
- [12]GB 4789. 35-2016, 食品安全国家标准 食品微生物学检验 乳酸菌检验[S].
- [13]GB 4789. 3-2016, 食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数[S].
- [14]GB 4789. 15-2016, 食品安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数[S].
- [15]GB 5009. 82-2016, 食品安全国家标准 食品中维生素A、D、E的测定[S].
- [16]GB 5009. 33-2016, 食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定[S].
- [17]GB 5009. 235-2016, 食品安全国家标准 食品中氨基酸态氮的测定[S].
- [18]GB 5009. 86-2016, 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定[S].
- [19]余越, 黄先静, 贺旭, 等. 4种贵州红酸汤中全反式番茄红素的提取及含量测定[J]. 中国调味品, 2017, 42(4):129-133.
- [20]谌小立, 陈文莹, 夏吉跃, 等. 红酸汤烹调过程中全反式番茄红素含量变化规律研究[J]. 中国调味品, 2019, 43(2):74-77.
- [21]DB52/T 986-2015, 地理标志产品 凯里红酸汤[S].