

文章编号:1673-1689(2010)06-0876-07

调理鸭肉浓汤的杀菌及抗氧化特性研究

王毅明¹, 张慇^{*1}, 王拥军², 徐丰民²

(1. 食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122; 2. 杭州严州府食品有限公司, 浙江 杭州 310014)

摘要: 研究了乳酸链球菌素(Nisin)与山梨酸钾复配在鸭肉浓汤中的抑菌作用, 通过添加 Nisin 抑制浓汤中的芽孢等耐热性菌体, 从而降低杀菌强度; 同时研究了 TBHQ、BHA、BHT 在浓汤中的抗氧化效果。结果表明: 当 Nisin、山梨酸钾的添加量分别为 0.20、0.03 g/kg 时, 杀菌条件为 115 °C、30 min, 可达到杀菌要求; 最优抗氧化方案为: 0.15 g/kg TBHQ+0.05 g/kg BHA。

关键词: Nisin; 山梨酸钾; 浓汤; 杀菌; 抗氧化剂

中图分类号: TS 295.3

文献标识码: A

The Sterilization and Anti-Oxidation Properties of Concentrated Duck Soup

WANG Yi-ming¹, ZHANG Min^{*1}, WANG Yong-jun², XU Feng-min²

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Hangzhou Yanzhou Food Co. Ltd. Hangzhou 310014, China)

Abstract: This paper studies the antibacterial action of Nisin and potassium sorbate compound in concentrated duck soup, inhibit spores and other heat-resistant bacteria in the soup by adding Nisin, which reduce sterilization intensity; TBHQ, BHA and BHT were added in the soup to research the anti-oxidant effect. The results showed that: when the concentration of Nisin and potassium sorbate were 0.20 g/kg and 0.03 g/kg, sterilization conditions reduced to 115 °C for 30 min; The best compound scheme of anti-oxidant is: 0.15 g/kg TBHQ+0.05 g/kg BHA.

Key words: Nisin, potassium sorbate, concentrated soup, sterilization, antioxidants

随着人们生活节奏的加快, 对方便食品的需求也越来越大。作者研究的鸭肉浓汤是一种方便食品, 可以进行工业化生产。鸭肉营养价值很高, 与畜肉相比有高蛋白、低脂肪的优点。鸭肉可食部分中的蛋白质质量分数 16%~25%, 脂肪质量分数约为 7.5%, 且多为不饱和脂肪酸, 溶点低, 易于消化, 具有降低胆固醇的作用。由于鸭肉浓汤营养丰富,

因此极易受微生物影响而腐败变质。目前, 市场上销售的肉汤制品品种少, 且产品保质期短, 一般只能达到 3~6 个月, 香味损失严重。因此, 作者采用真空浓缩结合柔性热力杀菌方法, 降低热力杀菌的强度, 从而杀灭汤料中的微生物, 同时保留浓汤特有的香味, 提高产品的品质。

Nisin 是一种无毒副作用的蛋白质, 极易被人

收稿日期: 2009-12-25

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划重点项目(2008BADA1B05)。

* 通信作者: 张慇(1962—), 男, 浙江平湖人, 教授, 博士生导师, 主要从事农产品贮藏与加工研究。

Email: min@jiangnan.edu.cn

体消化道中的蛋白酶和胰蛋白酶降解^[1,2],不会改变肠道内正常菌群,不产生抗药性,半致死量与食盐相近,使用安全^[3]。Nisin 能够抑制大部分革兰阳性菌及其芽孢的生长与繁殖,如葡萄球菌属、链球菌属、梭状芽孢杆菌属和芽孢杆菌属的细菌,特别是对金黄色葡萄球菌、溶血链球菌、肉毒杆菌作用明显。使用它还可降低杀菌温度,减少热处理时间,因此能改进食品营养价值、风味、结构、色泽等性状,同时还可节省能耗^[4]。

山梨酸钾具有高效、无毒、稳定、易溶解等优点。目前常用的防腐剂是苯甲酸及其钠盐,其价格低廉,应用范围广,但其毒性偏高,安全性没有保障,正逐渐被山梨酸及山梨酸钾取代^[5]。山梨酸钾是一种新型食品添加剂,能抑制细菌、霉菌和酵母菌等的生长,与 Nisin 复配使用可以扩大抑菌范围,且效果显著,对食品风味无不良影响,能参与人体新陈代谢,氧化生成二氧化碳和水,对人体无害。山梨酸钾防腐效果比传统使用的苯甲酸钠高 5~10 倍,而毒副作用仅为苯甲酸的 1/4、食盐的 1/2,对人体不会产生致癌和致畸作用,安全性高^[6]。

为了保持鸭肉浓汤特有浓郁的香味,提高产品的品质,作者采用 Nisin 与山梨酸钾复配,通过扩大抑菌范围来弱化杀菌强度,这样既可以保证乳酸链球菌的活性,使其达到抑菌作用,又可以减少味物质的损失。实验的目的是确定 Nisin、山梨酸钾的最优添加浓度及相应的杀菌条件,为现实生产提供可靠的依据。

鸭肉浓汤的脂肪含量高,在长时间煮制浓缩、贮藏中易受氧、光照及酶的作用产生脂肪氧化,不仅降低浓汤的风味和营养价值,缩短产品保质期,而且会产生一些有毒物质^[7],因此须对浓汤的抗氧化进行研究。脂肪氧化的过程遵循自由基反应机,其主要步骤包括引发期、增殖期和终止期^[8],虽然终止自由基反应的方法很多,如采用真空、充氮、避光或低温等方法贮藏,但添加抗氧化剂仍是目前最常用的方法^[9]。目前国内外常用的抗氧化剂有:特丁基对苯二酚(TBHQ)、二丁基羟基甲苯(BHT)、丁基羟基茴香醚(BHA)^[10]。TBHQ 抗氧化能力强,对热稳定并具有一定的抗菌作用,已广泛应用于油脂行业;BHT 价格低廉,使用广泛;BHA 热稳定性较好,并具有较强抑菌力^[11]。复合抗氧化剂的效果优于单一抗氧化剂^[12],因此在分别研究 TBHQ、BHA、BHT 抗氧化效果的基础上,继续研究复配对鸭肉浓汤的抗氧化效果,以延长产品保质期,提高企业经济效益。

1 材料与方法

1.1 原料、试剂与设备

1.1.1 原料 鸭肉及各种香辛料,购于江苏省无锡市雪浪市场,调味料购于当地超市。

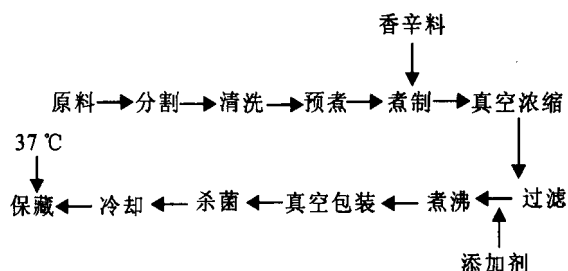
1.1.2 试剂 Nisin(银象集团提供)、山梨酸钾、各种微生物培养基;TBHQ、BHA、BHT、冰乙酸、石油醚(沸程:30~60℃)、三氯甲烷、硫代硫酸钠、饱和碘化钾、淀粉指示剂等。

1.1.3 设备 SW-CJ-10 型洁净工作台,苏州净化设备厂产品;2DX-35BI 型座式自动电热压力蒸汽灭菌锅,上海申安医疗器械厂产品;SPX 型智能生化培养箱,南京实验仪器厂产品;XH-400 真空包装机,北京派克龙包装机械灌装机有限公司产品;电热恒温水浴锅,上海医疗器械五厂产品;旋转蒸发器,上海申生科技有限先公司产品;Novasina Mslaw 水分活度检测系统,华嘉(香港)有限公司产品;NDJ-79 型旋转式粘度计,上海同济大学机械电厂产品;pHS-2C 酸度计,上海分析仪器厂产品。

1.2 实验方法

1.2.1 鸭肉浓汤的制作工艺及操作要点

1) 工艺流程如下:



2) 操作要点: 原料经分割、清洗后进行预煮以除去腥味及淤血。煮制时间为 1.5 h,真空浓缩可以有效减少热敏性香味物质的损失,保证鸭肉浓汤香味浓郁,浓缩至初始体积的 1/4。过滤是为了除去肉末及其他细小固体杂质,以减少杂菌污染,有利于减低杀菌强度。真空浓缩后添加抑菌剂及抗氧化剂,进一步煮沸即可起到杀菌作用,又能加快抑菌剂、抗氧化剂的溶解。经真空包装后进行杀菌,杀菌温度为 105、110、115℃、杀菌时间为 20、25、30、35 min。杀菌结束后迅速进行冷却,防止微生物生长。保藏温度为 37℃,分别测定第 5、7、9、11 天产品的菌落总数,第 5、9、13、17 天的过氧化值。

3) 制作配方: 鸭肉 500 g、Nisin 适量、山梨酸钾适量、水 1 kg、食用盐 20 g、食醋 7 mL、花椒 5 g、八角 8 g、香叶 2 g、小茴香 5 g。

1.2.2 微生物实验 本部分主要研究各因素对样品微生物数目的影响,添加剂的浓度以最终浓缩汤料的质量计,为了保证各实验之间的可比性,实验采取以下操作:每0.50 kg鸭肉用1.0 kg水进行煮制。煮制时间为90 min,之后进行真空浓缩,浓缩至初始体积的1/4时停止。

1) 不同 Nisin 浓度对菌落总数的影响 Nisin 质量分数是影响抑菌效果的主要因素之一,为了研究不同浓度 Nisin 的抑菌作用,作者选取的条件为:山梨酸钾添加质量分数0.03 g/kg, Nisin 添加质量分数分别为0.05、0.10、0.15、0.20 g/kg,以不添加 Nisin 的样品为空白。杀菌条件:110 °C、30 min。

2) 不同山梨酸钾浓度对菌落总数的影响 山梨酸钾主要抑制革兰氏阴性细菌、酵母菌及霉菌的生长。为了研究山梨酸钾对鸭肉浓汤货架期的影响,作者选取0.01、0.03、0.05、0.07 g/kg的添加量, Nisin 添加质量分数为0.10 g/kg,杀菌条件不变。

3) 杀菌条件对微生物的影响 杀菌强度直接影响杀菌效果,最佳的杀菌条件即可能效控制微生物的生长,又能保证产品浓郁的香味。杀菌条件包括杀菌温度与杀菌时间。为了具体研究杀菌温度对微生物的影响,选定杀菌时间为30 min,杀菌温度为105、110、115 °C;研究杀菌时间对产品中微生物的影响,选择杀菌条件为:杀菌时间20、25、30、35 min,杀菌温度为105 °C,其他条件保持不变。

4) 正交试验 为了进一步优化工艺参数,在上述单因素基础上继续进行正交试验,进行 $L_9(3^4)$ 正交试验^[13]。评价指标为37 °C保藏5、7、9、11 d时产品的菌落总数对数值。

1.2.3 抗氧化实验 由于浓缩鸭肉汤脂肪质量分数为28.6%,因此有必要对脂肪氧化进行研究。在上述控菌实验结果的基础上,作者研究了同一浓度TBHQ、BHA、BHT在鸭肉浓汤中抗氧化特性,并选取两种抗氧化效果较好的试剂,采用单纯形配方审计进行复配实验^[13],复配总量控制为0.2 g/kg。分别测定37 °C保藏5、9、13、17 d的过氧化值。

1.3 相关指标及测定方法

1.3.1 菌落总数 菌落总数测定方法参见GB/T 4789.2—2008。

1.3.2 大肠菌群的测定 大肠菌群测定方法参见GB/T 4789.3—2008,当大肠菌群数超标时,说明产品受到粪便污染,很可能含有大肠致病菌,产品不能食用^[14]。

1.3.3 过氧化值 样品预处理方法参见GB/T

5009.56—2003,过氧化值的测定方法参见GB/T 5009.37—2003。

1.3.4 粘度的测定 采用NDJ—79型旋转式粘度计进行测定。

1.3.5 pH的测定 采用pHS-2C酸度计进行测定。

1.3.6 水分活度的测定 采用Novasina Msl-aw水分活度检测系统进行测定。

1.3.7 氯化钠含量测定 氯化钠含量测定方法参见GB18186—2000,采用AgNO₃标准溶液进行滴定。

1.3.8 脂肪含量的测定 脂肪的测定方法参见GB/T 5009.6—2003中酸水解法。

2 结果与讨论

2.1 微生物实验结果

2.1.1 不同 Nisin 质量分数对菌落总数的影响

山梨酸钾添加质量分数为0.03 g/kg, Nisin 添加质量分数分别为0.00、0.05、0.10、0.15、0.20 g/kg,杀菌条件:110 °C、30 min时。浓汤经37 °C保藏5、7、9、11 d的菌落总数见图1。可以看出:与空白试验相比,添加 Nisin 的样品菌落总数明显减低;随着 Nisin 质量分数的增加,储藏过程中菌落总数对数值的变化趋于平缓,表明 Nisin 的抑菌作用随质量分数增加而加强,当 Nisin 添加质量分数为0.20 g/kg时,经37 °C保藏7、9、11 d的菌落总数均小于其他各组。

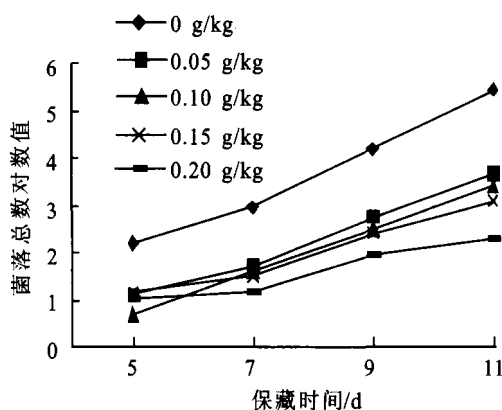


图1 Nisin 质量分数对菌落数的影响

Fig.1 Effect of different concentrations of Nisin on the number of colonies

2.1.2 不同山梨酸钾质量分数对菌落总数的影响

Nisin 添加质量分数为0.10 g/kg,山梨酸钾质量分数分别为0.01、0.03、0.05、0.07 g/kg,其他条件不变。浓汤经37 °C保藏5、7、9、11d的菌落总数见图2。从图2可看出:山梨酸钾的抑菌效果与其浓

度呈正相关,当山梨酸钾质量分数 $>0.03\text{ g/kg}$ 时抑菌效果明显,当质量分数 $>0.05\text{ g/kg}$ 时,进一步增加其浓度意义不大。

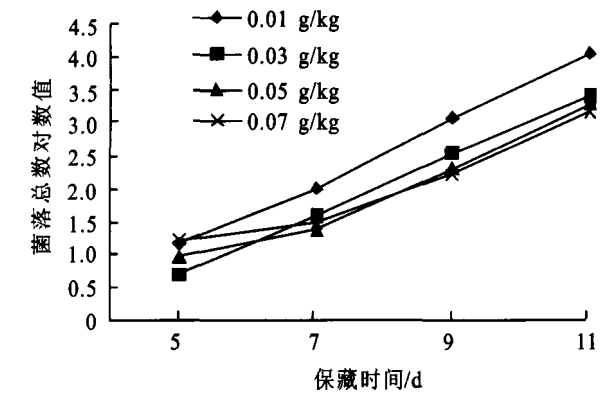


图 2 山梨酸钾质量分数对菌落数的影响

Fig. 2 Effect of different potassium sorbate concentration on the number of colonies

2.1.3 不同杀菌温度对微生物的影响 山梨酸钾、Nisin 质量分数分别为 0.03 、 0.10 g/kg , 杀菌温度 105 、 110 、 $115\text{ }^{\circ}\text{C}$, 杀菌时间为 30 min , 实验结果见图 3。从该图可以看出, 杀菌温度越高, 产品中残留的微生物数目越少, 当杀菌温度为 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 保藏至第 5 天时菌落总数对数值已接近 2.00 , 说明该杀菌温度杀菌效果较差, 样品中残留的耐热性菌体较多, Nisin 已不能抑制微生物的生长; 当杀菌温度达到 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 杀菌、抑菌效果较理想; 进一步提高杀菌温度至 $115\text{ }^{\circ}\text{C}$, 此时杀菌效果虽然较好, 但同时由于 Nisin 受热失活较严重, 其后期的抑菌效果与 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理的样品差别不大。

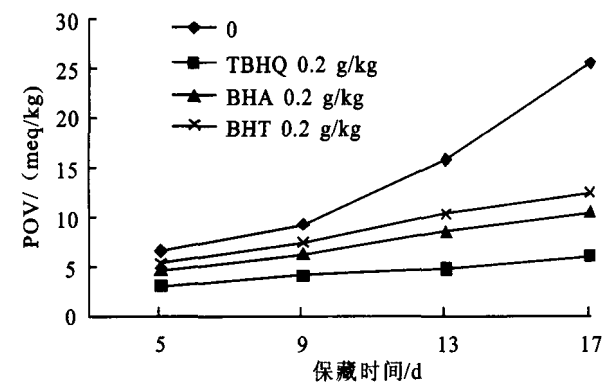


图 3 杀菌温度对菌落数的影响

Fig. 3 Effect of different sterilization temperature on the number of colonies

2.1.4 不同杀菌时间对微生物的影响 山梨酸钾、Nisin 质量分数分别为 0.03 、 0.10 g/kg , 杀菌温度为 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, 杀菌时间分别为 20 、 25 、 30 、 35 min , 实

验结果见图 4。从该图可以看出: 不同杀菌时间对样品菌落总数影响较大, 当杀菌时间分别为 20 、 25 、 30 min 时, 随着杀菌时间的延长, 杀菌效果变化明显, 当杀菌时间延长至 35 min 时, 其杀菌效果与 30 min 相差不大, 这可能与杀菌时间过长增加造成 Nisin 失活有关。

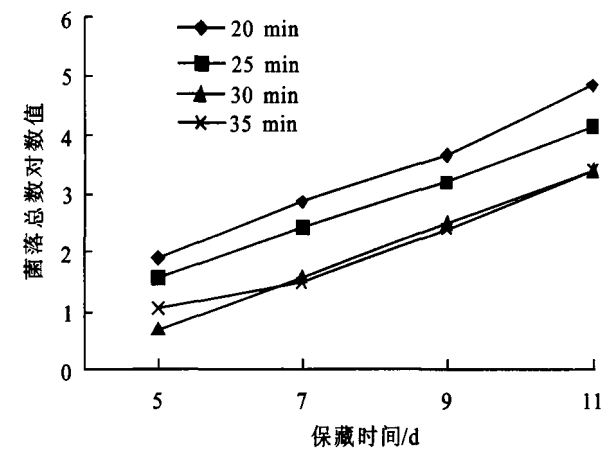


图 4 杀菌时间对菌落数的影响

Fig. 4 Effect of different sterilization time on the number of colonies

2.1.5 正交实验结果 在上述单因素实验的基础上, 山梨酸钾质量分数固定为 0.03 g/kg , 选择 Nisin、杀菌温度、时间 3 个对微生物影响较大的因素进行 $L_9(3^4)$ 正交试验, 因素水平见表 1^[13]。以产品 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保藏 9 天时的菌落总数为考察指标, 做极差、方差分析。极差分析结果见表 2, 方差分析结果见表 3。由表 2 可知: 3 个因素对菌落总数的影响主次顺序为: 杀菌温度、Nisin 浓度、杀菌时间, 最优水平组合式为 $C_3A_3D_2$, 即 Nisin 0.2 g/kg , 杀菌条件: $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 30 min 。正交实验中第 7 号实验就是最优方案, 其菌落总数对数值为 1.771 , 与其他实验相比为最优。正交实验的空列极差大于 D 列极差, 可能由以下原因引起: ①所选杀菌时间间隔小 (5 min) 导致该列极差较小; ②杀菌条件与 Nisin 质量分数存在交互作用, 杀菌强度过大造成其部分失活, 使得空列极差较大。

表 1 正交因素水平表

Tab. 1 Selected table of level of orthogonal factors

水平	因素			
	Nisin 质量 分数 A/ (g/kg)	空列 B	杀菌 温度 C/ $^{\circ}\text{C}$	杀菌 时间 D/ min
1	0.10	0	105	25
2	0.15	0	110	30
3	0.20	0	115	35

表 2 正交实验安排及结果

Tab. 2 Arrangement and the results of orthogonal experiment

试验号	因素				菌落对数值 lg(CFU/mL)
	A	B (空列)	C	D	
1	1	1	1	1	3.373
2	1	2	2	2	2.294
3	1	3	3	3	1.934
4	2	1	2	3	2.322
5	2	2	3	1	2.143
6	2	3	1	2	3.455
7	3	1	3	2	1.771
8	3	2	1	3	3.303
9	3	3	2	1	2.270
K_1	7.601	7.466	10.131	7.786	
K_2	7.920	7.740	6.886	7.520	
K_3	7.344	7.659	5.848	7.559	
k_1	2.534	2.489	3.377	2.595	
k_2	2.640	2.580	2.295	2.507	
k_3	2.448	2.553	1.949	2.520	
R	0.192	0.091	1.428	0.088	
因素主→次			C A D		
优方案			$C_3A_3D_2$		

方差分析结果见表 3,可以看出 Nisin 质量分数及杀菌时间对产品菌落总数有显著的影响,杀菌温度对产品菌落总数有非常显著的影响,方差分析结果与极差分析相一致。进一步证明杀菌温度对实验结果影响最大,其次为 Nisin 质量分数及杀菌时间。

按 GB/T 4789.3—2008 的方法测定 37 ℃保藏 9 d 后的大肠菌群,测得结果为<3 MPN/100 mL,符合国家相关标准的要求。

2.2 抗氧化实验结果

2.2.1 不同抗氧化剂的抗氧化效果 TBHQ、BHA、BHT 添加质量分数均为 0.2 g/kg 时,37℃保藏 5、9、13、17 d 的过氧化值见图 5,可以看出:不添加抗氧化剂时样品过氧化值迅速上升,保藏实验进行至中后期时更加明显;使用抗氧化剂的样品 POV 变化较趋缓,其中抗氧化效果顺序为 TBHQ>BHA>BHT,保藏 5、9、13、17 d 时 TBHQ 的抗氧化效果明显好于其他两种抗氧化剂,37 ℃保藏 17 天后,TBHQ、BHA、BHT 对应的过氧化值分别为 6.01、10.52、12.43 meq/kg,分别比对照组减小了 76.5%、58.9%、51.4%^[15]。

表 3 正交设计方差分析表(完全随机模型)

Tab. 3 Orthogonal design analysis of variance (completely random model)

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	Fa	显著性
A	0.055 51	2	0.027 75	4.202 23		*
B	0.013 21	2	0.006 60			
C	3.327 95	2	1.663 98	251.93511	$F_{0.05}=5.14$	**
D	0.013 76	2	0.006 88	1.04138	$F_{0.01}=10.92$	*
误差	0.013 20	2	0.006 60			
总和	3.410 43					

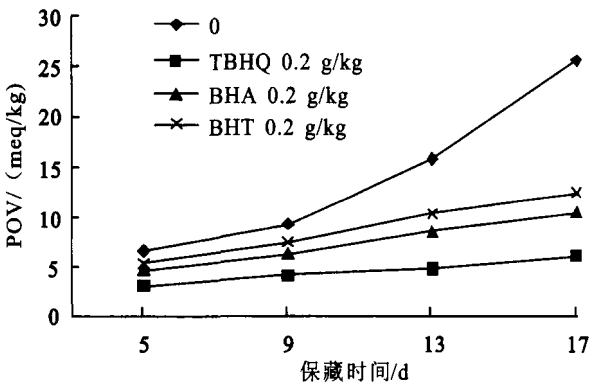


图 5 不同抗氧化剂对浓汤 POV 的影响

Fig. 5 Effect of different antioxidants on POV of concentrated soup

2.2.2 复配抗氧化剂的抗氧化效果 在研究单一抗氧化剂的基础上,选取 TBHQ、BHA 进行复配,复配方案为:0.15 g/kg TBHQ+0.05 g/kg BHA,0.10 g/kg TBHQ+0.10 g/kg BHA,0.05 g/kg TBHQ+0.15 g/kg BHA,实验结果见图 6。可以看出:TBHQ 与 BHA 复配抗氧化效果优于单一抗氧化剂,抗氧化效果顺序依次为 0.15 g/kg TBHQ+0.05 g/kg BHA>0.10 g/kg TBHQ+0.10 g/kg BHA>0.2 g/kg TBHQ>0.05 g/kg TBHQ+0.15 g/kg BHA>0.2 g/kg BHA,37 ℃保藏 17 d 后,0.15 g/kg TBHQ+0.05 g/kg BHA,0.10 g/kg TBHQ+0.10 g/kg BHA,的过氧化值分别为

5.13、5.43 meq/kg,比单独使用 TBHQ 减小了 14.6%、9.7%。即 0.15 g/kg TBHQ+0.05 g/kg BHA 的抗氧化性能是 0.2%TBHQ 的 1.2 倍。

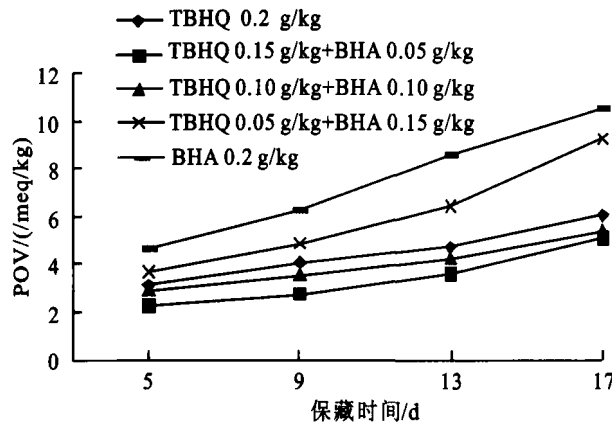


图 6 复配抗氧化剂对浓汤 POV 的影响

Fig. 6 Effects of compounded antioxidants on POV of concentrated soup

2.3 鸭肉浓汤的其他指标

由该生产工艺所得鸭肉浓汤的其他指标见表 4,其中大肠菌群一项为 37℃保藏 9 d 后产品指标,其余指标均为初始指值。

表 4 鸭肉浓汤的其他常规指标

Tab. 4 Other conventional indicators of Concentrated Duck Soup

指标	数值
粘度(20℃)/(mPa·s)	16.5±1.5
氯化钠质量分数/%	6.3±0.6
pH	4.53±0.23
脂肪质量分数/%	28.6±1.8
水分活度	0.92
大肠菌群/(个/dL)	≤3

其中,浓汤的氯化钠质量分数为 6%~7%,氯化钠可以减少氧的溶解度,质量分数达到 5%时可以完全抑制厌氧菌的生长;同时,氯化钠溶液产生的渗透压及 Cl⁻对微生物的毒害作用,可进一步抑制微生物的生长^[16],这对延长汤料保质期有一定积极作用。

3 结 语

1) 当山梨酸钾质量分数>0.03 g/kg 时抑菌效果明显,当质量分数>0.05 g/kg 时,进一步增加意义不大。

2) Nisin 在鸭肉浓汤中的抑菌效果与其浓度呈正相关。当 Nisin 添加质量分数达到 0.2 g/kg 时,37℃保藏 11 d 后的菌落总数对数值为 2.276。

3) 杀菌强度(杀菌温度、杀菌时间)增大时会影响乳酸链球菌的活性,从而影响后期产品抑菌效果,最佳杀菌强度为:115℃、30 min。

4) 最终确定控菌方案为:Nisin、山梨酸钾的质量分数分别为 0.20 g/kg、0.03 g/kg,杀菌条件为 115℃、30 min。

5) 对于鸭肉浓汤,同一质量浓度抗氧化剂的抗氧化效果依次为 TBHQ>BHA>BHT,其中 TBHQ 明显好于 BHA、BHT,BHA 的抗氧化效果较 BHT 好。

6) 复合抗氧化剂明显好于单一抗氧化剂,当采用 TBHQ 0.15 g/kg+BHA 0.05 g/kg 复配方案时,经过 37℃保藏 17 d 后过氧化值为 5.13 meq/kg,抗氧化性能是 0.2 g/kgTBHQ 的 1.2 倍。

参考文献(References):

[1] Liu W, J N Hansen. Some chemical and physical properties of Nisin, a small - protein antibiotic produced by lactococcuslactis[J]. **Appl Environ Microbiol**, 1990, 56: 2551-2558.

[2] Linda J. Development in Nisin research [J]. **Food Research International**, 1997, 25: 57-66.

[3] 赵剑飞. Nisin 的性能及在肉制品中的应用[J]. **肉类工业**, 2005, 291(7): 38-39.

ZHAO Jian-fei. The properties and application of Nisin in meat products[J]. **Meat Industry**, 2005, 291(7): 38-39. (in Chinese)

[4] 李江阔,张鹏. Nisin 研究现状及在畜产品加工中的应用[J]. **保鲜与加工**, 2008, 8(1): 5-8.

LI Hong-kuo, ZHANG Peng. Research and application of Nisin in animal products processing [J]. **Storage and processing**, 2008, 8(1): 5-8. (in Chinese)

[5] 马玉山,梁咏梅. 山梨酸钾在肉制品中的应用实例[J]. **肉类工业**, 2006, 304(8): 3-4.

MA Yu-shan, LIANG Yong-mei. Examples of application of potassium sorbate in meat[J]. **Meat Industry**, 2006, 304(8): 3-4. (in Chinese)

[6] 邓明,哈益明,严奉伟,等. NISIN、EDTA 和山梨酸钾在冷却肉贮藏保鲜中的交互效应分析[J]. **食品科技**, 2005, (09): 66-70.

- DENG Ming, HA Yi-ming, YAN Feng-wei, et al. Interaction analysis of NISIN, EDTA and potassium sorbate on chilled meat preservation[J]. **Food Science And Technology**, 2005, (09): 66—70. (in Chinese)
- [7] Henriette M C Azeredo, Jose de Assis F Faria, Maria Aparecida A P. Minimization of peroxide formation rate in soybean oil by antioxidant combinations[J]. **Food Research International**, 2004, 37: 669—694.
- [8] Warner K, Frankel E N. Effects of b-carotene on light stability of soybean oil. [J]. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 64, 213—218.
- [9] 陆洋, 杨波涛, 陈凤香. 复配天然抗氧化剂对食用油脂抗氧化效果研究[J]. **食品科学**, 2009, (11): 55—57.
- LU Yang, YANG Bo-tao, CHEN Feng-xiang. Study on antioxidation of natural antioxidant compound on edible oil[J]. **Food Science**, 2009, (11): 55—57. (in Chinese)
- [10] 尤新. 食品抗氧化剂与人体健康[J]. **食品与生物技术学报**, 2006, 25(2): 1—7.
- YOU XIN. Food anti-oxidants and their influence to human health[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2006, 25(2): 1—7. (in Chinese)
- [11] 姚芳, 刘靖, 展跃平. 抗氧化剂对猪肉脯抗氧化性能的影响研究[J]. **食品工业科技**, 2009, (2): 105—107.
- YAO Fang, LIU Jing, ZHAN Yue-ping. Effects of antioxidants on the antioxidant activity of pork jerky[J]. **Food Industry Technology**, 2009, (02): 105—107. (in Chinese)
- [12] 李书国, 李雪梅, 陈辉. 油脂复合抗氧化剂抗氧化协同增效作用的研究[J]. **粮油加工与食品机械**, 2004(4): 42—44.
- LI Shu-guo, LI Xue-mei, CHEN Hui. Studies on the compounded antioxidants in grease[J]. **Machinery For Cereals Oil And Food Processing**, 2004(4): 42—44. (in Chinese)
- [13] 李云雁, 胡传荣. 实验设计与数据处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [14] GB/T 4789. 3—2008 食品卫生微生物学检测大肠菌群测定[S].
- [15] 张红梅, 金征宇. 花生衣红抗氧化活性的研究[J]. **食品与生物技术学报**, 2005, 24(6): 83—87.
- ZHANG Hong-mei, JIN Zheng-yu. Study on the antioxidant activity of peanut skin[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2005, 24(16): 83—87. (in Chinese)
- [16] 周光宏, 徐幸莲. 肉品学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.

(责任编辑: 朱明)