

# 生物防腐剂 DSG01 在鲜鱼肉保鲜中的应用研究

钟江燕, 林敏慧, 邓尚贵

(浙江海洋学院食品与药学学院, 浙江舟山 316000)

**摘要:**以大肠杆菌为指示菌、抑菌圈直径为指标研究了富马酸一钠和聚赖氨酸的最佳抑菌浓度, 确定了富马酸一钠与聚赖氨酸的最佳复配比为 10:1.4, 以此得到复配型生物防腐剂 DSG01。DSG01 应用于鲜鱼后具有明显的保水效果, 并且具有较宽广的抑菌谱, 对革兰氏阳性、革兰氏阴性细菌均有很好的抑制效果, 对耐热性的枯草芽孢杆菌、嗜冷菌(如荧光假单胞杆菌)也有很好的抑菌性。本研究结果为 DSG01 在鲜鱼肉保鲜中的应用提供了必要的实验依据。

**关键词:**生物防腐剂, 鲜鱼肉, 富马酸一钠, 聚赖氨酸, 抑菌性

## Biological preservative DSG01's application research in fresh fish meat's preservation

ZHONG Jiang-yan, LIN Min-hui, DENG Shang-gui

(School of Food and Pharmacy of Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316000, China)

**Abstract:** This article studied the best inhibitory concentration of Fumaric acid sodium and Ploy-lysine, defined the best mixed ratio of their complex ratio of 10:1.4 by taking *E.coli* as indicator bacteria while making inhibition zone diameter as an indicator, and then named the complex type of biological preservatives of DSG01. DSG01 had an obvious effect of water-holding capacity on fresh fish and a broad antibacterial spectrum, it had a good inhibitory on G<sup>-</sup> and G<sup>+</sup> bacteria and also worked on heat resistance *Bacillus subtilis* and psychrophilic bacteria (such as *Pseudomonas fluorescens*). The results of this study provide the necessary experimental basis for DSG01 using in fresh fish preservation.

**Key words:** biological preservative; fresh fish meat; fumaric acid sodium; ploy-lysine; anti-microbial activity

中图分类号: TS201.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2013)09-0263-06

目前使用较多的防腐剂基本上是防腐效果明显、来源广泛、价格低廉的苯甲酸(钠)和山梨酸(钾), 但随着其广泛应用, 这些化学防腐剂的毒副作用也日渐突出<sup>[1]</sup>。目前, 对于生物防腐剂(如乳酸链球菌素(Nisin)、曲酸、那他霉素等)的研究与应用在国内外已经成为开拓食品防腐剂领域的热点。生物防腐剂尽管具有抗菌性强、安全无毒、热稳定性好等优点, 可应用较为成熟的生物防腐剂普遍带有一点色泽(如 Nisin 呈现淡黄色)、抑菌谱窄、生产成本高等缺陷, 使得单一生物防腐剂的抑菌效果总是不尽人意<sup>[2]</sup>。目前, 许多研究都表明富马酸一钠和聚赖氨酸属于高安全性类防腐剂<sup>[3-6]</sup>。富马酸一钠为结晶状透明颗粒, 在日本和韩国, 其研究已经很成熟, 且

已经开发了以其作为主要成分的水产品复合型天然防腐剂。从性质上来说, 富马酸一钠兼有防腐、螯合金属离子、抗氧化和缓冲 pH 等多种功能, 因此被广泛用于复配型防腐剂的基础配料<sup>[1]</sup>。聚赖氨酸为淡黄色粉末, 不受 pH 的影响, 耐热性好<sup>[7-8]</sup>。它对革兰氏阴性、阳性菌都有很好的抑制效果, 与富马酸一钠复合可以扩大复配防腐剂的抑菌谱<sup>[9]</sup>。聚赖氨酸以  $\epsilon$ -多聚赖氨酸( $\epsilon$ -PL)研究抑菌性为佳, 其分子式如图 1:  $\epsilon$ -PL 在人体内分解为赖氨酸, 是人体所需的八大氨基酸之一, 也是世界各国允许在食品中强化的氨基酸, 因此  $\epsilon$ -PL 是一种营养型抑菌剂, 安全性高于其他化学防腐剂<sup>[2]</sup>。

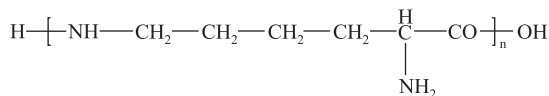


图 1  $\epsilon$ -PL 结构图

Fig.1  $\epsilon$ -PL structure diagram

本文拟将富马酸一钠、聚赖氨酸进行复配, 以期探讨鲜鱼肉等水产食品中防腐剂使用问题, 保障鲜鱼肉等水产食品安全和人民身体健康。

收稿日期: 2012-11-12

作者简介: 钟江燕(1990-), 女, 本科生, 研究方向: 生物防腐剂。

基金项目: 国家自然科学基金项目(31071628); 国家科技支撑计划项目(2012BAD29B06); 国家国际科技合作项目(2012DFA30600); 国家国际科技合作项目(2010DFB34220); 浙江省重大社会发展项目(2011C13027-2); 浙江海洋学院大学生研究性学习与创新性实验项目。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

**新鲜活鲫鱼** 2012年4月10日购自浙江海洋学院食品与药学学院附近的农贸市场;大肠杆菌(*Escherichia coli*, *E.coli*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、沙门氏菌(*salmonella*)、副溶血性弧菌(*Bibrio Parahemolyticus*)、普通变形杆菌(*Proteus vulgaris*)、绿脓杆菌(*Pseudomonas aeruginosa*)、荧光假单胞杆菌(*Pseudomonas fluorescens*)、巨大芽孢杆菌(*Bacillus magaterium*)、八叠球菌(*Sarcina*)、藤黄八叠球菌(*Sarcina lutea*) 浙江省海洋学院食品与药学学院511实验室;黑根霉(*Rhizopus nigricans Ehrenberg*)、黄曲霉(*Aspergillus flavus Link*)、葡萄汁酵母(*Saccharomyces uvarum*)、啤酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae Meyen ex E.C.Hansen*) 购于北京北纳创联生物技术研究院;富马酸一钠 食品级,由郑州亿之源化工产品有限公司生产; $\epsilon$ -聚赖氨酸(分子量为3000~4700g/mol) 食品级,由南京赛泰斯生物科技有限公司生产;革兰氏染液。

**玻璃培养皿 90mm** 北京华兴科诺;YXQ-LS-30SII 高压灭菌锅 上海博讯实业有限公司医疗设备厂;HS-1300-U 超净工作台 苏州安泰空气技术有限公司;HWS-270 恒温恒湿培养箱 宁波东南仪器有限公司;DHG-9140A 干燥烘箱 上海精宏实验设备有限公司;U-2800 紫外可见分光光度计 HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION;FJ300-SH 均质器 上海标本模型厂制造;HG63 水分测定仪梅特勒 上海右一仪器有限公司;PEN3 便携式电子鼻 北京盈盛恒泰科技有限责任公司;N-180M 显微镜 上海丽驰计量仪器有限公司。

### 1.2 实验方法

**1.2.1 富马酸一钠和聚赖氨酸最佳抑菌浓度的确定** 用灭菌水在超净台中准确配制浓度梯度为200、300、400、500、600、700、800mg/L(为精确实验,后在抑菌圈最大的梯度附近找4~5个点再进行实验)的富马酸一钠溶液和浓度梯度为200、250、300、350、400、450、500mg/L的聚赖氨酸溶液<sup>[10]</sup>。先将配制好的 $10^8$ cfu/g的大肠杆菌菌液用灭菌的干净棉签均匀地涂布在已经凝固的营养培养基表面,在每个培养皿上放三个牛津杯(一个做空白对照)。每个牛津杯中注入200 $\mu$ L富马酸一钠溶液或聚赖氨酸溶液,对照组加入200 $\mu$ L无菌水,另外每个浓度各再做两个平行。对每个培养皿做好记号,放在37℃恒温恒湿培养箱中培养24h后取出测量抑菌圈直径。

**1.2.2 富马酸一钠和聚赖氨酸最佳配比的确定**

**1.2.2.1 初级配比形成** 根据以上实验找出的富马酸一钠和聚赖氨酸单独最佳抑菌浓度,将两者配制成成分比为富马酸一钠:聚赖氨酸=1:1、10:1、5:1、1:5、1:10的五组溶液,每个配比做两个平行,用1.2.1抑菌圈实验找出初步最佳配比。

**1.2.2.2 最终配比形成** 在以上五组配比中找出的最佳配比的左右再均匀的各取三个配比,每个配比

做两个平行,进一步找出更精确的复配比例。

**1.2.3 复合型防腐剂 DSG01 的抑菌谱研究** 将最佳抑菌浓度下的富马酸一钠和聚赖氨酸以及复合后的防腐剂 DSG01 三者分别用于材料中的15种菌中,测定各自的抑菌圈直径,进行比较,各自做两个平行。

**1.2.4 复合生物防腐剂的防腐实验——运用在鲜鱼中** 将刚买来的新鲜鲫鱼去头去尾剖好,将鱼肉平均分成34份都为5cm×3cm×1cm长方体形状的鲜鱼块,每份50g左右。分成两组,每组各17份,一组用已灭菌的软刷均匀地涂抹30mL配好的富马酸一钠和聚赖氨酸复合型生物防腐剂 DSG01,另一组涂抹等量的无菌水。于相同的室温环境下放置,测定鲜鱼置于室温条件下每天的以下各项指标。

**1.2.4.1 DSG01 对鲜鱼菌落总数的影响** 各两份鱼肉,每份25g,各加入225mL无菌生理盐水,8000~10000r/min均质器均质1~2min,各配成稀释浓度为 $10^{-2}$ 、 $10^{-3}$ 、 $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ 的菌液,吸取1mL菌液到灭菌培养皿中,倒入15mL左右的培养基,混匀。每个稀释度做两个平行,同时,分别吸取1mL空白稀释液加入两个无菌平皿内作空白对照。置于37℃恒温恒湿培养箱中培养 $48 \pm 2$ h,选取菌落数在30~300CFU之间、无蔓延菌落生长的平板计数菌落总数。低于30CFU的平板记录具体菌落数,大于300CFU的可记录为多不可计。每个稀释度的菌落数应采用三个平板的平均数。

**1.2.4.2 DSG01 对鲜鱼的水分含量的影响** 各取两组的鱼肉( $3 \pm 0.5$ )g左右,用水分测定仪测定两者的水分含量,每组做两个平行,待仪器显示“END”时读取数据并记录下来。

**1.2.4.3 DSG01 对鲜鱼的敏感气味的影响** 先将电子鼻仪器开启预热30min,各取两组的鱼肉( $4 \pm 0.5$ )g分别放入样品采集瓶中,盖上盖子,使其气味扩散20min以上(另外各做两个平行组)。时间到后准确测量,保存数据并统一处理。

**1.2.4.4 DSG01 对鲜鱼的感官品质的影响** 基本感官指标与标准如下:a.闻气味,是否有异味,以及刺鼻程度;b.看颜色,颜色是否发生变化;c.触肉质,肉质是否变硬,水分是否有变化。

## 2 结果与分析

### 2.1 复合型生物防腐剂 DSG01 的形成

**2.1.1 富马酸一钠和聚赖氨酸最佳抑菌浓度的确定** 测量各个浓度下培养基中的抑菌圈直径,每个浓度梯度下的三个平行取其平均值作为实验值,得富马酸一钠最佳抑菌浓度预确定结果。

观察图2,发现图2中抑菌圈的直径都比较大,均超过14.5mm,可见富马酸一钠的抑菌性较好。抑菌圈直径大小的走势是先逐渐增大,到浓度为620mg/L时抑菌圈直径最大,此时其大小达到17.59mm,且当浓度大于620mg/L时,抑菌圈直径不增反减。因此,可以确定富马酸一钠单独使用时的最佳抑菌浓度为620mg/L。表3是聚赖氨酸的抑菌圈实验结果:

由图3的抑菌圈大小可以看出,聚赖氨酸的抑

表1 复配型生物防腐剂的抑菌效果

Table 1 Bacteriostatic ring sizes of the first time ratio

富马酸一钠:聚赖氨酸	10:1	10:2	1:1	1:5	1:10
抑菌圈直径(mm)	17.12	17.55	14.90	11.55	9.75

表2 第二次各配比比例下的抑菌圈大小

Table 2 Bacteriostatic ring sizes of the second time ratio

富马酸一钠:聚赖氨酸	10:1.2	10:1.4	10:1.6	5:1	5:2	5:3	5:4
抑菌圈直径(mm)	19.10	19.81	19.40	19.38	18.00	16.15	12.92

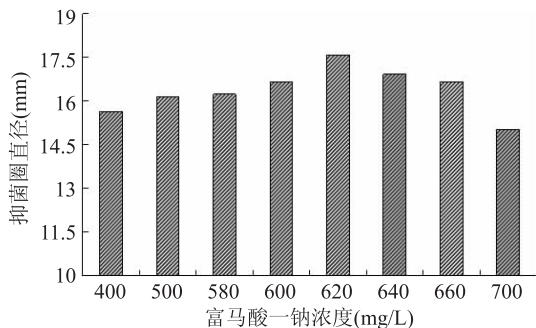


图2 富马酸一钠浓度梯度下抑菌圈大小

Fig.2 Bacteriostatic ring sizes of the first concentration gradient

菌性较富马酸一钠弱,其抑菌圈直径的大小在8~11mm之间,抑菌圈大小的变化也不是很大。根据图形先增后减的趋势,发现当聚赖氨酸的浓度为400mg/L时抑菌圈直径最大,此时其大小为10.02mm。因此,可以得出聚赖氨酸单独使用时的最佳抑菌浓度为400mg/L。

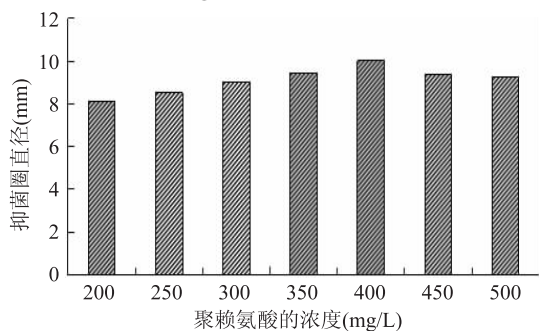


图3 聚赖氨酸浓度梯度下的抑菌圈大小

Fig.3 Bacteriostatic ring sizes of ploy-lysine concentration gradient

2.1.2 复配抑菌剂最佳配比的确定 以大肠杆菌为指示菌、抑菌圈直径为指标,采用牛津杯法确定最佳复配比例(表1、表2)。

由表1和表2可知,10:1.4是富马酸一钠和聚赖氨酸组成复合型生物防腐剂的最佳配比,并将富马酸一钠:聚赖氨酸为10:1.4的复配型生物防腐剂命名为DSG01。实验研究显示(见图1和图2)富马酸一钠在最佳抑菌浓度条件下抑菌圈直径为17.59mm,聚赖氨酸在最佳抑菌浓度条件下的抑菌圈直径为10.02mm(单独使用抑菌效果不明显),而DSG01的抑菌圈直径达到19.81mm,表明DSG01抑菌效果得到显著提高。因此,DSG01为浓度是620mg/L的富马酸一钠与400mg/L的聚赖氨酸以10:1.4比例配制

而成。

2.1.3 复合型防腐剂DSG01的抑菌谱研究 实验所得的15种菌的抑菌谱数据如表3:

表3 抑菌谱实验数据统计

Table 3 Antibacterial spectrum data

所用菌种	620mg/L的富马酸一钠下的抑菌圈直径(mm)	400mg/L的聚赖氨酸下的抑菌圈直径(mm)	复合防腐剂DSG01下的抑菌圈直径(mm)
大肠杆菌	17.59	10.02	19.81
普通变形杆菌	22.63	10.52	21.34
绿脓杆菌	25.46	10.64	25.51
荧光假单胞杆菌	23.26	10.27	25.40
沙门氏菌	31.20	0	31.20
副溶血性弧菌	14.18	10.20	13.80
八叠球菌	17.34	10.21	16.17
藤黄八叠球菌	24.44	10.17	24.76
巨大枯草芽孢杆菌	23.06	10.02	24.97
枯草芽孢杆菌	22.31	10.70	25.65
金黄色葡萄球菌	32.27	12.15	35.07
黄曲霉	0	9.84	略有抑菌效果
黑根霉	有抑菌效果,但抑菌圈不明显	略有抑菌效果	有抑菌效果,但抑菌圈不明显
葡萄汁酵母	0	10.09	9.90
啤酒酵母	0	9.84	8.61

由表3可见,此复合型防腐剂对革兰氏阳性、革兰氏阴性细菌均有很好的抑制效果,对耐热性的枯草芽孢杆菌、嗜冷菌(如荧光假单胞杆菌)也有很好的抑菌性,并且复合后的防腐剂对于15种细菌的抑菌圈直径大多比单独使用时要大;对霉菌和酵母菌的抑菌效果虽然相比细菌而言要差一些,但也有一定的抑菌效果,并且复合时比单独使用的效果好。由此可见复合型防腐剂DSG01的抑菌效果普遍比单独使用时要强,抑菌谱变广,具有很好的抑菌效果。另外,聚赖氨酸的抑菌性虽然没有富马酸一钠好,但加入聚赖氨酸可以很好地扩大DSG01的抑菌谱。

## 2.2 复合型生物防腐剂DSG01对鲜鱼品质的影响

2.2.1 DSG01对鲜鱼菌落总数的影响 DSG01对鲜鱼菌落总数的影响如图4所示,由于实验材料是新鲜鲫鱼肉,细菌本身生长迅速,此外,图中做了对数函数,则使得两者之间的差异更难以显得非常明显。

但此复合型生物防腐剂 DSG01 对鲜鱼肉仍有较为明显的抑菌效果,只是在第 3d 正好相反,这是因为加了防腐剂的鲜鱼肉水分含量较高,而不加防腐剂鲜鱼肉水分丧失很快,而水分含量对细菌的生长有一定作用。但是若在休闲水产品中,其水分含量本身很少,将影响不大。

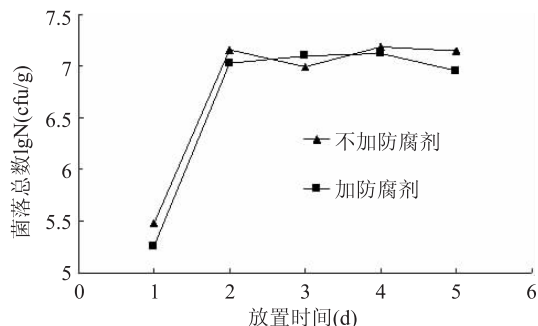


图4 DSG01 对鲜鱼肉中菌落总数的影响(20 ± 1) °C

Fig.4 Effect on total bacterial colonies in fresh fish adding DSG01 (20 ± 1) °C

2.2.2 DSG01 对鲜鱼水分含量的影响 从图 5 可以发现,加入复合型生物防腐剂的鲜鱼肉水分含量较高,也就是说其水分丧失比不添加的要小得多。因此,我们可以得出结论:富马酸一钠和聚赖氨酸组成的复合型生物防腐剂对水产品具有较好的持水效果。这将有效地保持休闲水产食品的营养价值和经济价值。

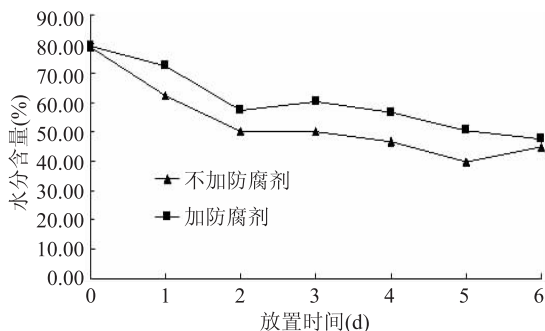


图5 DSG01 对鲜鱼肉水分含量的影响(20 ± 1) °C

Fig.5 Effect on water content in fresh fish adding DSG01 (20 ± 1) °C

2.2.3 DSG01 对鲜鱼敏感气味的影响 关于传感器最敏感气味的探究:将电子鼻数据经过 LO 图分析<sup>[11-12]</sup>,得到图 6、图 7,发现电子鼻对于添加和未添加复合型防腐剂的鲜鱼肉中最敏感的气味都是含氮化合物(横坐标值最大的点所代表的为传感器最敏感气味),但是不添加复合型防腐剂的新鱼肉更加敏感(横坐标的 main axis 值约为 0.89),而添加防腐剂的相对而言小些,约为 0.78。因此气味中氮氧化化合物的指标变化最能反映该复合型防腐剂的效果,当然从两表的比较也可见不添加此复合型防腐剂的鱼肉含氮化合物的变化更明显些,而添加了防腐剂的相对平缓些,这对于水产品的感官指标的保持将起到重大作用。

2.2.3.1 DSG01 对鲜鱼肉中氮氧化化合物的影响 从图 8 可以看出添加 DSG01 的鲜鱼肉中的氮氧化化合物

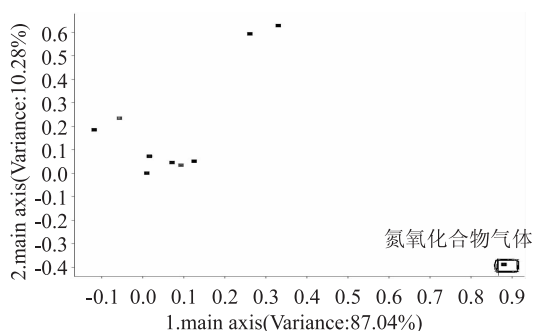


图6 不加防腐剂鲜鱼肉电子鼻 LO 分析图

Fig.6 Electronic noses LO analysis diagram of fresh fish without preservative

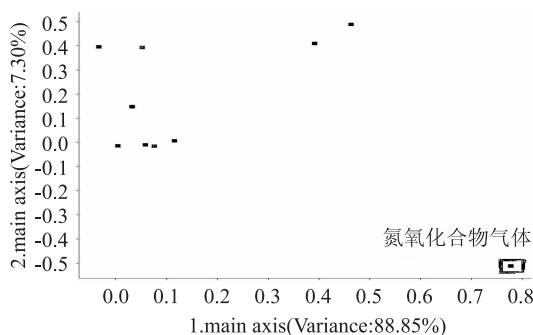


图7 添加防腐剂鲜鱼肉电子鼻 LO 分析图

Fig.7 Electronic noses LO analysis diagram of fresh fish with preservative

成分要比不添加的对照组略低,两者差异不是很大的主要原因是水分含量的变化,未添加 DSG01 的鱼肉水分失去比添加 DSG01 的鱼肉要快(图 5),这将使得未添加 DSG01 的鱼肉在较干的情况下腐败气味的产生比之前缓慢一些,这也是第 4d 添加 DSG01 和未添加 DSG01 的鱼肉中氮氧化化合物的 G0/G 值相差不多的主要原因。氮氧化化合物的多少是判定鲜鱼品质好坏的直接也是重要指标,所以对水产食品中的氮氧化合物研究很重要<sup>[13-14]</sup>。同理,第 4d 时由于水分含量的影响导致效果有些不明显。

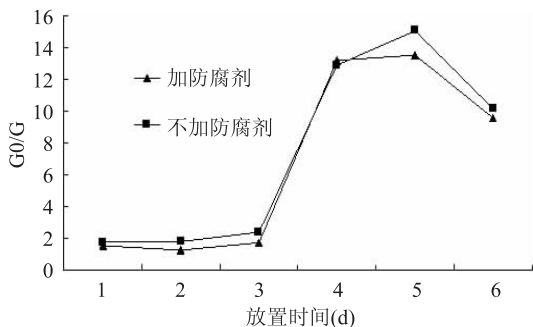


图8 DSG01 对鲜鱼肉中氮氧化化合物的影响(20 ± 1) °C

Fig.8 Effect on nitrogen oxygen compounds in fresh fish adding DSG01 (20 ± 1) °C

2.2.3.2 DSG01 对鲜鱼肉中芳香成分的影响 芳香成分的存在,有利于提高水产食品的感官特性,对于风味的维持起到一定作用,同时也可以间接地作为评定水产食品品质的一项指标。从图上看,该复合型生物防腐剂 DSG01 对于鲜鱼肉中的芳香成分具

有一定的维持作用,放置前期(第1d至第3d)两者的G0/G值差不多大,但放置后期(第4d开始)添加DSG01的鱼肉中芳香成分开始逐渐高于未添加DSG01的鱼肉。因此,DSG01对于鱼肉芳香成分的维持主要体现在放置后期,其效果比不添加DSG01的鲜鱼肉要好。

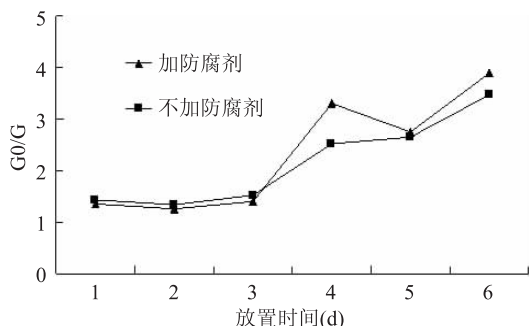


图9 DSG01对鲜鱼肉中芳香成分的影响(20±1)℃

Fig.9 Effect on aromatic constituents in fresh fish adding DSG01 (20±1)℃

2.2.3.3 其它的气味成分 根据图8~图11可以发现:添加富马酸一钠和聚赖氨酸的复合型生物防腐剂DSG01后,含氮化合物及硫化物两种成分上差别较大;芳香成分的维持比不加的鲜鱼肉要好;氢气含量明显高,可能与不加防腐剂的鱼肉细菌呼吸更加旺盛有一定关系。

另外加入DSG01的鲜鱼肉中甲烷的数值比不高的要高,而烷烃成分的变化不是很明显。

这些硫化物(芳香成分)、烷烃芳香成分对于鱼肉的鲜味具有维持作用,对于鱼肉的品质也有辅助作用<sup>[15-16]</sup>。芳香成分存在的量是鱼肉新鲜度的一个表征,实验显示的结果表明:DSG01具有减缓鲜鱼肉产生腐败气味的作用和维持其鱼体特有的芳香气味的效果。

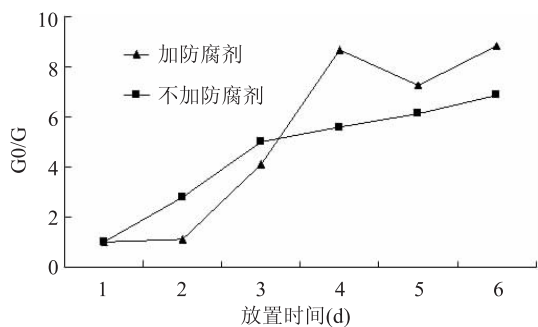


图10 DSG01对鲜鱼肉中硫化物的影响(20±1)℃

Fig.10 Effect on sulfide in fresh fish adding DSG01 (20±1)℃

2.2.3.4 DSG01对鲜鱼感官品质的影响 观察两组样品在放置时间中每天的感官品质的变化,如表4所示。

感官品质是影响食品品质的重要因素,从表4可以明显地比较出两组样品感官品质变化的差异:添加了DSG01的鲜鱼肉腐败气味产生得较慢,油色出现得较晚,并且鱼体仅是表皮变干,肉质的持水性仍然较好;相比之下,未添加DSG01的鲜鱼肉在放置

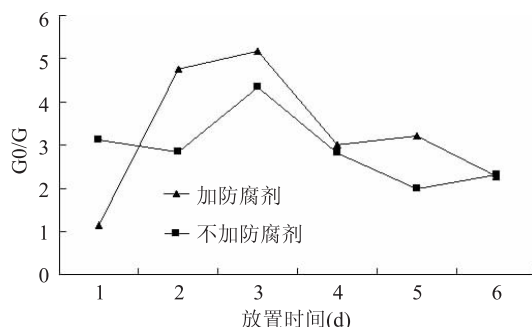


图11 DSG01对鲜鱼肉中氢气的影响(20±1)℃

Fig.11 Effect on hydrogen in fresh fish adding DSG01 (20±1)℃

的第2d就开始出现异味,而且马上产生刺鼻的异味,肉质也在第3d明显变干,随后在第4d就出现了金黄的油色。由实验现象可以发现DSG01具有维持食品感官品质、减缓食品感官品质变化的效果,而食品的感官品质也是食品品质质量的一个重要组成部分。

表4 添加和未添加DSG01的鲜鱼感官品质变化(20±1)℃

Table 4 Fresh fish's perceptions quality changes of with and without DSG01 (20±1)℃

放置天数 (d)	基本感官品质	
	未添加DSG01的鲜鱼	添加DSG01的鲜鱼
1	正常	正常
2	明显异味	正常
3	刺鼻异味,表面干	略有异味
4	刺鼻异味,肉质明显干	有异味,表面干
5	气味刺鼻,肉干,有金黄的油色	有刺鼻味,表面干
6	气味刺鼻,很干,有金黄的油色	有刺鼻味,表面干,开始出现油色

### 3 结论

对于运用在食品(特别是水产食品)中的生物防腐剂的研究仍然还需大量的工作和科学依据,但是也是因为生物防腐剂所特有的各种优势,使得现阶段所做的各项研究和对于其在食品中的应用具有重大价值。富马酸一钠价格低廉,防腐效果明显并且无色、安全;聚赖氨酸价格虽然略高,并带有一定色泽,但是由于其在此复合型防腐剂中浓度只为400mg/L,并且与富马酸一钠的配比比例为1.4:10,所呈现的颜色很浅,用量不多,两者复合后抑菌谱变广且防腐效果明显,所以两者的复配具有很好的研究和前景,DSG01的存在也将对食品的保鲜具有重要价值。

### 参考文献

[1] 王丽,张毓,陈翠岚.我国食品防腐剂的应用及发展趋势[J].食品安全质量检测学报,2011(2):83-86.  
 [2] 秦楠,缪文玉.几种生物防腐剂的特性与研究进展[J].中国食品添加剂,2007(G00):252.  
 [3] 吴正奇.高安全性生物型防腐剂的研究进展[J].中国食物

与营养,2006(10):23-25.

[4] Ezaki, Mitsuo. Manufacture of salads and meat products using preservatives[J]. Jpn Kokai Tokkyo Koho, 1993(4):304, 840.

[5] 雷虹, 孙艳波, 何堃, 等.  $\epsilon$ -多聚赖氨酸的研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2005(4):14.

[6] Fujii, Masahiro. Food preservatives containing protamine and polylysine[J]. Jpn. Kokai Tokkyo Koho JR, 1988, 63:112, 971.

[7] 张东荣, 王正刚, 毛忠贵. 聚赖氨酸的研究进展[J]. 氨基酸和生物资源, 2005, 27(2):48-51.

[8] 李昆仑, 李江, 张鹏, 等.  $\epsilon$ -聚赖氨酸在食品中应用的研究进展[J]. 保鲜与加工, 2010(1):11-15.

[9] 刘慧, 徐红华, 王明丽, 等. 聚赖氨酸抑菌性能的研究[J]. 东北农业大学学报, 2000, 31(3):295-297.

[10] 金丰秋, 金其荣. 新型生物防腐剂—聚赖氨酸[J]. 中国食品添加剂, 2003(5):87-73.

[11] Pathange L P, Mallikarjunan P, Marini R P, et al. Non -

destructive evaluation of apple maturity using an electronic nose system[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77(4):1018-1023.

[12] Brezmes J, Lobet E, Vilanova X, et al. Fruit ripeness monitoring using an Electronic Nose[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2000, 69(3):223-229.

[13] 吴成业, 叶玫. 鲢、鳙、罗非鱼在冰温保鲜过程中的几个鲜度指标变化研究[J]. 福建水产, 1993(3):11-14.

[14] 陈佳荣, 王以农. 若干水产品变化鲜度的研究[J]. 福建水产, 1993(4):39-44.

[15] CAPORASO F, SINK J D, DIMICK P S, et al. Volatile flavor constituents of ovine adipose tissue[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1977, 25(6):1230-1234.

[16] STETZER A J, CADWALLADER K, SINGH T K, et al. Effect of enhancement and ageing on flavor and volatile compounds in various beef muscles[J]. Meat Science, 2008, 79(1):13-19.

(上接第257页)

图5表明,在加糖量16%和发酵时间4h条件下,原料配比和酸奶添加量的交互作用显著。当原料配比较高水平下,随着酸奶添加量的增长,感官评分先升高后下降,变化趋势不显著;当原料配比处于较低水平时,随着酸奶添加量的增加,复合乳酸发酵饮料的感官评分显著上升后略有下降;当固定酸奶添加量不变时,在其处于较低水平时随着原料配比水平加大,感官评分显著上升变化较大,之后略有下降;而酸奶添加量水平较高时随着原料配比水平的加大,复合乳酸发酵饮料感官评分出现先上升后下降的趋势,只不过这种变化幅度较小。

图6表明,固定原料配比为4:1,加糖量16%条件不变的情况下,发酵时间和酸奶添加量的交互作用对复合乳酸发酵饮料感官评分影响显著。当发酵时间不变时,且处于较低水平时,随着酸奶添加量的增长,感官评分呈线性增加,当其处于较高水平时,随着酸奶添加量水平升高,感官评分先略有增加后显著降低。当固定酸奶添加量水平不变且处于较低水平时,随着发酵时间的降低复合乳酸发酵饮料感官评分先略有回升然后显著降低,当其处于较高水平时,随着发酵时间水平的降低,感官评分先显著上升后略有降低。图5和图6表明,原料配比、加糖量、发酵时间和酸奶添加量的二次响应面出现鞍面,无极值的存在,因此不能直接从二次响应面上找出最佳参数,需进一步作岭脊分析。

通过岭脊寻优可知,当编码半径为1.0时响应面值最大,复合乳酸发酵饮料感官评分取得最高值89.9892,此时,原料配比编码水平为0.09214,加糖量编码水平为-0.12046,发酵时间编码水平为-0.51863,酸奶添加量编码水平为1.18239,对应其最佳参数为:原料配比为4.09:1,酸奶添加量为5.18%,发酵时间为3.5h,加糖量为15.88%。在此条件下进行验证实验,所得饮料的感官评分值为92,与预测值一致。

### 3 结论

3.1 通过对菠萝胡柚复合乳酸发酵饮料制作工艺参数的研究,得出如下结论:确定原料配比最佳参数水平为4:1。综合考虑,最后确定复合乳酸发酵饮料的最适加量酸奶为4%、糖为16%,发酵时间为4h。正交实验方差分析可看出,以原料配比、发酵时间及酸奶添加量的一次项,原料配比、加糖量及发酵时间的二次项,原料配比和酸奶添加量的交互项以及发酵时间和酸奶添加量的交互项对复合乳酸发酵饮料的感官评价影响显著。多元回归分析表明,回归方程的拟合系数为 $R^2 = 99.98\%$ ,说明模型对实际情况拟合程度较好,可用于对生产条件的模拟估算。

3.2 通过对两因子效应响应面分析可知,该二次响应面出现鞍面,无极值的存在,因此不能直接从二次响应面上找出最佳参数,需进一步作岭脊分析。通过岭脊寻优可知,复合乳酸发酵饮料最佳工艺参数为:菠萝胡柚原料配比为4.09:1,酸奶添加量为5.18%,发酵时间为3.5h,加糖量为15.88%。在此条件下,进行验证实验,所得饮料的感官评分值为92。

#### 参考文献

- [1] 王海峰, 李斌, 刘广玉, 等. 菠萝采摘机械手的设计与实验[J]. 农业工程学报, 2012, 28:42-46.
- [2] 刘欠欠, 杨颖, 陆胜民, 等. 胡柚果醋生产菌种的筛选与鉴定[J]. 食品科学, 2010, 31(1):211-214.
- [3] 中华人民共和国轻工业部食品发酵工业科学研究所. GB/T 12143.1-89软饮料中可溶性固形物的测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1989.
- [4] 中华人民共和国国内贸易部食品检测科学研究所. SB/T 10192-10202-93, SB/T 10203-94 果汁通用实验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.
- [5] 陈晓红. 微型滴定法测定饮品中的总酸度[J]. 内蒙古民族大学学报, 2007, 22(1):38-39.
- [6] 中华人民共和国卫生部. GB/T 4789.18-2010. 食品微生物学检验 乳与乳制品检验[S]. 2010.