

# 甜菜粉与亚硝酸钠复合 对中式香肠品质的影响

朱培培<sup>1,2</sup>, 唐宏刚<sup>2</sup>, 肖朝耿<sup>2</sup>, 陈黎洪<sup>2</sup>, 陆胜民<sup>1,2,\*</sup>

(1.南京农业大学食品科技学院, 江苏南京 210095;

2.浙江省农业科学院食品科学研究所, 浙江杭州 310021)

**摘要:** 研究甜菜粉对中式香肠品质的影响, 以期达到替代或部分替代亚硝酸钠目的。采用甜菜粉(0、0.5%、1.0%)与亚硝酸钠(0、50、100 mg/kg)正交组合添加于中式香肠中, 分别于第2、7、14 d测定亚硝酸盐残留量、色泽( $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ )、亚硝基肌红蛋白(NOMb)含量、脂质氧化(TBARS)、质构(TPA)及酸度等指标。结果表明: 各甜菜粉添加组的亚硝酸盐残留量显著低于100 mg/kg亚硝酸钠添加组的和国标规定( $p < 0.05$ ); 0.5%甜菜粉复合50 mg/kg亚硝酸钠添加组的 $a^*$ 值显著大于1.0%甜菜粉复合50 mg/kg亚硝酸钠添加组的( $p < 0.05$ ); 在第7、14 d, 0.5%甜菜粉与50 mg/kg亚硝酸钠复合添加组的NOMb含量显著低于1.0%甜菜粉复合50 mg/kg亚硝酸钠添加组的( $p < 0.05$ ); 在第14 d, 0.5%甜菜粉复合50 mg/kg亚硝酸钠组的TBARS值显著小于1.0%甜菜粉复合50 mg/kg亚硝酸钠组( $p < 0.05$ ); 但添加甜菜粉对中式香肠的质构影响不显著( $p > 0.05$ )。综合亚硝酸盐残留量、色泽、NOMb、TBARS等指标, 最优的组合为0.5%甜菜粉与50 mg/kg亚硝酸钠复合组。由此可见: 甜菜粉可以替代部分亚硝酸钠添加于中式香肠中。

**关键词:** 甜菜粉, 中式香肠, 亚硝酸钠, 亚硝酸盐残留, 品质

## Effects of beet powder combined with sodium nitrite on the quality of Chinese sausage

ZHU Pei-pe<sup>1,2</sup>, TANG Hong-gang<sup>2</sup>, XIAO Chao-gen<sup>2</sup>, CHEN Li-hong<sup>2</sup>, LU Sheng-min<sup>1,2</sup>

(1.College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2.Institute of Food Science, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

**Abstract:** In order to substitute or partially substitute the use of sodium nitrite in meat products, the effect of beet powder addition on the quality of Chinese sausage was investigated. Beet powder(0, 0.5%, 1.0%) combined with sodium nitrite(0, 50, 100 mg/kg) in a orthogonal design of 2 factors and 3 levels were added in Chinese sausage, and the nitrite residue, color( $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ ), nitroso-myoglobin content(NOMb), lipid oxidation(TBARS), texture profile analysis and acidity of Chinese sausage were determined on the storage day 2, 7 and 14 d. The results showed that the nitrite residue in all beet powder added groups were lower than that of 100 mg/kg sodium nitrite added group and national standard( $p < 0.05$ ). The  $a^*$  value of sausages from 0.5% beet powder plus 50 mg/kg nitrite sodium added group was significantly higher than that of 0.5% beet powder plus 100 mg/kg sodium nitrite added group( $p < 0.05$ ). On the 7<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> day, the contents of NOMb in the compound group of 0.5% beet powder plus 50 mg/kg sodium nitrite was lower than that of 1.0% beet powder plus 50 mg/kg sodium nitrite added group( $p < 0.05$ ). On the 14<sup>th</sup> day, the TBARS value of 0.5% beet powder plus 50 mg/kg sodium nitrite added group was significantly less than that of 1.0% beet powder plus 50 mg/kg sodium nitrite group( $p < 0.05$ ). In addition, beet powder had no significantly influence on Chinese sausage texture. In a comprehensive view of nitrite residues, color, NOMb, TBARS and other indicators, the best combination group was 0.5% beet powder plus 50 mg/kg sodium nitrite added group. Thus, it can be seen that, beet powder could replace partial sodium nitrite in making Chinese sausage.

**Key words:** beet powder; Chinese sausage; sodium nitrite; nitrite residue; quality

中图分类号: TS251.5<sup>+</sup>1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)01-0269-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.01.045

中式香肠是指以肉类为原料, 切绞成丁, 配以辅料, 灌入动物肠衣经发酵或成熟干制成的中国特色

收稿日期: 2016-07-26

作者简介: 朱培培(1990-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 农产品贮藏与加工, E-mail: 2014108038@njau.edu.cn。

\* 通讯作者: 陆胜民(1969-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 农产品加工, E-mail: lushengmin@hotmail.com。

基金项目: 安全、优质、标准化肉制品加工技术研究与应用(2014T2T222)。

肉制品,是中国肉类制品中品种最多的一大类产品<sup>[1]</sup>。亚硝酸钠被广泛应用于肉制品中,其主要作用:使肉制品产生典型的粉红色;作为抗氧化剂;抑制肉毒梭状芽孢杆菌<sup>[2]</sup>。然而亚硝酸盐在体内可以与特定生物胺发生反应,生成亚硝胺<sup>[3]</sup>,具有一定的致癌性。为了避免这种潜在性的危险,世界范围内人们开始寻找新的食品着色剂及替代亚硝酸盐的天然物质。王颂萍研究了番茄酱部分替代亚硝酸盐对低温乳化肠品质的影响,结果表明,含有4%番茄酱和100 mg/kg亚硝酸钠的低温乳化肠比传统低温乳化肠亚硝酸盐残留量降低了72.1%,大大降低了生成亚硝胺的可能性<sup>[4]</sup>。刘彩红、马俪珍等指出发酵芹菜粉可以替代化学合成型亚硝酸盐作为天然食品腌制剂应用于食品中<sup>[5]</sup>。

红叶甜菜(*Beta vulgaris* L. var. *ciela* L.)为藜科甜菜属多年生草本观叶植物,原产欧洲。甜菜红色素是甜菜的成分之一,不具有毒性<sup>[6]</sup>。甜菜红色素的主要成分为甜菜红素和甜菜黄素<sup>[7]</sup>。甜菜红素是取代合成红色素最理想的天然红色素之一,可广泛应用于饮料、食品、医药及化妆品等领域,是化学合成红色素最佳替代品之一,具有很好的开发价值<sup>[8]</sup>。此外,红叶甜菜从土壤环境中富集硝酸盐,将其添加于肉制品中,可在微生物的作用下将硝酸盐转化成亚硝酸盐发挥发色作用。目前国内甜菜的研究多集中在甜菜色素的稳定性及其提取条件上,将甜菜粉加入香肠中用于替代亚硝酸钠的研究较少。本实验拟利用甜菜红色素的着色作用及其本身含有的硝酸盐,与化学合成亚硝酸钠复配后添加于肉制品中,旨在使肉制品产生良好的发色效果并降低其亚硝酸盐残留量,提高中式肉制品的安全性。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

红叶甜菜 购买于徐州甜菜蔬菜基地,甜菜清洗干净,置于55℃烘箱中,烘干。粉碎机粉碎,过60目筛,4℃冰箱保存备用。经测定甜菜粉的总亚硝酸盐含量为1457 mg/kg。

猪肉、肠衣 购买于杭州市德胜农贸市场;食盐、蔗糖,购买于杭州华润万家超市,符合食品原料、配料的要求;

亚硝酸钠、对氨基苯磺酸、盐酸萘乙二胺、氢氧化钠、饱和硼砂、亚铁氰化钾、乙酸锌、丙酮、盐酸、三氯乙酸、三氯甲烷、硫代巴比妥酸、酚酞等,购自国药集团化学试剂有限公司,所有试剂均为分析纯。

UV-1800 紫外可见分光光度计 上海精密仪器仪表有限公司;FE20 型 pH 计 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;ALB-224 型电子分析天平 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;DHG-9146A 型电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司;Color Quest XE 色差仪 上海信联创作电子有限公司;Thermo scientific 冷冻离心机 美国赛默飞公司;TA.XT Plus 质构仪 英国 SMS 公司;CM-21 斩拌机 北京希恩机械设备有限公司;GC-8L 灌肠

机 肇庆市鼎湖景晟机械有限公司。

### 1.2 中式香肠制备

新鲜猪肉 2700 g(肥瘦比 1:4),斩拌前先切成小丁状,斩拌时加入 3% 食盐、2% 蔗糖、10% 冰水等配料,分别加入甜菜粉(0、0.5%、1.0%)与亚硝酸钠(0、50 mg/kg、100 mg/kg)的 9 组正交组合,在 4℃ 腌制 24 h,灌装,然后于 45~50℃ 烘烤 48 h,4℃ 冰箱储存<sup>[9]</sup>。

### 1.3 实验方法

1.3.1 亚硝酸盐含量的测定 参照 GB 500933-2010<sup>[10]</sup>,采用盐酸萘乙二胺法测定亚硝酸盐。试样经沉淀蛋白质、除去脂肪后,在弱酸条件下亚硝酸盐与对氨基苯磺酸重氮化后,再与盐酸萘乙二胺偶合形成紫红色染料,538 nm 处测得亚硝酸盐含量。

1.3.2 色差值的测定 采用 Color Quest XE 色差仪测定  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值<sup>[11]</sup>。 $L^*$  值越大说明亮度越高, $a^*$  值越大说明颜色越红。分别测定了在储存第 2、7、14 d 时的生香肠  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值,每组测定三次。

1.3.3 亚硝基色素和总色素的测定 采用 Hornsey 的方法<sup>[12]</sup>,对储存第 2、7、14 d 的中式香肠进行亚硝基肌红蛋白(NOMb)和总色素的测定。

亚硝基色素分析:称取 5 g 样品置于棕色瓶中,加入 20 mL 丙酮、1.5 mL 蒸馏水搅拌 5 min,混合物用滤纸过滤,立即在 540 nm 处测其吸光度值  $A_1$ 。NOMb 含量(ppm) =  $A_1 \times 290$ ,每组测定 3 次。

总色素分析:称取 5 g 样品置于棕色瓶中,加入 20 mL 丙酮、1 mL 蒸馏水和 0.5 mL 盐酸,将混合物于暗处放置 1 h 提取色素。过滤后在 640 nm 处测定  $A_2$ 。总色素含量(ppm) =  $A_2 \times 680$ ,每组测定 3 次。

NOMb 含量作为总色素的一部分,计算公式如下:

$$\text{NOMb 含量 (g/100 g)} = \frac{\text{NOMb (ppm)}}{\text{总色素 (ppm)}} \times 100$$

1.3.4 TBARS 值的测定 参考 Liza John 的方法<sup>[13]</sup>,取 5 g 切碎的猪肉灌肠样品,加 25 mL 储备液(0.375% 硫代巴比妥酸和 15% 三氯乙酸溶于 0.25 mol/L 盐酸),沸水浴 10 min 后立即用流水冷却,加 2 mL 三氯甲烷,混匀,在 5000 r/min,4℃ 条件下离心 10 min,取上清液,在  $\lambda = 532$  nm 条件下测其吸光度 A,每组测定 3 次。TBARS 值以每千克脂质氧化样品溶液中丙二醛的毫克数表示。计算公式如下:

$$\text{TBARS 值} = A \times 2.77 \quad (2.77: 10 \text{ g 样品校正因子})$$

1.3.5 pH 取 10 g 香肠样品,用剪刀剪碎后,加 100 mL 蒸馏水,4000 r 离心 10 min,过滤后,取上清液用酸度计测定<sup>[14]</sup>。每组测定三次。

1.3.6 酸度 取上述滤液 50 mL,以酚酞为指示剂,用 0.1 mol/L NaOH 标准溶液滴定至粉红色,记下 NaOH 消耗的毫升数<sup>[15]</sup>,每组测定两次。计算公式如下:

$$\text{酸度 (mgNaOH/g)} = \frac{c \times v \times k \times v_0}{m \times v_1}$$

式中  $c$ : NaOH 浓度, mol/L;  $v$ : NaOH 消耗体积,

$mL; v_0$ : 样品稀释液总体积,  $mL; v_1$ : 测定用样液体积,  $mL; k$ : 0.09 为每毫摩尔乳酸的克数。

1.3.7 质构分析 香肠置于 TA.XT Plus 物性测试仪, 平底探头 P/100, 测前速率 1 mm/s, 测试速率 1 mm/s, 测后速率 1 mm/s, 压缩程度 50%, 触发力 10 N, 两次压缩之间停留时间为 5 s。测试参数有硬度、弹性、内聚力、胶着力和咀嚼力<sup>[16]</sup>。每组测定 3 次。

1.4 数据分析

所有实验结果用平均值 ± 标准偏差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 采用 SPSS 16.0, Duncan 多重比较进行显著性分析 ( $p < 0.05$ )。

2 结果与讨论

2.1 甜菜粉和亚硝酸钠对中式香肠色差影响

由表 1 所示, 在各亚硝酸钠水平下, 0.5% 甜菜粉添加量的亮度值显著高于 1.0% 甜菜粉添加量 ( $p < 0.05$ ); 在第 2、7 d 时, 1.0% 添加量的香肠  $a^*$  值显著大于 0.5% 添加量的 ( $p < 0.05$ )。

在第 2 d, 0.5% 甜菜粉 + 50 mg/kg 亚硝酸钠组的  $a^*$  值大于 50 mg/kg 亚硝酸钠组的 ( $p < 0.05$ )。在第 14 d 时, 0.5% 甜菜粉复合 50、100 mg/kg 亚硝酸钠组的  $a^*$  值显著大于 1.0% 甜菜粉复合 50、100 mg/kg 亚硝酸钠组。

而在第 14 d, 各亚硝酸钠水平下, 0.5% 甜菜粉添

加组的  $b^*$  值小于 1.0% 甜菜粉添加组的,  $b^*$  值较大对中式香肠的色泽会有不利影响。甜菜粉中含有甜菜红素和甜菜黄素, 可能两种色素对香肠的色泽均起了一定作用。在 50 mg/kg 和 100 mg/kg 亚硝酸钠水平下, 14 d 时的 0.5% 甜菜粉添加量的  $a^*$  值、 $L^*$  值高于 1.0% 甜菜粉组; 0.5% 甜菜粉添加量的  $b^*$  值小于 1.0% 甜菜粉组。综合考虑中式香肠的  $L^*$  值、 $a^*$  值和  $b^*$  值, 0.5% 甜菜粉添加量优于 1.0% 甜菜粉添加量。

2.2 甜菜粉和亚硝酸钠对中式香肠亚硝酸盐残留、NOMb、TBARS 的影响

由表 2 可知, 在不添加亚硝酸钠条件下, 在第 14 d 时, 0.5% 甜菜粉添加量组的亚硝酸盐残留小于 1.0% 甜菜粉组 ( $p < 0.05$ ); 在 50 mg/kg 亚硝酸钠水平下, 在第 2、7 d, 0.5% 甜菜粉添加组的亚硝酸盐残留小于 1.0% 甜菜粉 ( $p < 0.05$ ); 在 100 mg/kg 亚硝酸钠水平下, 除第 14 d 外, 0.5% 和 1.0% 甜菜粉添加组之间的亚硝酸盐残留无显著性差异 ( $p > 0.05$ )。甜菜粉对中式香肠亚硝酸盐残留的影响可能较小。

在不添加亚硝酸钠条件下, 1.0% 甜菜粉添加组的 NOMb 含量显著大于 0.5% 甜菜粉组 ( $p < 0.05$ ); 在 50 mg/kg 亚硝酸钠添加下, 第 7、14 d 时 1.0% 甜菜粉添加组 NOMb 含量显著大于 0.5% 甜菜粉组 ( $p < 0.05$ ); 在 100 mg/kg 亚硝酸钠水平下, 第 2、7 d 时

表 1 储存期间各处理组香肠色差的变化

Table 1 Changes of color of sausage in each treatment group during storage

组别	$L^*$			$a^*$			$b^*$		
	2	7	14	2	7	14	2	7	14
1	48.65 ± 0.04 <sup>c</sup>	46.38 ± 0.95 <sup>a</sup>	53.65 ± 0.73 <sup>b</sup>	11.32 ± 0.03 <sup>f</sup>	13.27 ± 0.38 <sup>c</sup>	13.11 ± 0.22 <sup>c</sup>	12.07 ± 0.25 <sup>d</sup>	11.98 ± 0.82 <sup>d</sup>	13.09 ± 0.26 <sup>c</sup>
2	51.39 ± 1.45 <sup>a</sup>	49.35 ± 0.46 <sup>a</sup>	53.37 ± 1.12 <sup>b</sup>	19.93 ± 0.49 <sup>c</sup>	20.16 ± 0.25 <sup>bc</sup>	11.57 ± 0.13 <sup>f</sup>	17.60 ± 1.02 <sup>b</sup>	16.59 ± 0.17 <sup>c</sup>	16.76 ± 0.20 <sup>b</sup>
3	45.73 ± 0.57 <sup>c</sup>	47.41 ± 1.89 <sup>a</sup>	47.32 ± 1.44 <sup>d</sup>	22.00 ± 0.18 <sup>a</sup>	23.50 ± 0.98 <sup>a</sup>	12.69 ± 0.06 <sup>d</sup>	16.03 ± 0.32 <sup>c</sup>	19.04 ± 0.28 <sup>ab</sup>	18.29 ± 0.31 <sup>a</sup>
4	50.89 ± 0.48 <sup>ab</sup>	49.03 ± 1.98 <sup>a</sup>	55.17 ± 0.19 <sup>a</sup>	17.96 ± 0.17 <sup>c</sup>	19.47 ± 0.22 <sup>cd</sup>	15.81 ± 0.14 <sup>a</sup>	11.55 ± 0.08 <sup>de</sup>	12.51 ± 0.66 <sup>d</sup>	11.68 ± 0.19 <sup>d</sup>
5	49.39 ± 0.12 <sup>bc</sup>	46.88 ± 2.71 <sup>a</sup>	51.01 ± 0.18 <sup>c</sup>	19.10 ± 0.18 <sup>d</sup>	18.63 ± 0.82 <sup>d</sup>	13.37 ± 0.31 <sup>c</sup>	17.71 ± 0.07 <sup>b</sup>	20.36 ± 1.67 <sup>a</sup>	16.50 ± 0.57 <sup>b</sup>
6	43.47 ± 0.51 <sup>f</sup>	43.23 ± 0.93 <sup>b</sup>	48.32 ± 0.35 <sup>d</sup>	20.74 ± 0.27 <sup>b</sup>	20.45 ± 0.38 <sup>bc</sup>	11.99 ± 0.26 <sup>c</sup>	17.55 ± 0.47 <sup>b</sup>	18.18 ± 0.42 <sup>b</sup>	18.05 ± 0.63 <sup>a</sup>
7	46.67 ± 0.64 <sup>bc</sup>	48.04 ± 1.68 <sup>a</sup>	52.99 ± 1.03 <sup>b</sup>	20.27 ± 0.27 <sup>bc</sup>	20.99 ± 0.65 <sup>b</sup>	15.94 ± 0.19 <sup>a</sup>	10.78 ± 0.09 <sup>c</sup>	12.11 ± 0.79 <sup>d</sup>	12.70 ± 0.18 <sup>c</sup>
8	47.86 ± 1.98 <sup>cd</sup>	47.26 ± 1.19 <sup>a</sup>	52.46 ± 0.33 <sup>bc</sup>	17.55 ± 0.31 <sup>c</sup>	18.93 ± 0.63 <sup>d</sup>	14.04 ± 0.11 <sup>b</sup>	19.04 ± 1.14 <sup>a</sup>	19.22 ± 0.95 <sup>ab</sup>	17.00 ± 0.22 <sup>b</sup>
9	44.85 ± 1.85 <sup>ef</sup>	43.48 ± 0.37 <sup>b</sup>	44.89 ± 1.24 <sup>c</sup>	19.17 ± 0.35 <sup>d</sup>	19.56 ± 0.13 <sup>cd</sup>	12.58 ± 0.10 <sup>d</sup>	19.35 ± 0.86 <sup>a</sup>	18.22 ± 0.23 <sup>b</sup>	18.06 ± 0.10 <sup>a</sup>

注: 平均值在同一列中不同上标者差异显著 ( $p < 0.05$ ); 组 1: 空白组; 组 2: 0.5% 甜菜粉; 组 3: 1.0% 甜菜粉; 组 4: 50 mg/kg 亚硝酸钠; 组 5: 50 mg/kg 亚硝酸钠 + 0.5% 甜菜粉; 组 6: 50 mg/kg 亚硝酸钠 + 1.0% 甜菜粉; 组 7: 100 mg/kg 亚硝酸钠; 组 8: 100 mg/kg 亚硝酸钠 + 0.5% 甜菜粉; 组 9: 100 mg/kg 亚硝酸钠 + 1.0% 甜菜粉, 表 2~表 4 同。

表 2 储存期间各处理组香肠 NOMb、Nitrite、TBARS 的变化

Table 2 Changes of NOMb, Nitrite and TBARS in each treatment group during storage

组别	NOMb			Nitrite			TBARS		
	2	7	14	2	7	14	2	7	14
1	33.96 ± 2.38 <sup>f</sup>	40.14 ± 0.37 <sup>f</sup>	49.64 ± 0.54 <sup>f</sup>	2.19 ± 0.27 <sup>c</sup>	4.94 ± 0.08 <sup>f</sup>	4.95 ± 0.07 <sup>f</sup>	1.25 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.53 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.35 ± 0.02 <sup>a</sup>
2	79.82 ± 1.43 <sup>b</sup>	85.03 ± 1.09 <sup>b</sup>	58.41 ± 1.58 <sup>c</sup>	7.63 ± 0.00 <sup>c</sup>	6.44 ± 0.08 <sup>c</sup>	2.40 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.93 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.91 ± 0.03 <sup>c</sup>	1.34 ± 0.04 <sup>ab</sup>
3	87.82 ± 2.11 <sup>a</sup>	91.98 ± 2.91 <sup>a</sup>	73.53 ± 0.31 <sup>a</sup>	5.94 ± 1.33 <sup>d</sup>	5.63 ± 0.18 <sup>f</sup>	4.85 ± 0.07 <sup>f</sup>	1.03 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.02 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.29 ± 0.06 <sup>ab</sup>
4	52.39 ± 2.68 <sup>c</sup>	63.57 ± 0.52 <sup>de</sup>	66.13 ± 2.31 <sup>cd</sup>	9.88 ± 0.00 <sup>b</sup>	10.82 ± 0.09 <sup>b</sup>	7.80 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.62 ± 0.07 <sup>ab</sup>	0.51 ± 0.04 <sup>e</sup>	0.82 ± 0.01 <sup>d</sup>
5	80.86 ± 0.66 <sup>b</sup>	67.43 ± 1.54 <sup>d</sup>	58.89 ± 0.95 <sup>c</sup>	6.38 ± 0.00 <sup>d</sup>	6.50 ± 0.00 <sup>c</sup>	6.65 ± 0.21 <sup>c</sup>	0.72 ± 0.05 <sup>ef</sup>	0.82 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.89 ± 0.06 <sup>d</sup>
6	74.06 ± 0.81 <sup>c</sup>	75.95 ± 1.69 <sup>c</sup>	70.42 ± 0.94 <sup>b</sup>	7.69 ± 0.85 <sup>c</sup>	7.07 ± 0.09 <sup>d</sup>	5.50 ± 0.00 <sup>f</sup>	0.68 ± 0.03 <sup>fc</sup>	0.69 ± 0.02 <sup>c</sup>	1.25 ± 0.05 <sup>b</sup>
7	57.39 ± 4.10 <sup>d</sup>	62.18 ± 1.87 <sup>c</sup>	66.62 ± 0.16 <sup>c</sup>	15.13 ± 0.18 <sup>a</sup>	12.50 ± 0.00 <sup>a</sup>	12.19 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.02 <sup>h</sup>	0.52 ± 0.03 <sup>e</sup>	0.65 ± 0.09 <sup>c</sup>
8	55.05 ± 0.03 <sup>de</sup>	76.03 ± 2.31 <sup>c</sup>	74.13 ± 0.54 <sup>a</sup>	9.94 ± 0.08 <sup>b</sup>	9.19 ± 0.08 <sup>c</sup>	8.75 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.77 ± 0.07 <sup>de</sup>	0.62 ± 0.03 <sup>f</sup>	0.86 ± 0.04 <sup>d</sup>
9	77.25 ± 0.54 <sup>bc</sup>	85.09 ± 2.39 <sup>b</sup>	63.64 ± 1.99 <sup>d</sup>	9.94 ± 0.08 <sup>b</sup>	8.88 ± 0.35 <sup>c</sup>	9.19 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.84 ± 0.03 <sup>d</sup>	0.79 ± 0.01 <sup>d</sup>	1.03 ± 0.02 <sup>c</sup>

表3 储存期间各处理组香肠 pH、酸度变化  
Table 3 Changes of pH and acidity in each treatment group during storage

组别	pH			酸度		
	2	7	14	2	7	14
1	6.04 ± 0.02 <sup>b</sup>	7.01 ± 0.01 <sup>a</sup>	7.13 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.59 ± 0.04 <sup>e</sup>	0.78 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.58 ± 0.02 <sup>f</sup>
2	6.13 ± 0.01 <sup>e</sup>	6.01 ± 0.02 <sup>f</sup>	6.17 ± 0.01 <sup>e</sup>	0.81 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.98 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.03 ± 0.01 <sup>b</sup>
3	6.21 ± 0.01 <sup>f</sup>	6.09 ± 0.01 <sup>e</sup>	6.27 ± 0.00 <sup>f</sup>	0.70 ± 0.03 <sup>d</sup>	1.16 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.09 ± 0.01 <sup>a</sup>
4	7.06 ± 0.01 <sup>a</sup>	6.99 ± 0.01 <sup>a</sup>	7.06 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.52 ± 0.00 <sup>f</sup>	0.88 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.87 ± 0.01 <sup>d</sup>
5	6.47 ± 0.01 <sup>c</sup>	6.76 ± 0.01 <sup>b</sup>	6.48 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.76 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.90 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.91 ± 0.01 <sup>d</sup>
6	6.49 ± 0.01 <sup>d</sup>	6.44 ± 0.02 <sup>d</sup>	6.51 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.86 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.95 ± 0.04 <sup>bc</sup>	0.91 ± 0.01 <sup>d</sup>
7	7.05 ± 0.01 <sup>a</sup>	7.00 ± 0.02 <sup>a</sup>	7.05 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.51 ± 0.01 <sup>f</sup>	0.54 ± 0.00 <sup>f</sup>	0.68 ± 0.00 <sup>e</sup>
8	6.70 ± 0.00 <sup>b</sup>	6.55 ± 0.01 <sup>c</sup>	6.51 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.77 ± 0.00 <sup>bc</sup>	0.94 ± 0.05 <sup>bc</sup>	0.97 ± 0.03 <sup>c</sup>
9	6.61 ± 0.02 <sup>c</sup>	6.46 ± 0.01 <sup>d</sup>	6.48 ± 0.00 <sup>e</sup>	0.78 ± 0.01 <sup>bc</sup>	0.76 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.91 ± 0.01 <sup>d</sup>

表4 储存期间各处理组香肠质构的变化  
Table 4 Changes of texture of sausage during storage

组别	硬度(n)	弹性	内聚性	胶着性(n)	咀嚼性(n)
1	274.94 ± 161.53	0.63 ± 0.07 <sup>ab</sup>	0.62 ± 0.03 <sup>abc</sup>	193.83 ± 35.43 <sup>a</sup>	128.64 ± 26.60 <sup>a</sup>
2	325.82 ± 24.71	0.68 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.62 ± 0.01 <sup>abc</sup>	201.67 ± 14.06 <sup>a</sup>	136.68 ± 4.67 <sup>a</sup>
3	214.64 ± 200.08	0.41 ± 0.22 <sup>b</sup>	0.71 ± 0.10 <sup>a</sup>	75.14 ± 2.00 <sup>b</sup>	40.19 ± 32.74 <sup>b</sup>
4	159.89 ± 23.35	0.71 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.61 ± 0.01 <sup>bc</sup>	97.09 ± 15.23 <sup>b</sup>	68.38 ± 7.90 <sup>b</sup>
5	274.08 ± 158.53	0.52 ± 0.26 <sup>ab</sup>	0.70 ± 0.10 <sup>ab</sup>	212.84 ± 36.70 <sup>a</sup>	142.33 ± 25.28 <sup>a</sup>
6	370.47 ± 47.26	0.62 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.59 ± 0.01 <sup>c</sup>	219.02 ± 27.98 <sup>a</sup>	135.58 ± 18.48 <sup>a</sup>
7	298.48 ± 38.07	0.71 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.66 ± 0.01 <sup>abc</sup>	196.23 ± 29.12 <sup>a</sup>	138.15 ± 17.26 <sup>a</sup>
8	359.74 ± 26.27	0.67 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.62 ± 0.00 <sup>abc</sup>	224.72 ± 16.60 <sup>a</sup>	151.08 ± 14.23 <sup>a</sup>
9	359.13 ± 38.65	0.64 ± 0.00 <sup>ab</sup>	0.61 ± 0.01 <sup>abc</sup>	219.65 ± 21.06 <sup>a</sup>	140.97 ± 14.10 <sup>a</sup>

注:表中 n 表示单位牛顿,弹性和内聚性均为比值,无单位。

1.0% 甜菜粉添加组 NOMB 含量显著大于 0.5% 甜菜粉组 ( $p < 0.05$ )。1.0% 甜菜粉添加组的 NOMB 值大于 0.5% 甜菜组的,其原因可能是甜菜粉中所含的亚硝酸钠在弱酸性条件下被还原为 NO,NO 与肌红蛋白结合生成 NOMB,从而也使腌制香肠呈现其特征色泽<sup>[17]</sup>。

在第 2、14 d,0.5% 甜菜粉水平下,50 mg/kg 亚硝酸钠组和 100 mg/kg 亚硝酸钠组之间的 TBARS 值无显著性差异 ( $p > 0.05$ )。在 50 mg/kg 和 100 mg/kg 亚硝酸钠水平下,第 14 d 时,0.5% 甜菜粉组的 TBARS 值显著性小于 1.0% 添加组的 ( $p < 0.05$ )。Greene 和 Cumuze 研究表明,导致肉制品产生异味的最小硫代巴比妥酸值 (TBA) 是 2 mg 丙二醛/kg 样品<sup>[18]</sup>。在整个 14 d 储存过程中,所有实验组 TBA 值均小于 2 mg 丙二醛/kg 样品。0.5% 添加量甜菜粉对中式香肠的 TBARS 值效果较好。

综合考虑亚硝酸盐残留、NOMB 值和 TBARS 值,0.5% 甜菜粉添加量优于 1.0% 甜菜粉,0.5% 甜菜粉与 50 mg/kg 亚硝酸钠复合可替代 100 mg/kg 亚硝酸钠于中式香肠中。

### 2.3 甜菜粉和亚硝酸钠对中式香肠 pH、酸度影响

由表 3 可知,随储存时间延长,空白组 pH 呈上升趋势,其他各组整体有降趋势。含有甜菜粉各组香肠的 pH 小于单纯亚硝酸钠处理组的,其原因可能

是甜菜粉本身具有的抗氧化活性和多酚物质<sup>[6]</sup>引起中式香肠 pH 的下降。

pH 是评定肉品质常用的理化指标之一,可间接反映肉品的微生物特性和感官品质。而酸度是指食品中所有酸性物质的总和,可用来表示食品酸败程度。在 50 mg/kg 亚硝酸钠水平下,除第 2 d 外,0.5% 和 1.0% 甜菜粉添加组之间的酸度值无显著性差异 ( $p > 0.05$ ),且二者在第 14 d 与 50 mg/kg 亚硝酸钠组无差异;在 0.5% 甜菜粉添加水平下,在第 14 d 时,100 mg/kg 亚硝酸钠组的酸度大于 50 mg/kg 亚硝酸钠组的。因此 0.5% 甜菜粉 + 50 mg/kg 亚硝酸钠组、1.0% 甜菜粉 + 50 mg/kg 亚硝酸钠组是较优的复合组。

### 2.4 甜菜粉和亚硝酸钠对中式香肠质构的影响

在储存第 14 d 对 9 组中式香肠进行质构分析,结果如表 4 所示,香肠的硬度不随亚硝酸钠和甜菜粉添加量的变化而变化;空白组弹性与除 1.0% 甜菜粉组外其余各组均无显著性差异 ( $p > 0.05$ )。在 50 mg/kg 和 100 mg/kg 亚硝酸钠水平下,0.5% 甜菜粉添加量的弹性与 1.0% 添加量无显著性差异 ( $p > 0.05$ );各组内聚性最大变化仅为 0.12;除 1.0% 甜菜粉组和 50 mg/kg 亚硝酸钠组外,各组胶着性、咀嚼性差异不显著 ( $p > 0.05$ )。可知甜菜粉对中式香肠的质

(下转第 327 页)

306. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00509-5.

[20] Torchio F, Segade S R, Gerbi V, et al. Changes in chromatic characteristics and phenolic composition during winemaking and shelf-life of two types of red sweet sparkling wines [J]. Food research international, 2011, 44 (3): 729-738. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.01.024.

[21] Pozo-Bayón M á, Monagas M, Polo M C, et al. Occurrence of pyranoanthocyanins in sparkling wines manufactured with red grape varieties [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2004, 52(5): 1300-1306. DOI: 10.1021/jf030639x.

[22] 袁晔. 蓝莓果酒酿造工艺及其酚类物质变化研究[D]. 南京农业大学, 2012.

[23] Downey M O, Dokoozlian N K, Krstic M P. Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: a review of recent research [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2006, 57(3): 257-268.

[24] 孙建霞, 张燕, 胡小松, 等. 花色苷的结构稳定性与降解机制研究进展[J]. 中国农业科学, 2009, 42(3): 996-1008. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2009.03.031.

[25] Darias-Martin J, Carrillo-López M, Echavarri-Granado J F, et al. The magnitude of copigmentation in the colour of aged red

wines made in the Canary Islands [J]. European Food Research and Technology, 2007, 224(5): 643-648. DOI: 10.1007/s00217-006-0352-7.

[26] Castellari M, Piermattei B, Arfelli G, et al. Influence of aging conditions on the quality of red Sangiovese wine [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2001, 49(8): 3672-3676. DOI: 10.1021/jf010101w.

[27] 陆卿卿, 张丽霞, 刘小莉, 等. 温度, pH 和光照对蓝莓汁花色苷稳定性的影响[J]. 江西农业学报, 2012, 24(12): 131-133.

[28] Wang L, Sun X, Li F, et al. Dynamic changes in phenolic compounds, colour and antioxidant activity of mulberry wine during alcoholic fermentation [J]. Journal of Functional Foods, 2015, 18: 254-265. DOI: 10.1016/j.jff.2015.07.013.

[29] Han F L, Zhang W N, Pan Q H, et al. Principal component regression analysis of the relation between CIELAB color and monomeric anthocyanins in young Cabernet Sauvignon wines [J]. Molecules, 2008, 13(11): 2859-2870. DOI: 10.3390/molecules13112859.

[30] 王美丽. 葡萄成熟过程与葡萄酒陈酿过程单体酚变化的研究[D]. 西北农林科技大学, 2006.

(上接第 272 页)

构影响不显著。可能是甜菜粉添加量较少, 不足以影响中式香肠的质构。

### 3 结论

甜菜粉与亚硝酸钠相结合添加于中式香肠中不仅可以起到降低亚硝酸盐残留的作用, 同时还起到一定的发色作用。50 mg/kg 亚硝酸钠复合 0.5% 甜菜粉可以替代 100 mg/kg 亚硝酸盐添加于中式香肠中, 显著降低其亚硝酸盐残留量而对香肠的色泽和油脂氧化的影响不大。

### 参考文献

- [1] 周光宏等. 肉品学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999, 1-3.
- [2] Viuda-Martos M, Ferná ndez-Lopez J, Sayas-Barbera E, Citrus co-products as technological strategy to reduce residual nitrite content in meat products [J]. Journal of Food Science, 2009, 74(8): 93-100.
- [3] Cassens R G. Composition and safety of cured meats in the USA. Food Chemical, 1997, 59: 561-566.
- [4] 王颂萍. 番茄酱部分替代亚硝酸盐对低温乳化肠品质的影响[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2015.
- [5] 刘彩虹. 发酵芹菜粉替代亚硝酸盐在亚硝化反应体系及腌肉制品中的作用效果研究[D]. 天津: 天津农学院, 2015, 60-68.
- [6] Sacan O, Yanardag R. Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of chard (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) [J]. Food and Chemical Toxicology, 2010, 48(5): 1275-1280.
- [7] Kaburagi E, Yamada M, Fujiyama H. Sodium, but not potassium, enhances root to leaf nitrate translocation in Swiss

chard (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.), Environmental and Experimental Botany, 2015, 112: 27-32.

[8] Gengatharan A, Dykes GA, Choo W S. Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods, LWT - Food Science and Technology, 2015, 64(2): 645-649.

[9] 王艳艳, 彭增起, 周光宏. 中式香肠的制作[J]. 肉类工业, 2006, 06: 5-6.

[10] 食品安全国家标准 亚硝酸盐与硝酸盐的测定, GB 500933-2010.

[11] 刘战丽, 赵丽丽. 中式快速发酵香肠最佳工艺参数的研究[J]. 农产品加工, 2005(8): 45-47.

[12] Eyiler E, Oztan A. Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive, LWT - Food Science and Technology, 2011, 44(1): 307-311.

[13] 张景伟. 中式香肠发酵工艺及成熟技术研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2010, 24-28.

[14] 向廷建. 亚硝酸钠添加量对中式香肠贮藏品质的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013, 29-33.

[15] 李沛然. 发酵芹菜粉制备及在灌肠中应用效果研究[D]. 天津: 天津农学院, 2014, 53-63.

[16] 殷俊, 梅灿辉, 陈斌. 肉丸品质的质构与感官分析[J]. 现代食品科技, 2011, 01: 50-55.

[17] Bloukas J G, Arvanitoyannis I S, Siopi A A. Effect of natural colorants and nitrites on color attributes of frankfurters [J]. Meat Science, 1998, 52: 257-265.

[18] Greene B, Cumuze T H. Relationship between TBA numbers and inexperienced panelist's assessments of oxidized flavor in cooked beef [J]. Journal of Food Science, 1982, 47: 52-58.