

# 抗坏血酸钙部分替代氯化钠 对猪肉品质的影响

赵 琴,张立彦\*

(华南理工大学轻工与食品学院,广东广州 510640)

**摘要:**以猪里脊肉为研究对象,分别以氯化钠质量体积浓度(w/v)替代比为5%、10%、15%、20%的抗坏血酸钙替代腌制液中的氯化钠,研究抗坏血酸钙在肉制品中作为氯化钠替代物的可能性。研究表明:不同替代比的抗坏血酸钙对里脊肉的蒸煮损失、产品得率和持水性无显著影响( $p > 0.05$ );抗坏血酸钙能显著提高里脊肉的 $a^*$ 值,使 $L^*$ 值显著降低( $p < 0.05$ ),而对 $b^*$ 值无显著影响( $p > 0.05$ );抗坏血酸钙能显著提高里脊肉内聚力,而对硬度、弹性、回复性和咀嚼性无显著影响( $p > 0.05$ );同时抗坏血酸钙部分替代氯化钠后对里脊肉感官品质无显著影响( $p > 0.05$ )。抗坏血酸钙在肉制品中不影响肉制品品质,可作为氯化钠的替代物减少猪肉中的食盐添加量。

**关键词:**猪肉,抗坏血酸钙,氯化钠替代物,品质

## Effect of calcium ascorbate as sodium chloride substitute on the quality of pork

ZHAO Qin, ZHANG Li-yan\*

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** The purpose of this study was to evaluate the potential of calcium ascorbate used as a partial substitute for sodium chloride (NaCl) in raw material. Pork tenderloin was used as the research object in this study and the percent of substitution of calcium ascorbate were 5%, 10%, 15%, 20% with an equivalent ionic strength to that of the control. Results showed that calcium ascorbate had no significant effect on cooking loss, products yielding, water holding capacity ( $p > 0.05$ ). A significant increase in redness and cohesiveness and a significant decrease in lightness, and no significant differences in hardness, springiness, resilience, chewiness and sensory evaluation were observed among the treatment and the control group. Calcium ascorbate can be used as a substitute to reduce the NaCl content in meat products while maintaining the quality of meat products, and the optimal ratio was 10%~15%.

**Key words:** pork tenderloin; calcium ascorbate; sodium chloride substitution; quality

中图分类号: TS251.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2015)03-0281-04

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.03.050

氯化钠在肉制品加工中除了能增强感官品质外,还具有提高肉制品持水力、嫩度以及延长货架期等重要作用,因此在肉制品加工中得到广泛使用<sup>[1]</sup>。但研究表明长期食用过多的氯化钠会使患高血压和心血管疾病的机率增加<sup>[2]</sup>。统计显示我国的人均每日食盐摄入量为12g/d,远远超过了世界卫生组织建议的食盐每日摄入量5g/d<sup>[3]</sup>。而食盐的摄入量主要来源于每日膳食,其中肉制品是膳食中食盐摄入量的主要来源。因此如何应用有效的食盐替代物减少肉制品中食盐含量而不降低肉制品品质一直是国内外学者的研究重点。目前主要的食盐替代物是氯化

钾、氯化钙、氯化镁等<sup>[4]</sup>,但当这些替代物超过一定量时就会有明显的苦味或金属味,影响产品的感官品质<sup>[5]</sup>。

抗坏血酸钙由于其可溶性高,具有抗坏血酸和钙离子双重功效以及具有抗氧化等作用,被用做食品添加剂而广泛使用,国标中对其添加量不做规定。但目前国内对于抗坏血酸钙的研究主要集中在防止水果褐变上<sup>[6]</sup>。目前国内将抗坏血酸钙应用于肉制品减盐方面的研究文献还较少,国外研究中,Choi等研究了乳酸钾和抗坏血酸钙复合使用对法兰克福香肠理化和感官品质的影响,研究表明30%的乳酸钾和10%的抗坏血酸钙的替代比能很好的维持产品的品质,可以用于生产低盐产品<sup>[7]</sup>。Gimeno研究了抗坏血酸钙在干腌香肠上作为氯化钠替代物的可能性,表明不同浓度的抗坏血酸钙替代氯化钠后不会对干腌香肠的品质造成显著影响,抗坏血酸钙可以

收稿日期:2014-06-03

作者简介:赵琴(1989-),女,硕士研究生,研究方向:食品加工与保藏。

\*通讯作者:张立彦(1974-),女,博士,副教授,研究方向:食品加工与保藏。

作为氯化钠的替代物之一<sup>[8]</sup>。

本研究以猪里脊肉为研究对象,研究了不同摩尔替代比的抗坏血酸钙对里脊肉持水性、质构品质以及感官品质等的影响,以期为抗坏血酸钙作为氯化钠替代物在猪肉制品上的应用提供一定的理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

新鲜猪里脊肉、食盐 市售,购自广东广州华润万家连锁超市;抗坏血酸钙,食品级 购自河南豫中生物科技有限公司;所用磷酸盐、葡萄糖和白砂糖为食品级,其他试剂均为分析纯。

TA-XT2i 型质构仪 英国 Stable Micro Systems 公司;DHG9140B 型电热鼓风干燥箱 上海安亭科学仪器厂;MJ-250 BPO2A 型绞肉机 美的股份有限公司;CR-400 型便携式色差仪 日本柯尼卡美能达公司;MZ2C 型真空泵 Germany 公司;PHS-25 型 pH 计 上海雷磁仪器厂;BS/BT 型电子天平 德国赛多利斯股份有限公司;H2050R 型台式冷冻离心机 湖南长沙湘仪离心机仪器有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 原料肉的处理 将里脊肉切成(2×2×2cm±1mm)的肉块,按肉:水=1:1(m/m)的比例放入配制好的腌制液(8%食盐或不同替代比替代后的食盐、0.3%复合磷酸盐、0.015%亚硝酸钠、0.02%异抗坏血酸钠、0.4%葡萄糖、0.4%白砂糖)中,置于0.09MPa的真空度下腌制5h<sup>[9]</sup>,并确保腌制液能完全浸没原料肉。将腌制好的里脊肉用流水清洗,后放入沸水中煮至肉块中心温度达到80℃,取出冷却至室温后测定各项指标。

1.2.2 实验设计 以氯化钠含量为8%的腌制液为对照组,分别以氯化钠摩尔替代比为5%、10%、15%、20%的替代比<sup>[7]</sup>用抗坏血酸钙替代腌制液中的氯化钠。

1.2.3 蒸煮损失率(CL)与产品得率(%)的测定 蒸煮损失率和产品得率的计算方式如下:

$$CL(\%) = (m_0 - m_1) / m_0 \times 100 \quad (1)$$

$$\text{产品得率}(\%) = m_1 / m_0 \times 100 \quad (2)$$

式中: $m_0$ 为腌制前里脊肉的质量,g; $m_1$ 为煮制冷却至室温后里脊肉的质量,g。

1.2.4 离心损失率(PL)的测定 离心损失率的测定参照 Ma 等<sup>[10]</sup>的方法,并做了相应调整。称取约  $m_2$  样品,用滤纸包裹放于内径为25mm的离心管内,离心管底部放入脱脂棉调节质量,在室温下离心(4000g)10min后取出,再次称量样品质量,记为  $m_3$ ,离心损失率的计算方法如下:

$$PL(\%) = (m_2 - m_3) / m_2 \times 100 \quad (3)$$

式中: $m_2$ 为离心前质量,g; $m_3$ 为离心后质量,g。

1.2.5 水分含量和 pH 的测定 水分含量的测定参照《GB 5009.3-2010 食品中水分的测定》的直接干燥法<sup>[11]</sup>;pH的测定参考《GB/T 9695.5-2008 肉与肉制品的 pH 的测定》<sup>[12]</sup>。

1.2.6 里脊肉中食盐内渗量的测定 参照《GB/T

9695.8-2008 肉与肉制品氯化物含量测定》中的硝酸银直接滴定法<sup>[13]</sup>。

1.2.7 色泽测定 采用便携式色差仪以标准白色样板作为对照进行样品色差测定,分别记录  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值作为测定样品的明度值、红度值、黄度值。由于肉面颜色随位置而异,故在肉面内重复5次,改变位置度量,最后取平均值。

1.2.8 质构测定 将冷却至室温后的肉切成长、宽、高都1cm的正方体备用。剪切力参数设定如下:测前速度为2.0mm/s,测中速度为2.0mm/s,测后速度为2.0mm/s,压缩距离为40mm,测试时间为10s,测试模式取 Compression,探头为 HDP/BSW。重复测定三次,取平均值。

质构仪参数设定如下:测前速度为2.0mm/s,测中速度为0.5mm/s,测后速度为5.0mm/s,压缩比为30%,两次下压间隔时间为5.0s,负载类型为 Auto-10g,探头为 P/6。重复测定三次,取平均值。

质构测定指标包括硬度(hardness,给定变形率下样品对于压缩的抵抗力,单位为g);内聚性(cohesiveness,反映构成产品的内部键的强度,无单位);弹性(springiness,当使样品材料变形的力去除后,样品所能恢复到变形前的程度,无单位);咀嚼性(chewiness,描述固态测试样品被咀嚼时的性质,数值上用胶粘性和弹性的乘积表示,单位为g);回复性(resilience,表示样品在第一次压缩过程中回弹的能力,无单位)。

1.2.9 里脊肉的感官评定 感官评定参照 O'Flynn 等的六点评分法<sup>[14]</sup>。邀请8位食品专业且经过专业培训的研究生组成感官评定小组,对样品进行三位随机数字编码,每次评定由每个评定成员单独进行,相互不接触交流,样品评定之间用清水漱口。评定指标包括色泽(1=粉白色,6=暗红色)、硬度(1=非常软,6=非常硬)、多汁性(1=很干,6=非常多汁)、咸味(1=无咸味,6=非常咸)、异味(1=无异味,6=异味非常重)、总体质构(1=很差,6=非常好)、总体可接受度(1=不能接受,6=完全能被接受)。

### 1.3 数据处理与统计分析

数据重复三次,采用 SPSS19.0 软件的 one-way ANOVA 分析方法对数据进行显著性分析,Microsoft Excel 2007 对数据进行平均值、标准差处理,并作图。

## 2 结果与讨论

### 2.1 抗坏血酸钙不同替代比对里脊肉各指标的影响

由表1可知,随着抗坏血酸钙替代比的增加,里脊肉成品的蒸煮损失先下降后增加,各替代比间的差异不显著( $p > 0.05$ );产品得率的趋势与蒸煮损失的趋势相反,先增加后降低,但各替代比间的差异并不显著( $p > 0.05$ )。

随着抗坏血酸钙替代比的增加,里脊肉离心损失率呈现先上升后降低的趋势,但各替代比间差异不显著( $p > 0.05$ )。离心损失率反映成品的持水性,各替代比间离心损失率差异不显著,说明各替代比肉样间持水性相当,这可能由于抗坏血酸钙是摩尔替代比,各替代比与对照组之间的离子强度相当,因

表1 不同替代比的抗坏血酸钙对里脊肉各指标的影响

Table 1 Effect of different calcium ascorbate substitution ratio on Various indicators of tenderloin

替代比(%)	蒸煮损失率(%)	产品得率(%)	离心损失率(%)	水分含量(%)	pH	氯化钠含量(%)
0	24.11 ± 2.11 <sup>a</sup>	75.30 ± 2.11 <sup>a</sup>	20.99 ± 1.43 <sup>a</sup>	67.84 ± 1.85 <sup>a</sup>	5.59 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.94 ± 0.07 <sup>c</sup>
5	23.71 ± 1.01 <sup>a</sup>	76.59 ± 4.61 <sup>a</sup>	24.41 ± 0.81 <sup>a</sup>	67.74 ± 0.37 <sup>a</sup>	5.70 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.99 ± 0.07 <sup>c</sup>
10	23.80 ± 1.13 <sup>a</sup>	76.31 ± 2.14 <sup>a</sup>	21.29 ± 1.17 <sup>a</sup>	66.52 ± 0.27 <sup>a</sup>	5.77 ± 0.32 <sup>a</sup>	1.76 ± 0.03 <sup>b</sup>
15	24.14 ± 0.98 <sup>a</sup>	75.66 ± 1.90 <sup>a</sup>	20.90 ± 1.05 <sup>a</sup>	66.18 ± 1.22 <sup>a</sup>	5.82 ± 0.21 <sup>a</sup>	1.32 ± 0.03 <sup>a</sup>
20	23.92 ± 2.41 <sup>a</sup>	76.18 ± 2.58 <sup>a</sup>	19.92 ± 0.41 <sup>a</sup>	65.84 ± 0.70 <sup>a</sup>	5.87 ± 0.44 <sup>a</sup>	1.22 ± 0.03 <sup>a</sup>

注:同一列内不同小写字母表示平均数差异显著( $p < 0.05$ );数值形式为:平均数 ± 标准差;表2、表3同。

表2 不同替代比的抗坏血酸钙对里脊肉质构的影响

Table 2 Effect of different calcium ascorbate substitution ratio on texture of tenderloin

替代比(%)	硬度(g)	弹性	内聚性	咀嚼性(g)	回复性	剪切力(kg)
0	591.54 ± 225.01 <sup>a</sup>	0.73 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.2 <sup>a</sup>	222.67 ± 60.22 <sup>a</sup>	0.28 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.40 ± 0.32 <sup>b</sup>
5	578.71 ± 99.90 <sup>a</sup>	0.77 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.71 ± 0.4 <sup>a</sup>	215.72 ± 47.14 <sup>a</sup>	0.29 ± 0.02 <sup>a</sup>	2.88 ± 0.48 <sup>ab</sup>
10	468.54 ± 111.69 <sup>a</sup>	0.81 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.70 ± 0.4 <sup>a</sup>	269.21 ± 81.13 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.04 <sup>a</sup>	2.82 ± 0.59 <sup>ab</sup>
15	444.37 ± 104.94 <sup>a</sup>	0.79 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.74 ± 0.4 <sup>a</sup>	351.61 ± 156.70 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.03 <sup>a</sup>	2.30 ± 0.59 <sup>ab</sup>
20	393.63 ± 51.98 <sup>a</sup>	0.82 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.69 ± 0.1 <sup>a</sup>	324.45 ± 46.32 <sup>a</sup>	0.30 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.21 ± 0.95 <sup>a</sup>

此对蛋白质的溶解能力相当。这与 Choi Y M 等的研究结论类似<sup>[5]</sup>。

随着抗坏血酸钙替代比的增加,里脊肉成品的水分含量逐渐降低,但各替代比与对照组间差异不显著( $p > 0.05$ )。原因可能是因为各替代组与对照组间离子强度相同,因此水分含量并没有因为氯化钠被替代而减小,这与 Choi<sup>[5]</sup>和 Gimeno<sup>[6]</sup>得出的结论相似。由表1可知,随着抗坏血酸钙替代比的增加,成品 pH 逐渐升高,但各替代比与对照组间差异不显著( $p > 0.05$ )。

由表1可知,随着抗坏血酸钙替代比的增加,里脊肉成品中氯化钠含量逐渐降低,且当替代比超过10%时,氯化钠含量相对对照组开始显著降低( $p < 0.05$ )。这说明当替代比大于等于10%时,成品中 Na<sup>+</sup> 含量显著降低。另外,表中还显示,虽然只有约15%的食盐被替代,但肉中食盐的含量却降低了约25%,达到了降低 Na<sup>+</sup> 离子含量的目的。这可能是因为随着抗坏血酸钙替代比的增大,钠离子更难向肌肉组织中的渗透,但关于溶液中抗坏血酸钙的含量与钠离子的渗透速率的联系还需要进一步的研究。

### 2.2 不同替代比的抗坏血酸钙对里脊肉色泽的影响

由图1可以看出,随着抗坏血酸钙替代比的增加,里脊肉成品的明度值(L\*)逐渐降低,且对照组与各替代组间差异显著( $p < 0.05$ ),但不同抗坏血酸钙替代比肉样间的 L\* 的差异不显著( $p > 0.05$ );红度值(a\*)逐渐提高,对照组与各替代组间差异显著( $p < 0.05$ ),不同抗坏血酸钙替代比肉样间的 a\* 的差异也不显著( $p > 0.05$ );黄度值变化不显著( $p > 0.05$ )。这是因为抗坏血酸钙具有抗氧化作用<sup>[12]</sup>,能抑制氧合肌红蛋白氧化为高铁肌红蛋白,从而起到一定的护色作用。

### 2.3 不同替代比的抗坏血酸钙对里脊肉嫩度及质构的影响

由表2可以看出不同抗坏血酸钙替代比的肉样

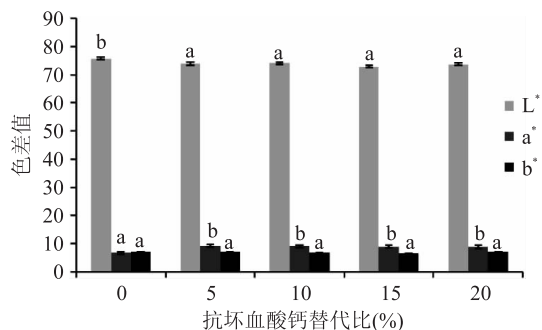


图1 不同替代比的抗坏血酸钙对里脊肉成品色差值的影响

Fig.1 Effect of different calcium ascorbate substitution ratio on color of tenderloin

注:字母不同者表示有显著性差异( $p < 0.05$ )。

与对照样相比,不同的替代比对里脊肉硬度、内聚性、回复性和咀嚼性都无显著影响( $p > 0.05$ );当替代比在10%以上时,里脊肉的弹性显著增大( $p < 0.05$ ),这与 Gimeno O<sup>[6]</sup>等的抗坏血酸钙对发酵香肠的弹性无显著影响的结论不同,可能是由于原料肉以及处理不同所造成的结论不同。

剪切力的大小反映肉质的嫩度,由表2可知,随着抗坏血酸钙替代比的增加里脊肉的剪切力逐渐降低,即里脊肉的嫩度逐渐提高;当替代比为20%时,与对照样相比剪切力显著降低( $p < 0.05$ ),说明里脊肉的嫩度显著提高。这是因为钙离子能激活依钙蛋白酶使蛋白分解和肌原纤维结构弱化,从而使肉质嫩化<sup>[13]</sup>,而随着渗透进入肌肉中的钙离子浓度增大,嫩化程度增大。

同时,由表1可知,随着抗坏血酸钙替代比的增加,水分含量、离心损失率逐渐降低,pH 逐渐升高,这些指标与里脊肉质构指标的联系还需要进一步研究。

### 2.4 不同替代比的抗坏血酸钙对里脊肉感官品质的影响

表3 不同替代比的抗坏血酸钙对里脊肉感官品质的影响

Table 3 Effect of different calcium ascorbate substitution ratio on sensory quality of tenderloin

替代比 (%)	色泽	硬度	多汁性	咸味	异味	总体质构	总体可接受度
0	1.60 ± 0.67 <sup>a</sup>	2.13 ± 0.07 <sup>a</sup>	3.65 ± 0.32 <sup>b</sup>	2.34 ± 0.30 <sup>a</sup>	1.71 ± 0.65 <sup>a</sup>	2.94 ± 0.62 <sup>a</sup>	2.91 ± 0.05 <sup>a</sup>
5	2.46 ± 0.05 <sup>b</sup>	2.25 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.34 ± 0.41 <sup>ab</sup>	2.80 ± 0.71 <sup>a</sup>	1.55 ± 0.42 <sup>a</sup>	3.09 ± 0.30 <sup>a</sup>	3.15 ± 0.32 <sup>a</sup>
10	2.16 ± 0.05 <sup>b</sup>	3.00 ± 0.18 <sup>b</sup>	2.98 ± 0.35 <sup>ab</sup>	2.56 ± 0.44 <sup>a</sup>	1.69 ± 0.09 <sup>a</sup>	3.25 ± 0.35 <sup>a</sup>	3.19 ± 0.27 <sup>a</sup>
15	2.56 ± 0.09 <sup>b</sup>	2.34 ± 2.23 <sup>a</sup>	3.15 ± 0.46 <sup>ab</sup>	2.50 ± 0.35 <sup>a</sup>	1.50 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.19 ± 0.27 <sup>a</sup>	3.31 ± 0.09 <sup>a</sup>
20	2.40 ± 0.04 <sup>b</sup>	2.88 ± 0.70 <sup>b</sup>	2.59 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.25 ± 0.18 <sup>a</sup>	1.66 ± 0.48 <sup>a</sup>	3.10 ± 0.14 <sup>a</sup>	3.10 ± 0.04 <sup>a</sup>

由表3可知不同替代比的抗坏血酸钙与对照组相比在咸味、异味、总体质构和总体可接受度上无显著差异( $p > 0.05$ );各替代组与对照组相比呈现明显的色泽变化( $p < 0.05$ ),颜色变红;当替代比为20%时,能感受到明显的汁液减少( $p < 0.05$ )。说明不同替代比的抗坏血酸钙并未对里脊肉的感官品质带来明显的影响,同时由于肉色的提高,替代组反而比对照组具有较高的总体可接受度,这与Choi Y M<sup>[5]</sup>等得出的结论相似。

由以上讨论可知,当抗坏血酸钙替代比在10%~15%时,里脊肉各项指标均较优,同时感官评分显示,10%~15%的替代比并不会影响里脊肉的感官品质,因此综上所述,选取10%~15%的替代比作为最佳替代比。

### 3 结论

3.1 不同替代比的抗坏血酸钙对里脊肉的蒸煮损失、产品得率和持水性影响不显著( $p > 0.05$ )。

3.2 在里脊肉的色泽方面,各替代比的抗坏血酸钙能显著提高里脊肉的 $a^*$ 值,使 $L^*$ 值显著降低( $p < 0.05$ ),而对 $b^*$ 值无显著影响( $p > 0.05$ )。

3.3 在质构和感官品质方面,10%以上的抗坏血酸钙替代比能显著提高里脊肉内聚力,而对硬度、弹性、恢复性和咀嚼性无显著影响( $p > 0.05$ );同时抗坏血酸钙部分替代氯化钠后对里脊肉感官品质无显著影响( $p > 0.05$ )。

3.4 综合考虑抗坏血酸钙对里脊肉各项指标的影响,认为抗坏血酸钙在肉制品中可作为氯化钠的替代物,可显著减少肉中食盐的含量( $p < 0.05$ )。

### 参考文献

[1] Desmond E. Reducing salt: A challenge for the meat industry [J]. Meat Science, 2006(74): 188-196.  
 [2] 齐秀英, 张安玉, 武光林. 低钠盐对血压影响的研究[J]. 中国公共卫生学报, 1995(4): 199-203.  
 [3] 郭秀云, 张雅玮, 彭增起. 食盐监控研究进展[J]. 食品科学, 2012(21): 374-379.

[4] Pietrasik E, Gaudette N J. The impact of salt replacers and flavor enhancer on the processing Characteristics and consumer acceptance of restructured cooked hams [J]. Meat Science, 2014(96): 1165-1170.

[5] Wu H Z, Zhang Y Y, Long M, et al. Proteolysis and sensory properties of dry-cured bacon as affected by the partial substitution of sodium chloride with potassium chloride [J]. Meat Science, 2014(96): 1325-1331.

[6] 梁晓璐, 陈义仓. 抗坏血酸钙处理对鲜切鸭梨品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(1): 190-195.

[7] Choi Y M, Jung K C, Jo H M, et al. Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride substitutes on the physicochemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage [J]. Meat Science, 2014(96): 21-25.

[8] Gimeno O, Astiasaran I, Bello J. Calcium ascorbate as a potential partial substitute for NaCl in dry fermented sausages: effect on colour, texture and hygienic quality at different concentrations [J]. Meat Science, 2001(57): 23-29.

[9] 熊玲, 张立彦. 猪肉真空腌制的工艺条件[J]. 食品工业科技, 2013, 34(24): 219-225.

[10] Ma F, Chen C, Sun G J, et al. Effects of high pressure and  $CaCl_2$  on properties of salt-soluble meat protein gels containing locust bean gum [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2012(14): 31-37.

[11] GB-5009.3-2010《食品中水分的测定》[S]

[12] GB/T9695.5-2008《肉与肉制品的pH的测定》[S]

[13] GB/T 9695.8-2008《肉与肉制品氯化物含量测定》[S]

[14] O' Flynn C, Romero M C, Troy D, et al. The application of high-pressure treatment in the reduction of salt levels in reduced-phosphate break fast sausages [J]. Meat Science, 2012(96): 1266-1274.

[15] 周友亚, 李翼辉, 高风格, 等. 抗坏血酸钙的合成与抗氧化作用[J]. 河北师范大学学报: 自然科学版, 1999(1): 94-96.

[16] 邱燕, 崔薇, 陈韬. 氯化钙处理对牛肉嫩化的研究进展[J]. 肉类研究, 2009(2): 10-14.