

磷酸盐对牛肚嫩度及保水性的影响

高菲菲, 王蓉蓉, 姚 瑶, 张雅玮, 彭增起*
(南京农业大学食品科技学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 采用 $L_9(3^4)$ 正交试验研究不同类型磷酸盐对牛肚嫩度及保水性的影响。通过对剪切力值、增重率和蒸煮损失3个指标的测定, 得出影响嫩度和保水性的最优组合。结果表明: 焦磷酸四钠对嫩度和增重率有显著影响, 六偏磷酸钠对嫩度和蒸煮损失影响显著, 三聚磷酸钠和浸渍时间的影响不显著。当浸渍时间为24h时, 复合磷酸盐配比为焦磷酸四钠0.4%、三聚磷酸钠0.4%和六偏磷酸钠0.3%, 牛肚嫩化效果最好。当焦磷酸四钠0.2%、三聚磷酸钠0.2%、六偏磷酸钠0.2%、浸渍时间36h时, 牛肚的保水性最好。

关键词: 瘤胃; 嫩度; 保水性; 磷酸盐

Effect of Polyphosphate on Tenderness and Water-holding Capacity of Beef Tripe

GAO Fei-fei, WANG Rong-rong, YAO Yao, ZHANG Ya-wei, PENG Zeng-qi*
(College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: This study investigated the effect of different polyphosphates on the tenderness and water-holding capacity of beef tripe. An orthogonal array design involving 9 experiments of 4 variables at 3 levels was used to establish the optimal combined treatment with three polyphosphates based on shear force, weight gain ratio and cooking loss for improved tenderness and water-holding capacity of beef tripe. Results indicated that pyrophosphate had a significant effect on the tenderness and weight gain ratio of beef tripe, and hexametaphosphate also had a significant effect on the tenderness and cooking loss, but the effect of triphosphate and steeping time was not significant. The best results for tenderization of beef tripe were achieved by 24 h steeping in an aqueous solution containing 0.4% pyrophosphate, 0.4% triphosphate and 0.3% hexametaphosphate, while 36 h steeping in an aqueous solution containing 0.2% pyrophosphate, 0.2% triphosphate and 0.2% hexametaphosphate provided the best water-holding capacity of beef tripe.

Key words: beef tripe; tenderness; water-holding capacity; polyphosphate

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)13-0132-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201313029

肉的嫩度是衡量其感官品质的重要指标, 也是消费者评判肉质优劣的最常用指标。肉的保水性是指在外力作用下从肌肉蛋白质系统中释放出来的液体量^[1], 与其嫩度、多汁性和加热时的汁液渗出密切相关^[2], 直接影响着肉的出品率和最终品质。关于肉的嫩化和保水性研究, 一直以来都是国内外肉品科学研究的热点之一。磷酸盐就是一种公认的品质改良剂, 已有众多研究表明, 添加复合磷酸盐能提高肉pH值^[3-4]、增加离子强度^[5]、螯合金属离子^[6]和解离肌动球蛋白^[7], 并能与蛋白质相互作用^[8-10], 因此得以改善肉质嫩度, 增加保水性和提高出品率。然而, 到目前为止, 大多数研究都集中在动物骨骼肌方面^[11-15], 如牛半腱肌、猪背最长肌、兔腰大肌等, 对于平滑肌嫩化及保水性方面的研究却鲜有报道。

本研究即以内脏平滑肌为对象, 探究磷酸盐对其嫩

度及保水性的影响效果。通过正交试验设计优化出最佳复合磷酸盐配比和最适浸渍时间, 为牛肚等内脏副产品品质的改良和新产品的开发提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

新鲜黄牛瘤胃购于南京市苜蓿园东街菜市场, 清洗除去胃壁上的污物和黏液, 剔除可见脂肪, 沥干水分后, 然后按照实验要求分别制样, 用于复合磷酸盐浸泡实验。

实验中所使用焦磷酸四钠、三聚磷酸钠、六偏磷酸钠均为国产食品级。

1.2 仪器与设备

MM-12型绞肉机 广东省韶关市新通力食品机

收稿日期: 2012-04-25

作者简介: 高菲菲(1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉品加工与质量控制。E-mail: gaoff505@163.com

*通信作者: 彭增起(1956—), 男, 教授, 博士, 研究方向为肉品加工与质量控制。E-mail: pengzengqi@sina.com

械有限公司; YP1201N电子天平 上海精密科学仪器有限公司; HH-60数显恒温搅拌循环水箱 常州国华电器有限公司; C-LM3B型数显式肌肉嫩度仪 东北农业大学; HANNA-211型pH计 意大利Hanna有限公司; MUL-9000型台式实验室超纯水系统 南京总馨纯水设备有限公司。

1.3 方法

1.3.1 剪切力值的测定

取将肉样装入塑料袋, 贴上标签, 放入水浴锅中, 水浴温度设为80℃, 用数显温度计记录肉块中心温度的变化, 当温度达到70℃时, 立即取出, 流水冷却至室温。然后将肉样按与肌纤维平行的方向切取成1cm×1cm×3cm的长条形^[16]。采用嫩度仪测定剪切力值, 每个肉柱重复测定2次, 每组取3个肉柱测定剪切力值, 计算平均值, 单位N。

1.3.2 增重率的测定

将牛肚样品修整成5cm×5cm的块状, 分别称质量, 记作 m_0 , 经不同处理后, 沥水30min, 再次称质量, 记作 m_1 。按公式(1)计算增重率。

$$\text{增重率}/\% = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

1.3.3 蒸煮损失的测定

将待测肉样称质量, 记作 m_0 。然后装入塑料袋中, 贴上标签, 80℃恒温水浴, 用数显温度计记录肉块中心温度的变化, 当温度达到70℃时, 立即取出, 流水冷却至室温。用吸水纸吸干肉块表面的汁液, 称质量, 记作 m_1 , 按公式(2)计算蒸煮损失。

$$\text{蒸煮损失}/\% = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (2)$$

1.4 试验设计与统计分析

为研究磷酸盐对牛肚嫩度及保水性的影响, 实验采用正交试验设计以得出最优的因素水平组合。以剪切力值、增重率和蒸煮损失为测定指标, 以焦磷酸四钠、三聚磷酸钠、六偏磷酸钠为因素, 每个因素选择3个水平进行 $L_9(3^4)$ 试验, 因素水平如表1所示。先按照正交组合配制不同比例的复合磷酸盐溶液, 表中各磷酸盐百分含量表示该磷酸盐在复合磷酸盐溶液中的质量分数。然后按物料比1:2(m/V)浸泡牛肚样品, 浸渍温度为4℃。

表1 $L_9(3^4)$ 正交试验因素水平表
Table 1 Factors and levels in orthogonal array design

水平	因素			
	A焦磷酸四钠/%	B三聚磷酸钠/%	C六偏磷酸钠/%	D浸渍时间/h
1	0.2	0.2	0.2	24
2	0.3	0.3	0.3	36
3	0.4	0.4	0.4	48

所有数据均由MS Excel建立数据库, 使用OriginPro8 SR4软件处理数据, 并采用SAS 8.01进行方差分析, 如果

方差分析效应显著, 使用Duncan's Multiple-rang test进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 正交试验分析结果

磷酸盐对牛肚剪切力值、增重率、蒸煮损失的影响的正交试验结果, 如表2所示。

表2 $L_9(3^4)$ 正交试验结果
Table 2 Results of the $L_9(3^4)$ orthogonal array design

序号	剪切力值/N	增重率/%	蒸煮损失/%
1	18.222±1.412	8.780±3.045	30.041±0.424
2	20.623±1.754	9.995±1.349	35.436±0.310
3	17.365±0.144	13.856±1.424	35.097±1.773
4	18.503±0.038	10.751±1.281	36.742±1.813
5	17.065±0.511	8.272±0.559	33.435±0.119
6	17.970±0.005	10.514±2.847	32.180±0.839
7	13.768±0.389	5.477±0.551	30.289±0.799
8	15.543±0.514	7.964±0.499	33.481±0.630
9	14.395±0.120	8.060±0.890	39.292±1.091

2.2 方差分析

2.2.1 牛肚剪切力值正交试验方差分析

采用SAS软件对剪切力值进行方差分析, 结果见表3。

表3 牛肚剪切力值正交试验方差分析
Table 3 Analysis of variance for the shear force of beef tripe

变异来源	自由度	平方和	均值	F	P
焦磷酸四钠	2	57.8073	28.9036	44.99	<0.0001
三聚磷酸钠	2	4.5206	2.2603	3.52	0.0743
六偏磷酸钠	2	9.7862	4.8931	7.62	0.0116
浸渍时间	2	2.4617	1.2309	1.92	0.2027
误差	9	5.7820	0.6424		
总变异	17	80.3579			

由表3可知, 在5%显著水平上, 焦磷酸四钠差异极显著, 六偏磷酸钠差异显著, 而三聚磷酸钠和浸渍时间差异不显著。从分析结果得出, 各因素对剪切力值影响的主次顺序为: 焦磷酸四钠>六偏磷酸钠>三聚磷酸钠>浸渍时间。

2.2.2 牛肚增重率、蒸煮损失正交试验方差分析

采用SAS软件对增重率和蒸煮损失进行方差分析, 结果分别见表4~5。

表4 牛肚增重率正交试验结果的方差分析
Table 4 Analysis of variance for the weight gain ratio of beef tripe

变异来源	自由度	平方和	均值	F	P
焦磷酸四钠	2	44.0076	22.0038	8.0700	0.0098
三聚磷酸钠	2	21.1097	10.5549	3.8700	0.0612
六偏磷酸钠	2	0.8800	0.4400	0.1600	0.8533
浸渍时间	2	22.1734	11.0867	4.0700	0.0551
误差	9	24.5270	2.7252		
总变异	17	112.6978			

表5 牛肚蒸煮损失正交试验结果的方差分析

Table 5 Analysis of variance for the cooking loss of beef tripe

变异来源	自由度	平方和	均值	F	P
焦磷酸四钠	2	2.1913	1.0957	1.0200	0.3982
三聚磷酸钠	2	30.1900	15.0950	14.0800	0.0017
六偏磷酸钠	2	92.9779	46.4889	43.3500	<0.0001
浸渍时间	2	18.9219	9.4610	8.8200	0.0076
误差	9	9.6522	1.0725		
总变异	17	153.9300			

由表4可知,在5%显著水平上,焦磷酸四钠差异显著,其他3组差异不显著。从分析结果得出,各因素对增重率的影响的主次顺序为:焦磷酸四钠>浸渍时间>三聚磷酸钠>六偏磷酸钠。由表5可知,在5%显著水平上,六偏磷酸钠差异极显著,三聚磷酸钠和浸渍时间差异显著,焦磷酸四钠差异不显著。从分析结果得出,各因素对蒸煮损失的影响的主次顺序为:六偏磷酸钠>三聚磷酸钠>浸渍时间>焦磷酸四钠。

2.3 各因素和水平对牛肚嫩度和保水性的影响

表6 各因素和水平对牛肚嫩度和保水性的影响

Table 6 Effects of the studied variables and levels on the tenderness and water-holding capacity of beef tripe

因素	水平	剪切力值/N	增重率/%	蒸煮损失/%
焦磷酸四钠/%	0.2	18.7370 ^a	10.8772 ^a	33.5248 ^a
	0.3	17.8460 ^a	9.8456 ^a	34.1190 ^a
	0.4	14.5690 ^b	7.1671 ^b	34.3539 ^a
三聚磷酸钠/%	0.2	16.8310 ^{ab}	8.3360 ^b	32.3575 ^c
	0.3	17.7440 ^a	8.7439 ^{ab}	34.1170 ^b
	0.4	16.5770 ^b	10.8099 ^a	35.5232 ^a
六偏磷酸钠/%	0.2	17.2450 ^a	9.0859 ^a	31.9007 ^b
	0.3	16.0660 ^b	9.6021 ^a	37.1569 ^b
	0.4	17.8410 ^a	9.2018 ^a	32.9402 ^b
浸渍时间/h	24	16.5610 ^a	8.3706 ^b	34.2560 ^a
	36	17.4540 ^a	8.6621 ^b	32.6350 ^a
	48	17.1370 ^a	10.8572 ^a	35.1068 ^b

注:同列小写字母不同者差异显著($P < 0.05$)。

表6所示为各因素和水平对牛肚剪切力值、增重率和蒸煮损失的影响分析。由剪切力值结果可以看出,焦磷酸四钠0.2%和0.3%水平对其剪切力值影响差异不显著($P > 0.05$),而0.4%时差异显著($P < 0.05$),且有最小剪切力值14.5690N,因此选择0.4%水平;三聚磷酸钠为0.2%和0.4%时差异均不显著($P > 0.05$),选择剪切力值更小的0.4%水平;六偏磷酸钠在0.3%时剪切力值较低,且差异显著($P < 0.05$);浸渍时间为24h时剪切力值较低。因此得出,各因素对于剪切力值的最优组合为焦磷酸四钠0.4%、三聚磷酸钠0.4%、六偏磷酸钠0.3%、浸渍时间24h。

由增重率的结果得出,焦磷酸四钠0.2%时牛肚的增重率达到最大值为10.8772%,且差异显著($P < 0.05$);三聚磷酸钠为0.4%时结果最大;六偏磷酸钠0.3%时增重率

较大;浸渍时间在48h时增重率为10.8572%,且差异显著($P < 0.05$)。因此得出,各因素对于增重率的最优组合为焦磷酸四钠0.2%、三聚磷酸钠0.4%、六偏磷酸钠0.3%、浸渍时间48h。

由蒸煮损失统计结果得出,焦磷酸四钠0.2%时牛肚的蒸煮损失有最小值;三聚磷酸钠0.2%时所得结果最小为32.3575%,且差异显著($P < 0.05$);六偏磷酸钠为0.2%时蒸煮损失最小且差异显著($P < 0.05$);浸渍时间36h蒸煮损失最小。因此得出,各因素对于蒸煮损失的最优组合为焦磷酸四钠0.2%、三聚磷酸钠0.2%、六偏磷酸钠0.2%、浸渍时间36h。

以上分析得出,牛肚增重率和蒸煮损失的最佳组合均不在正交组合中。通常人们以蒸煮损失作为评价和衡量肉保水性的指标,故采用其最优组合进行验证实验,得到结果为31.2502%,优于正交试验中的所有组合。由此确定,当焦磷酸四钠0.2%、三聚磷酸钠0.2%、六偏磷酸钠0.2%、浸渍时间36h时,牛肚的蒸煮损失最小,保水性最好。

3 讨论

肉的保水性是指当肉受到外力作用时,对肉本身的水分及添加到肉中水分的保持能力。其值的大小直接关系到肉制品的质地和成品率^[17]。本实验中测定的增重率是评价肉样经过处理后吸收水分的能力的重要指标,一般用于评定各因素对于肉吸水性的影响,也可间接作为评价肉保水性的参考依据。而蒸煮损失能直接反映产品的出品率^[18],因此以蒸煮损失作为肉保水性的衡量指标。由以上分析得,不同类型磷酸盐对牛肚的剪切力值、增重率和蒸煮损失影响的主次顺序不同,影响的显著性也不尽相同。特别是焦磷酸四钠,其对嫩度和增重率的影响最大,但对蒸煮损失影响较小。原因可能在于焦磷酸四钠解离了肌球蛋白,使肌原纤维横向膨胀,促使更多水分渗透进入,从而使嫩度和增重率提高,然后在解离的同时自身也被水解并释放出正磷酸盐^[19],在不同类型磷酸盐中只有焦磷酸盐具有此功能^[20]。这也可能是焦磷酸盐影响肉保水性的原因之一。

对于各种磷酸盐对肉嫩度及保水性的影响,国内外学者都作了大量研究并取得一定的研究成果。丁武等^[21]研究出当焦磷酸四钠、多聚磷酸钠、六偏磷酸钠分别为0.3%、0.3%、0.2%时,其嫩化效果最明显;当焦磷酸四钠、多聚磷酸钠、六偏磷酸钠分别为0.2%、0.3%、0.2%时,猪背最长肌的保水性较好。Grover等^[22]研究将三聚磷酸钠和木瓜蛋白酶混合起来作为腌制鸡肫的嫩化剂,效果较明显。Zheng等^[4]利用腌制液中不同类型和浓度的磷酸盐对僵直前鸡胸肉的嫩度和出品率进行研究,

结果表明,注射焦磷酸四钠的鸡胸肉出品率最高,焦磷酸四钠和三聚磷酸钠组增重率相当,六偏磷酸钠组保水性较差。另外,还有对牛肉制品、猪肉及其制品的相关研究^[3,23],但总的说来,国内外在内脏平滑肌方面的研究还是很少。通过本实验对牛肚嫩度和保水性的研究,以期对内脏平滑肌品质改善和新产品开发提供理论依据。

4 结论

由正交试验结果及方差分析得:焦磷酸四钠对牛肚嫩度影响最大;其次是六偏磷酸钠;三聚磷酸钠和浸渍时间影响较小。当焦磷酸四钠0.4%、三聚磷酸钠0.4%、六偏磷酸钠0.3%、浸渍时间24h时,牛肚的剪切力值最小,嫩化效果最好。各因素对牛肚增重率和蒸煮损失影响的主次顺序不同,其中对蒸煮损失的影响较显著。综合考虑得出,当复合磷酸盐配比为焦磷酸四钠0.2%、三聚磷酸钠0.2%、六偏磷酸钠0.2%、浸渍时间36h时,牛肚的保水性最好。

参考文献:

- [1] 孔保华,马丽珍. 肉品科学与技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2003.
- [2] FERGUSONAD D M, BRUCEA H L, THOMPSONB J M, et al. Factors affecting beef palatability-farmgate to chilled carcass[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2001, 41: 879-891.
- [3] TROUT G R, SCHMIDT G R. Effect of phosphate type and concentration, salt level and method of preparation on binding in restructured beef rolls[J]. Journal of Food Science, 1984, 49(3): 687-694.
- [4] ZHENG M, DETIENNE N A, BARNES B W, et al. Tenderness and yields of poultry breast are influenced by phosphate type and concentration of marinade[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2001, 81(1): 82-87.
- [5] ISHIOROSHI M, SAMEJIMA K S, YASU T. Heat-induced gelation of myosin: factors of pH and salt concentrations[J]. Journal of Food Science, 1979, 44(5): 1280-1284.
- [6] HAMM R. Biochemistry of meat hydration[J]. Advances in Food Research, 1961, 10: 355-463.
- [7] XIONG Y L, LOU X, WANG C, et al. Protein extraction from chicken myofibrils irrigated with various polyphosphate and NaCl solutions[J]. Journal of Food Science, 2000, 65(1): 96-100.
- [8] NAUSS K M, KITAGAWA S, GERGELY J. Pyrophosphate binding to and adenosine triphosphatase activity of myosin and its proteolytic fragments[J]. Journal of Biological Chemistry, 1969, 244(3): 755-765.
- [9] LYONS J W, SIEBENTHAL C D. On the binding of condensed phosphates by proteins[J]. Biochimica et Biophysica Acta, 1966, 120(1): 174-176.
- [10] VANDEGRIFT V, EVANS R R. Polyphosphate binding interactions with bovine serum albumin in protein-polyphosphate precipitates [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1981, 29(3): 536-539.
- [11] 靳红果. 猪肉多聚磷酸酶调控肌肉蛋白质凝胶特性的研究[D]. 南京:南京农业大学,2011.
- [12] 杨铭铎,马雪,李志. 盐水牛肉品质与嫩化效果的研究[J]. 哈尔滨商业大学学报:自然科学版,2008(4): 482-487.
- [13] 李继红,彭增起,凌巍. 多聚磷酸盐对兔肉腰大肌和后腿肉盐溶蛋白凝胶特性的影响[J]. 肉类工业,2003(7): 29-31.
- [14] 臧大存. 鸭肉嫩度影响因素及变化机制的研究[D]. 南京:南京农业大学,2007.
- [15] 汤晓艳,周光宏,徐幸莲,等. 肉嫩度决定因子及牛肉嫩化技术研究进展[J]. 中国农业科学,2007(12): 2835-2841.
- [16] 周光宏,徐幸莲. 肉品学[M]. 北京:中国农业出版社,1999.
- [17] 吕玉,臧明伍,史智佳,等. 解冻和加工过程中冷冻猪肉保水性的研究[J]. 中国食品学报,2012(1): 148-152.
- [18] TODD S L. Effect of dietary fiber on the texture and cooking characteristics of restructured pork[J]. Journal of Food Science, 1989, 54(5): 1190-1192.
- [19] GRANICHER D, PORTZEHL H. The influence of magnesium and calcium pyrophosphate chelates of free magnesium ions, free calcium ions and free pyrophosphate ions on the dissociation of actomyosin in solution[J]. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects, 1964, 86(3): 567-578.
- [20] HAMM R. Interactions between phosphates and meat proteins[M]// DEMAN J M, MELNYCHYN P. In symposium on phosphate in food processing. Co. Westport CT., 1970.
- [21] 丁武,寇莉萍,任建. 不同磷酸盐对猪肌肉嫩度及保水性的影响[J]. 食品科学,2009,30(21): 56-58.
- [22] GROVER R K, SHARMA D P, AHLAWAT S S. Standardization of chicken gizzard pickle using sodium tripolyphosphate and papain as tenderizer[J]. J Poultry Sci, 2005, 40: 202-205.
- [23] 李培红,郇延军,刘君,等. 复合磷酸盐对猪肉嫩度的改善研究[J]. 肉类研究,2010,24(6): 47-54.