闫 征,卞 欢,王咏梅,等. 无磷保水剂对中式调理鸡丁品质的影响[J].江苏农业学报,2019,35(5):1203-1208.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2019.05.029

无磷保水剂对中式调理鸡丁品质的影响

闫 征[1], 卞 欢[1], 王咏梅[2], 陈本生[2], 诸永志[1]
(1.江苏省农业科学院农产品加工研究所,江苏 南京 210014; 2.江苏立华食品有限公司,江苏 常州 213000)

摘要: 为提高中式调理鸡丁的保水性,避免加工中磷的使用,研究了复合无磷保水剂对中式调理鸡丁的影响。在单因素试验基础上,选择海藻糖、碳酸氢钠、*L*-组氨酸添加量为自变量,采用单因素试验和正交试验,研究各自变量及其交互作用对中式调理鸡丁保水性的影响。结果显示最小蒸煮损失的无磷保水剂组合为:海藻糖2%、碳酸氢钠0.75%、*L*-组氨酸0.3%;最大腌渍吸收率的无磷保水剂组合为:海藻糖2%、碳酸氢钠0.50%、*L*-组氨酸0.1%。鸡丁储存过程中剪切力、色泽、鲜度和回味值的测定结果表明,无磷保水剂不仅能够提高中式调理鸡丁的保水性,还能提高其保鲜效果。

关键词: 无磷保水剂; 中式调理鸡丁; 保水性
中图分类号: TS251.5+5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2019)05-1203-06

Influence of non-phosphate water-retaining agents on quality of Chinese prepared diced chicken

YAN Zheng[1], BIAN Huan[1], WANG Yong-mei[2], CHEN Ben-sheng[2], ZHU Yong-zhi[1]
(1.*Agro-product Processing Research Institute, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing* 210014, *China*; 2.*Jiangsu Lihua Food Co., Ltd., Changzhou* 213000, *China*)

Abstract: In order to improve the water-holding capacity and avoide the use of phosphate in the processing the effect of non-phosphate water-retaining agents on the Chinese prepared diced chicken was studied. The effects of three non-phosphate water-retaining agents, trehalose, sodium bicarbonate and *L*-histidine, as well as their interactions on the water-holding capacity in prepared diced chicken were investigated by the combined use of single-factor experiment and orthogonal experiment. The results showed that the optimum composition was trehalose 2%, sodium bicarbonate 0.75%, *L*-histidine 0.3% for the minimum cooking loss. And it was trehalose 2%, sodium bicarbonate 0.50%, *L*-histidine 0.1% for the maximum weight gain. Then, the changes of shear force, color, freshness and aftertaste of diced chicken were observed during the storage time. The results indicated that non-phosphate water-retaining agents had not only the water-holding capacity but also the function of keeping fresh of the Chinese prepared diced chicken.

Key words: non-phosphate water-retaining agents; Chinese prepared diced chicken; water-holding capacity

调理肉制品也称作预制肉制品,是以畜、禽、水产品等为原材料,添加辅料后经滚揉、腌制等工艺加工而成,以包装的形式在冷冻-18 ℃或冷藏-4 ℃下储运、销售的肉制品。调理肉制品可直接食用或经简单烹调食用,方便快捷,符合当代消费潮流[1-3]。近年来调理鸡肉制品受到消费者的欢迎,但目前调理鸡肉产品大多为炸鸡、肉串等以白羽肉鸡为原料,适合烤、炸等西式烹饪方式的调理产品。而采用黄

收稿日期:2019-01-19
基金项目:江苏省重点研发项目(BE2016320);江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(18)1006]
作者简介:闫 征(1978-),男,黑龙江齐齐哈尔人,博士,副研究员,研究方向为农产品加工。(E-mail)yz3737@sina.com
通讯作者:诸永志,(E-mail)yongzhizhu@163.com

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

羽肉鸡为原料，适合炒、炖等中式烹饪方式的调理鸡肉产品还比较少。中式调理鸡丁是以优质黄羽肉鸡为原料，可用于烹饪宫保鸡丁、辣子鸡丁等中国传统菜肴的冷藏调理鸡丁产品。与西式调理产品要求提高产品嫩度不同，中式调理鸡丁需要改善产品口感，要求鸡肉有“嚼劲”，并且炒制过程中鸡肉出水少，提高菜品品相。因此，降低蒸煮损失，提高腌渍吸收率对提高产品品质有重要意义。

磷酸盐是目前调理肉制品中使用最广泛的保水剂，其对调理肉制品品质改善具有一定作用[4-5]。但是，磷酸盐使用量有着严格的标准限制，人体摄入磷酸盐过量会导致钙化性肾机能不全、低钙血症等疾病[6-8]，因此超标使用磷酸盐会影响肉制品的安全性。另外磷酸盐添加会严重影响产品风味和口感，尤其对传统中餐烹饪的原料肉影响更加明显。近年来无磷保水剂成为国内外调理肉制品研究的热点之一。王兰甜等[9]研究结果表明海藻糖等互配后不仅保水效果好，还可改善猪肉的感官品质。马路凯等[10]确定了无磷保水剂中海藻糖等原料的最佳配比和浓度，在该配比和浓度下能够有效改善速冻虾仁的持水性。闫晓蕾等[11]研究发现无磷保水剂可以完全替代磷酸盐保水剂，而且其保水性能优于磷酸盐。虽然关于无磷保水剂在肉制品中保水性效果的研究比较多，但关于无磷保水剂在中式调理鸡丁产品加工中的应用尚无报道

本试验以黄羽鸡鸡胸肉丁为材料，以经调理腌制后相对于原肉的蒸煮损失率和腌渍吸收率作为保水性指标，研究海藻糖、碳酸氢钠、*L*-组氨酸单一和组合使用对保水效果的影响，并测定了产品储存过程中品质的变化，为中式调理鸡丁无磷保水剂开发提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黄羽肉鸡鸡胸肉由江苏利华食品有限公司提供，淀粉为国民淀粉工业(上海)有限公司产品，海藻糖、碳酸氢钠、*L*-组氨酸由上海拓威贸易有限公司提供，其他试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

AL204 电子天平由梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司生产，BVRJ 滚揉机为嘉兴艾博实业有限公司产品，C-LM3 型肌肉嫩度仪为北京天翔飞域仪器设备有限公司产品，TC.PIIG 型全自动测色色差计为北京奥依克光电仪器有限公司产品，Insent SA402B 电子舌为日本 Insent 公司产品。

1.3 方 法

1.3.1 中式调理鸡丁的工艺流程 原料肉预处理→配制腌制液→滚揉、腌制→整型、包装→冷藏保藏

1.3.2 工艺要点 1) 原料肉预处理：将清洗后的黄羽鸡鸡胸肉去除脂肪等杂质，切成1.5 cm×1.5 cm×1.5 cm 的鸡丁，精确称质量约 50 g 为 1 个样品，记录每一个样品的质量。

2) 配制腌制剂：准确称量盐、淀粉等各调味料以及保水剂，将定量后的配料加入一定量水后充分混合待用。配方(按原料肉质量计)：食盐 1.5%、淀粉 2.0%、水 20.0%、无磷保水剂。

3) 滚揉及腌制：将腌制剂加入到鸡胸肉中混匀，放入真空滚揉机中滚揉(转速 6 r/min、真空度 0.05 MPa，时间 30 min)，再置于 4 ℃条件下腌制 3 h。

4) 整型：将腌制好的鸡丁用吸水纸吸去表面液体。

5) 冷藏保藏：腌制后的鸡丁经真空包装后放入 0~4 ℃冰箱保藏。

1.3.3 指标的测定

1.3.3.1 腌制吸收率 对腌制前的鸡丁进行称质量 m_1，腌制完毕后将腌制好的鸡丁取出，用吸纸吸去多余的腌制液，再称质量 m_2。计算腌制吸收率：

$$腌制吸收率=\frac{m_2-m_2}{m_1}\times 100\%$$

1.3.3.2 蒸煮损失率 将鸡丁进行称质量 m_1，密封在塑料袋中，在 80 ℃下蒸煮 20 min，取出，用吸纸吸去多余的水分，冷却至室温，再称其质量 m_2。蒸煮的损失为：

$$蒸煮损失率=\frac{m_1-m_2}{m_1}\times 100\%$$

1.3.3.3 剪切力 将测定过蒸煮损失的鸡丁恢复至室温，采用国产 C-LM3 型数显式肌肉嫩度仪进行测定，每个肉块切 1 次，每组样品切 12 块肉，记录每次刀片切断鸡胸肉样品所需的剪切力值，计算平均值，作为鸡丁样品的剪切力。

1.3.3.4 色泽 用色差仪($X=90.18$，$Y=95.08$，$Z=103.29$)测定生鸡丁肉样表面颜色，具体为 L^*(亮

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

度)、a^*(红度)、b^*(黄度),先对色差计进行校准,再进行检测。每组样品测定 3 块鸡丁,取平均值作为该样品的色泽值。

1.3.3.5　鲜度值与回味值　将鸡丁取出恢复至室温(25 ℃),用刀剁碎,放入水浴锅中蒸煮,80 ℃,蒸煮 10 min,取出鸡丁样品,把水擦干,放在天平上称质量,加入鸡肉质量 5 倍的水,放在匀浆机中匀浆 5 min,放入离心机中离心,设定温度 4 ℃,转速3 500 r/min,时间 10 min,每次取 70 ml 上清液,用电子舌测试。

1.3.4　无磷保水剂筛选单因素试验　以蒸煮损失率和腌渍吸收率为测定指标,无磷酸盐保水剂单因素试验水平设计如下: 海藻糖添加量(质量比):0、1%、2%、3%、4%、5%; 碳酸氢钠添加量(质量比):0、0.25%、0.50%、0.75%、1.00%; *L*-组氨酸添加量(质量比):0、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%。配方(按原料肉质量计):食盐 1.5%、淀粉 2.0%、水 20.0%,无磷保水剂选取 1 个因素为变量时其余 2 个因素需固定在特定水平,固定海藻糖添加量 2%、碳酸氢钠添加量 0.5%、*L*-组氨酸添加量 0.2%。

1.3.5　无磷保水剂正交试验　根据单因素试验结果,确定无磷保水剂正交试验因素水平。

1.4　数据处理

各指标重复测定 3 次,数据用 Excel 2013 和 SPSS 17.0 分析,正交试验根据各因素下对应的各水平的试验结果总和(k)及极差值(R)来进行分析,显著性分析采用 Duncan's 检验。

2　结果与分析

2.1　单因素试验结果

2.1.1　海藻糖的保水效果　由图 1 可知,蒸煮损失率在海藻糖添加量低于 2%时随着海藻糖添加量的增加而显著降低,在海藻糖添加量超过 2%后,蒸煮损失率不再显著下降。因此,在达到最低蒸煮损失率的情况下,海藻糖最佳添加量为 2%。这主要是因为海藻糖具有明显的保水性,可减少蒸煮过程中鸡肉的水分流失,但达到一定的添加量时这种作用不再显著。调理鸡肉处理后的腌渍吸收率在海藻糖添加量为 3%时最高,随着海藻糖添加量的增大,腌渍吸收率降低。这可能是因为随着海藻糖添加量增加导致鸡肉的环境渗透压升高,腌制液吸收率下降[12]。

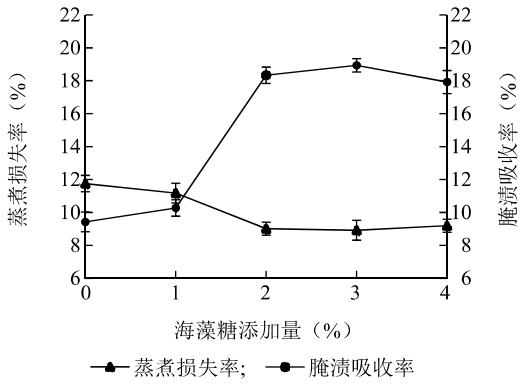


图 1　海藻糖添加量对鸡丁保水性的影响

Fig.1　Effect of the trehalose addition on water-holding capacity of diced chicken

2.1.2　碳酸氢钠的保水效果　由图 2 可知,碳酸氢钠对蒸煮损失率影响显著,随着碳酸氢钠添加量的增加,蒸煮损失明显降低,但是由于过高的碳酸氢钠添加量会造成肉味苦涩无法食用,因此在兼顾达到最低蒸煮损失率和保证口感的情况下,碳酸氢钠最佳添加量为 1.00%。碳酸氢钠添加量对腌渍吸收率也具有显著影响,腌渍吸收率在碳酸氢钠添加量 0.25%时最高,随着碳酸氢钠添加量的增大,腌渍吸收率降低。这可能是因为碳酸氢钠的添加提高了 pH 值,使鸡肉蛋白质结构发生变化,持水性提高,但当 pH 值过高时蛋白质结构的变化使持水性降低[13]。

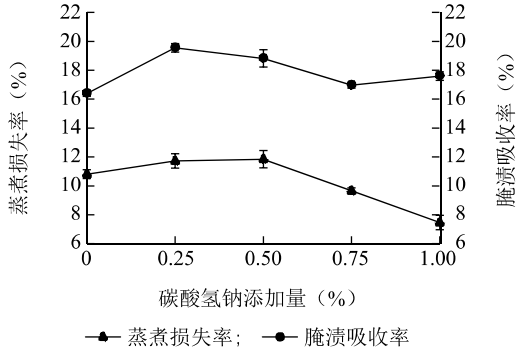


图 2　碳酸氢钠添加量对鸡丁保水性的影响

Fig.2　Effect of the sodium bicarbonate addition on water-holding capacity of diced chicken

2.1.3　*L*-组氨酸的保水效果　组氨酸属于碱性氨基酸,能够提高肉制品 pH 值[14]。由图 3 可知,单一 *L*-组氨酸添加对蒸煮损失率影响不显著,添加 *L*-组氨酸无法有效减少蒸煮损失。但是添加 *L*-组氨酸对腌渍吸收率有显著影响,当添加量为 0.2%时腌渍吸收率最高,随后随着添加量的增加腌渍吸收率逐渐

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

下降,这可能是因为适量 *L*-组氨酸添加会导致鸡肉肌球蛋白的表面疏水性提高从而提高保水性[15]。

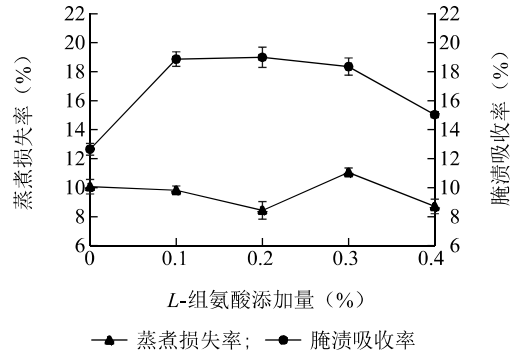


图 3 *L*-组氨酸添加量对鸡丁保水性的影响

Fig.3 Effect of the *L*-histidine addition on water-holding capacity of diced chicken

2.2 正交试验优化复合保水剂

参照单因素试验结果,采用 $L_9(3^4)$ 正交试验优化无磷保水剂最佳配方,试验结果、极差分析及方差分析结果分别见表 1、表 2 和表 3。由表 2 中各指标的 k_1、k_2、k_3 可确定各因素最优水平组合,蒸煮损失率最低配方为: A2B3C3; 腌渍吸收率最高配方为: A2B2C1。根据极差大小列出各因素影响由大到小的顺序,蒸煮损失率: B>A>C,腌渍吸收率: A>C>B。表 3 表明,海藻糖添加量、碳酸氢钠添加量对蒸煮损失率有显著影响; 海藻糖添加量对腌渍吸收率有显著影响。为了验证试验数据的可靠性,在使用获得的蒸煮损失率最低和腌渍吸收率最高配方的情况下分别进行 3 组平行验证试验,测得在使用蒸煮损失率最低配方(海藻糖添加量 2%、碳酸氢钠添加量 0.75%、*L*-组氨酸添加量 0.3%)时,其蒸煮损失率为 7.12%,均低于正交试验表中的 9 组数据。在使用腌渍吸收率最高配方(海藻糖添加量 2%、碳酸氢钠添加量 0.50%、*L*-组氨酸添加量 0.1%)时,其腌渍吸收率为 20.46%,均高于正交试验表中的 9 组数据。

2.3 复合保水剂对鸡丁品质的影响

2.3.1 贮藏过程鸡丁剪切力特性变化 剪切力的大小是评价肉品嫩度的主要指标[16-17]。由图 4 可以看出,不同腌渍配方对新鲜鸡丁及储存后鸡丁剪切力有显著影响。采用无磷保水剂腌渍后鸡丁剪切力显著下降,可见无磷保水剂对鸡肉有一定的嫩化作用,其中配方 1 即蒸煮损失最小的配方组合剪切力最小,嫩度最高。储存过程中未使用无磷保水剂的对照组鸡丁剪切力下降显著,而使用无磷保水剂的鸡丁下降不显著,储存 4 d 后使用无磷保水剂的鸡丁剪切力均显著高于对照组。可见在相同的储存和煮制条件下,无磷保水剂能够明显降低鸡丁储存

表 1 $L_9(3^4)$ 正交实验结果

Table 1 Result of orthogonal experiment

试验号	因素			蒸煮损失率(%)	腌渍吸收率(%)
	A	B	C		
1	1(1%)	1(0.25%)	1(0.1%)	10.32	18.22
2	1(1%)	2(0.50%)	2(0.2%)	9.64	17.81
3	1(1%)	3(0.75%)	3(0.3%)	8.24	17.64
4	2(2%)	1(0.25%)	2(0.2%)	9.42	18.59
5	2(2%)	2(0.50%)	3(0.3%)	8.27	19.32
6	2(2%)	3(0.75%)	1(0.1%)	7.43	18.85
7	3(3%)	1(0.25%)	3(0.3%)	9.66	16.88
8	3(3%)	2(0.50%)	1(0.1%)	8.69	17.21
9	3(3%)	3(0.75%)	2(0.2%)	7.20	16.94

A、B、C 分别表示海藻糖添加量、碳酸氢钠添加量、*L*-组氨酸添加量。括号外为水平编号,括号内为该水平编号的添加量。

表 2 正交实验极差分析

Table 2 The range analysis of orthogonal experiment

K 值	蒸煮损失率			腌渍吸收率		
	A	B	C	A	B	C
k_1	9.367	9.767	8.767	17.867	17.833	18.067
k_2	8.333	8.800	8.733	18.867	18.100	17.733
k_3	8.467	7.600	8.667	16.967	17.767	17.900
R	1.034	2.167	0.100	1.900	0.333	0.334

处理 A、B、C 见表 1 注。

表 3 正交实验方差分析

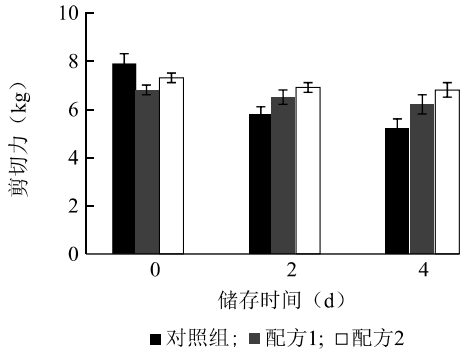
Table 3 The variance analysis of orthogonal experiment

	因素	偏差平方和	*F* 比	显著性
蒸煮损失率	海藻糖添加量	155.76	31.907	*
	碳酸氢钠添加量	21.36	4.377	*
	L-组氨酸添加量	14.17	2.904	
	误差	0.88		
腌渍吸收率	海藻糖添加量	5.420	21.943	*
	碳酸氢钠添加量	0.187	0.757	
	L-组氨酸添加量	0.167	0.676	
	误差	0.250		

* 表示差异显著($0.01<P<0.05$),自由度为 2,*F* 临界值为 19.00。

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

过程中剪切力的下降,维持鸡丁感官品质的稳定性,保持鸡丁的“咬劲”。



配方 1 为蒸煮损失率最低配方(海藻糖添加量 2%、碳酸氢钠添加量 0. 75%、*L*-组氨酸添加量 0. 3%) ; 配方 2 为腌渍吸收率最高配方(海藻糖添加量 2%、碳酸氢钠添加量 0. 50%、*L*-组氨酸添加量 0. 1%) 。

图 4　不同保水剂配方对鸡丁剪切力的影响

Fig.4　Effect of different formulation of water-retaining agents on shear force of diced chicken

2.3.2　贮藏过程色泽变化　由表 4 可以看出,不同腌渍配方对鸡丁储存过程中色泽变化有较大影响。随着储存时间的延长,不添加保水剂的对照组鸡丁明度值 L^* 降低显著,这主要是由于样品表面水分流失,接触氧气发生褐变,所以颜色变暗。而添加保水剂的两组鸡丁颜色变暗较慢,尤其是最高腌渍吸收率配方组 L^* 值变化不显著,这说明添加无磷保水剂使储存过程中水分损失减少,抑制褐变的发生[18]。红度值 a^* 与样品的颜色深浅关系密切,对照组鸡丁由于表面失水较多,肌红蛋白氧化呈现出明显的红色,a^* 值随储藏时间延长显著升高,而添加保水剂的样品在 2 d 内升高均不显著[19]。黄度值 b^* 是黄羽鸡肉色的重要特征,由于脂肪含量高,黄羽肉鸡肉色更黄,这是其区别白羽肉鸡的重要特征。在储存过程中由于脂肪氧化对照组样品黄度值显著下降,而添加保水剂的样品黄度值降低均不显著。从色差值在储存过程中的变化可知,保水剂对黄羽肉鸡鸡丁有明显的护色保色作用,总体上储存过程中色泽保持的效果为最高腌渍吸收率配方>最低蒸煮损失配方>无保水剂对照组。

2.4　贮藏过程鲜度变化

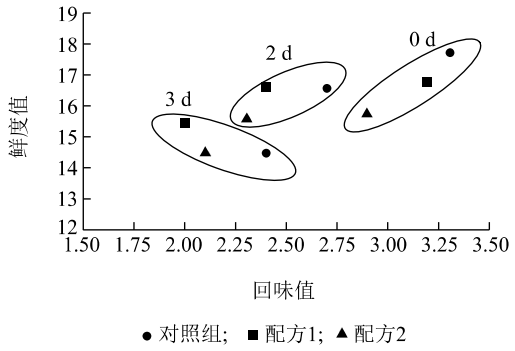
电子舌属于一种电子智能识别系统,是一种可分析、识别液体味觉信息的新型分析手段[20-21]。本研究使用电子舌测定调理鸡丁储藏 0 d、2 d、4 d 时的鲜度值和回味值,结果用图 5 的二维坐标图表示,数值越大代表鲜味和鲜味的回味越高,由图 5 可以看出,样品在储藏过程中鲜度及回味值的变化都呈下降趋势,但不添加保水剂的对照组样品鲜度值下降更迅速,而添加保水剂的样品鲜度降低较慢,虽然对照组样品初始鲜度较高,但在储存 4 d 后鲜度低于另外两组样品。三组样品回味值变化程度比较接近,对照组在整个储存过程中回味值均较高。

表 4　不同保水剂配方对鸡丁色泽的影响

Table 4　Effect of different formulation of water-retaining agents on color of diced chicken

项目	样品	贮藏时间 (d)		
		0	2	4
L^*	对照组	46.63±2.32a	40.32±2.75b	36.57±3.55c
	配方 1	47.32±1.88a	44.54±1.47ad	42.64±1.25d
	配方 2	48.04±2.47a	45.32±1.78a	44.14±1.26ad
a^*	对照组	4.58±0.47a	5.34±0.22b	6.02±0.54d
	配方 1	4.32±0.23a	4.68±0.36ac	5.01±0.54c
	配方 2	4.46±0.21a	4.96±0.42abc	5.32±0.24bc
b^*	对照组	9.69±0.34b	8.22±0.45a	7.89±0.57a
	配方 1	9.77±0.47b	9.64±0.36b	9.22±0.45b
	配方 2	9.42±0.76b	9.04±0.47b	8.78±0.32ab

配方 1、配方 2 见图 4 注。同一指标数据后小写字母不同表示差异显著($P<0.05$) 。



配方 1、配方 2 见图 4 注。

图 5　不同保水剂配方对鸡丁鲜度和回味的影响

Fig.5　Effect of different formulation of water-retaining agents on freshness and aftertaste of diced chicken

3　结 论

通过单因素试验和正交试验筛选出蒸煮损失率最低的无磷保水剂配方为: 海藻糖添加量 2%、碳酸

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

氢钠添加量 0.75%、*L*-组氨酸添加量 0.3%；腌渍吸收率最大的无磷保水剂配方为：海藻糖添加量 2%、碳酸氢钠添加量 0.50%、*L*-组氨酸添加量 0.1%；储藏试验结果表明无磷保水剂能够有效维持住鸡丁感官品质的稳定性，保持鸡丁的“咬劲”，并且有明显的护色保色作用，同时也提高了储藏后鸡丁的鲜度值和回味值，可见无磷保水剂适合用于中式黄羽肉鸡鸡丁的加工。

参考文献：

[1] 刘兴艳，陈安均，蒲 彪.国内外冷冻冷藏预制食品产业现状及发展前景[J].食品科学，2011，32(15)：323-328.

[2] 焦玉聪，张立新，黄庆林，等.基于 RFID 及二维码的肉制品质量安全溯源系统[J].江苏农业科学，2017，45(5)：215-218.

[3] 刘 琳，张德权，贺稚非.调理肉制品保鲜技术研究进展[J].肉类研究，2008，22(5)：8-14.

[4] POYRAZOGLU O，ERTAS A H. Effect of sodium tripolyphosphate on some physical，chemical and sensorial properties of hamburgers[J]. Turkish Journal of Agriculture and Forestry，1997，21(3)：289-293.

[5] 韩敏义，李巧玲，陈红叶.复合磷酸盐在食品中的应用[J].中国食品添加剂，2004(3)：93-96.

[6] 乔晓玲，张迎阳. 肉类工业面临新的磷酸盐问题[J].肉类研究，2004(4)：36-38.

[7] 臧明伍，王守伟，乔晓玲，等.肉制品磷酸盐含量调查与限量研究[J].肉类研究，2012，26(7)：16-20.

[8] 刘锐萍，裴庆润，张铁军，等.食品中磷酸盐的应用现状及存在问题分析[J].饮料工业，2007(2)：9-11.

[9] 王兰甜，常忠义，杜 磊，等.不同保水剂对冷冻猪肉的保水效果[J].西北农林科技大学学报(自然科学版)，2008(4)：213-217.

[10] 马路凯，张 宾，王晓玲，等.响应面法优化无磷复合抗冻剂研究[J].食品安全质量检测学报，2015，6(3)：914-922.

[11] 闫晓蕾，郇延军，孙冬梅，等.四种无磷持水物质对低温熏煮香肠持水性的影响[J].食品工业科技，2012(4)：360-364.

[12] 高可蒙，梅 林，薛秀恒，等.无磷保水剂对冷冻调理猪肉的影响[J].食品科学，2016，36(6)：257-261.

[13] 阳 曦. 预调理烧烤里脊产品开发及其保鲜技术研究[D].雅安：四川农业大学，2012.

[14] ZHANG Y W，WU J J，JAMALI M A，et al. Heat-induced gel properties of porcine myosin in a sodium chloride solution containing *L*-lysine and *L*-histidin[J]. LWT-Food Science and Technology，2017，85：16-21.

[15] GUO X Y，PENG Z Q，ZHANG Y W，et al. The solubility and conformational characteristics of porcine myosin as affected by the presence of *L*-lysine and *L*-histidine[J]. Food Chemistry，2015，170：212-217.

[16] MEULLENET J F，JONVILLE E，GREZES D，et al. Prediction of the texture of cooked poultry pectoralis major muscles by near-infrared reflectance analysis of raw meat[J]. Journal of Texture Studies，2004，35(6)：573-585.

[17] CAVITT L C，MEULLENET J F C，XIONG R，et al. The relationship of razor blade shear，allo-kramer shear，warner-bratzle shear and sensory tests to changes in tenderness of broiler breast fillets[J]. Journal of Muscle Foods，2005，16(3)：223-242.

[18] 余 力，贺稚非，李洪军，等. 不同解冻方式对伊拉兔肉品质特性的影响[J]. 食品科学，2015，36(14)：258-264.

[19] 常海军，唐 翠，唐春红.不同解冻方式对猪肉品质特性的影响[J]. 食品科学，2014，35(10)：1-5.

[20] DEISINGH A K，STONE D C，THOMPSON M. Application of electronic noses and tongues in food analysis[J]. InternationalJournal of Food Science and Technology，2004，39(6)：587-604.

[21] 姜 莎，陈芹芹，胡雪芳，等. 电子舌在红茶饮料区分辨识中的应用[J]. 农业工程学报，2009，25(11)：345-349.

(责任编辑：陈海霞)

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net