

# 自热菜肴竹笋鸡肉的品质变化及货架期预测

符锋<sup>1</sup>, 范会平<sup>2</sup>, 黄忠民<sup>2</sup>, 潘治利<sup>2</sup>, 侯冰洁<sup>2</sup>

(1. 河南省粮油饲料产品质量监督检验中心, 河南郑州 450009)

(2. 河南农业大学食品科学技术学院, 河南郑州 450002)

**摘要:** 为探究自热菜肴贮藏过程中品质变化并对其货架期进行预测, 该研究以自热菜肴竹笋鸡肉为研究对象, 以色泽、质构、酸价、过氧化值和丙二醛为评价指标, 利用恒温加速破坏性实验, 研究了不同贮藏温度下(52、62℃)自热菜肴竹笋鸡肉品质的变化, 并预测出竹笋鸡肉的货架期。结果表明贮藏温度越高, 自热菜肴竹笋鸡肉品质劣变越快; 在贮藏温度62℃下, 贮藏84 d和0 d相比, 竹笋根部硬度值和竹笋尖部硬度值降幅分别为74.50%和70.31%; 在贮藏温度为52℃下, 贮藏112 d和0 d相比, 竹笋根部和尖部硬度值降幅分别为67.37%和60.87%; 52℃贮藏条件下竹笋鸡肉的感官评分在112 d降至62.6分, 贮藏温度为62℃在84 d为52.8分; 总体上自热菜肴竹笋鸡肉在贮藏前期各类指标变化较快, 随着贮藏时间的进一步延长其各项指标变化变缓。根据贮藏期间测定指标与感官评分之间相关关系, 并通过货架期预测模型得出25℃下的货架期为714 d。

**关键词:** 自热菜肴; 竹笋鸡肉; 品质变化; 贮藏温度; 货架期

文章编号: 1673-9078(2022)09-181-189

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.9.1185

## Quality Changes and Shelf-life Prediction of Self-heating Food Products:

### A Case Study of Stir-fried Chicken with Bamboo Sprouts

FU Feng<sup>1</sup>, FAN Huiping<sup>2</sup>, HUANG Zhongmin<sup>2</sup>, PAN Zhili<sup>2</sup>, HOU Bingjie<sup>2</sup>

(1. Henan Center for Supervision & Inspection of Grain, Oil and Feed Production Quality, Zhengzhou 450009, China)

(2. College of Food Science & Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** In order to explore the quality change and shelf-lives of self-heating food products during storage and to predict the shelf-lives of these products, self-heating stir-fried chicken with bamboo sprouts was researched as an example. The color, texture, acid value, peroxide value and malondialdehyde content were used as evaluation indicators. The quality changes of self-heating stir-fried chicken with bamboo sprouts at different storage temperatures (52 °C and 62 °C) were studied and shelf-life was predicted using the accelerated shelf-life test. As the storage temperature increased, the quality deterioration became more rapid. At a storage temperature of 62 °C, the hardness of the bamboo shoot and the bamboo tip decreased by 74.50% and 70.31%, respectively, after 84 days. Similarly, at a storage temperature of 52 °C, the hardness of the bamboo shoot and the bamboo tip reduced by 67.37% and 60.87%, respectively, after 112 days. The sensory score of self-heating stir-fried chicken with bamboo sprouts dropped to 62.6 on the 112<sup>th</sup> day when stored at 52 °C, and to 52.8 on the 84<sup>th</sup> day when the storage temperature was 62 °C. In general, the quality indicators of self-heating stir-fried chicken with bamboo sprouts exhibited more rapid changes in the early stage of storage, and the rates of change alleviated as the storage time increased. According to the correlations between the measured indices and the sensory scores during storage, the model predicted that the shelf life at 25 °C is 714 days.

**Key words:** self-heating food products; stir-fried chicken with bamboo sprouts; quality change; storage temperature; shelf life

引文格式:

符锋, 范会平, 黄忠民, 等. 自热菜肴竹笋鸡肉的品质变化及货架期预测[J]. 现代食品科技, 2022, 38(9): 181-189

FU Feng, FAN Huiping, HUANG Zhongmin, et al. Quality changes and shelf-life prediction of self-heating food products: a case study of stir-fried chicken with bamboo sprouts [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(9): 181-189

自热食品是一种依靠发热包进行加热的食品, 具

收稿日期: 2021-10-24

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0400502)

作者简介: 符锋(1973-), 男, 高级工程师, 研究方向: 食品质量监督与检验, E-mail: 690853526@qq.com

有食用方便快捷、耐贮藏等优点, 能很好地适应目前快节奏生活以及大众消费的发展趋势, 自热食品能满足军用、旅游、交通运输等特殊场合的需求, 尤其在人们不方便进行餐食的制作时, 自热食品便很好地体现了它便捷的优势<sup>[1,2]</sup>。自热食品的包装材料具有良好

的阻隔性,因此自热食品的货架期较普通食品相比更长,通常认为其货架期终结的主要原因是理化性质及感官品质的改变,而非微生物因素,因此对于自热食品货架期标志性指标和预测模型的探索研究便显得尤为重要<sup>[3,4]</sup>。在食品储藏或保存的整个时间段内,通常把食品的所有主要特性可以被消费者接受且满足其质量要求的时间长度称为货架期。相关指标的确定可以有感官评价、微生物评价、理化分析,评价标准可以有品质衰退的不可接受程度来进行确定<sup>[3]</sup>。目前,国内外关于自热菜肴方面的研究还较少,高振洪<sup>[5]</sup>比较了不同包装材料对自热菜肴包品质变化的影响,筛选出自热菜肴的最适包装材料,同时利用加速试验对其常温下的货架期进行了预测。高悦等<sup>[6]</sup>研究了超高压和热处理对酸辣藕丁菜肴包品质变化的影响,发现经超高压处理酸辣藕丁在杀菌前后和贮藏过程中的色泽和质构均优于热处理藕丁。

本研究以自热菜肴竹笋鸡肉为研究对象,利用加速货架期实验的方法,测定自热菜肴竹笋鸡肉的相关指标,考察温度对其贮藏品质的影响,探究贮藏过程中自热菜肴竹笋鸡肉品质的变化,以达到预测自热菜肴竹笋鸡肉货架期的目的,为自热食品领域的研究提供参考和经验,从而进一步推动对自热食品产业的加速发展和工业化生产。

## 1 材料与方法

### 1.1 主要原料

主要材料:竹笋(月和仙境水煮系列),购于郑州丹尼斯超市;鸡胸肉,购于郑州双汇连锁店;金龙鱼大豆油、“海天”酱油草菇老抽、鸡精、味精、食盐、生粉、橄榄油、小苏打、葱、小米椒,购于郑州丹尼斯超市;奈特兰淡味黄油,购于郑州百乐烘焙经七店。

### 1.2 仪器与设备

DigiEye 电子眼,上海韵鼎公司;M-LM3B 沃布剪切力仪,东北农业大学工程学院;TA-XT2i 物性分析仪,英国 SMS 公司;台式 pH 计,上海雷磁有限公司;电热恒温干燥培养箱,上海新苗医疗器械有限公司;CJ28WOK301 不粘锅,广东美的生活电器制造有限公司;C21-SDHC9E15 电磁炉,浙江苏泊尔股份有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 自热竹笋鸡肉菜肴包制备

将鸡胸肉用清水冲洗干净,切成约 1.5 cm×

1.5 cm×1.5 cm 的小块,鸡肉 100 g,小苏打 0.6 g,食盐 1 g,生粉 1 g、橄榄油 2 g、老抽 1.5 g,混合均匀,放冰箱 4 ℃腌制 2 h 后用油炸锅 155 ℃炸制 30 s,备用。将生粉 1 g、味精 1 g、盐 1 g、鸡精 1 g 加入到 25 g 水中,混合均匀,备用。将竹笋清洗干净后,从中间切开,再切成小段,冲洗 5~6 次;浸泡 4 h(每 0.5 h 换水一次),沥干备用。炒锅中放 5 g 大豆油用电磁炉 2 100 W 240 ℃加热 20~30 s,加入 4 g 葱花继续翻炒 20 s 左右,加入混合汤水,再加入黄油 4 g 一直搅拌直至汤汁沸腾,备用。

用铝箔袋每袋装 67 g 鸡胸肉和 31 g 竹笋、2 g 小米椒后,加入 35 g 汤汁,于真空包装机内抽真空并热封,用灭菌锅 121 ℃灭菌 15 min,灭菌后将菜肴包置于 37 ℃保温箱中进行保温实验,无涨袋现象发生。

#### 1.3.2 竹笋质构分析

参照张甫生等<sup>[7]</sup>的方法,取自热菜肴竹笋鸡肉中相同部位的竹笋尖和竹笋根部并加以修剪大小均匀(1 cm×1.5 cm),用吸油纸吸去表面的油脂,进行测试,每组 10 个平行。探头型号为 P50,测试前速度为 5.0 mm/s,测试中速度为 1.0 mm/s,测试后速度为 5.0 mm/s,压缩比例为 70%,两次压缩间隔为 5 s,触发力 10 g。

#### 1.3.3 鸡胸肉剪切力测定

采用数显肌肉嫩度仪测定鸡胸肉剪切力。参照焦阳阳等<sup>[8]</sup>的方法,稍做修改,将加热冷却至室温的鸡胸肉切成约 1 cm×1 cm×1 cm 肉丁,置于剪切刀口正下方,测定剪切力值,各时间点平行测定 10 次取平均值。

#### 1.3.4 酸价(Acid Value, AV)、过氧化值(Peroxide Value, POV)、丙二醛(Malondialdehyde, MDA)的测定

参考 GB 5009.229-2016、GB 5009.227-2016、GB 5009.181-2016 进行测定。

#### 1.3.5 pH 的测定

参考 GB 5009.237-2016 方法并适当修改。将自热菜肴竹笋鸡肉样品均质,准确称取均质后样品 5 g,加入配制好的 50 g 氯化钾(KCl)溶液中,二次均质,取二次均质后溶液,用 pH 计测定其 pH 值。

#### 1.3.6 色泽

采用 DigiEye 电子眼测定竹笋色度值,从自热菜肴竹笋鸡肉中取出部位相同、大小形状相近的竹笋、鸡胸肉、小米椒,用吸油纸擦干净表面分别放置相机柜中进行拍照,测定其  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值。

#### 1.3.7 感官评定

自热菜肴竹笋鸡肉感官评分表见表 1,随机选取

10 名感官评定人员, 按表 1 所列标准进行感官评定。货架期终点以 60 分为界限, 若总分达到 60 分或者总

分略微高于 60 分, 但下次得分低于 60 分, 则认为该自热菜肴竹笋鸡肉不可接受, 到达货架期终点。

表 1 自热菜肴竹笋鸡肉感官评分标准

Table 1 Sensory scoring standard for self-heating food bamboo chicken dishes

项目	分值/分	评价标准
色泽	20	色泽鲜亮均匀, 富有光泽 (14~20); 色泽较为均匀, 较为鲜亮 (7~13); 色泽不鲜明, 光泽较差 (0~6)
气味	20	无异味, 浓香气十足 (14~20); 无异味, 香气一般 (7~13); 有异味香味很淡或无任何香味 (0~6)
滋味	20	味道鲜美醇厚 (14~20); 味道一般 (7~13); 味道差 (0~6)
鸡肉质地	20	鸡肉滑嫩 (14~20); 鸡肉适中 (7~13); 鸡肉老韧 (0~6)
竹笋质地	20	竹笋脆甜爽口 (14~20); 竹笋脆度一般 (7~13); 竹笋脆度差 (0~6)

### 1.3.8 自热竹笋鸡肉菜肴包货架期的测定

根据食品保质期加速试验 (Accelerated Shelf Life Testing, ASLT) 原理, 参照迟恩忠<sup>[9]</sup>的方法并略作修改, 将自热菜肴竹笋鸡肉分别放置在温度为 52 °C 和 62 °C 的培养箱中贮藏, 52 °C 每 14 d 测 1 次样品, 62 °C 每 7 d 测 1 次样品, 根据 ASLT 法中的  $Q_{10}$  模型预测出自热菜肴竹笋鸡肉的货架期。  $Q_{10}$  采用公式 (1) 进行计算。

$$Q_{10} = \frac{F_T}{F_{T+10}} \quad (1)$$

式中:

$F_T$ ——在温度 T °C 时的货架期;

$F_{T+10}$ ——温度为(T+10) °C 时的货架期。

货架期的测定采用公式 (2)

$$F_2 = F_1 \times Q_{10}^{\Delta t/10} \quad (2)$$

式中:

$F_2$ ——在  $T_2$  °C 下的货架期;

$F_1$ —— $T_1$  °C 下的货架期;

$\Delta t$ —— $T_1$  与  $T_2$  的差值。

### 1.3.9 竹笋鸡肉菜肴品质变化动力学模型建立

将与竹笋鸡肉菜肴品质变化有关的特征指标, 构建化学反应动力学模型。

$$\text{零级反应: } C=C_0+kt \quad (3)$$

$$\text{一级反应: } C=C_0 e^{-kt} \quad (4)$$

式中:

$C$ ——品质指标测定值;

$t$ ——贮藏时间, d;

$C_0$ ——品质指标初始测定值;

$k$ ——化学反应速率常数。

### 1.3.10 数据处理

利用 Excel 进行数据处理和 Origin 进行图表绘制, 结果用平均值±标准差表示, 并用 SPSS 进行单因素方差 (ANOVA) 检验,  $p < 0.05$  表示差异性显著。

## 2 结果与讨论

### 2.1 贮藏期间自热竹笋鸡肉菜肴包中竹笋质构特性变化

竹笋的质构数据如表 2 所示, 在两种贮藏温度下竹笋的根部和尖部硬度差异性显著且均随着贮藏时间的增加呈逐渐下降趋势; 在贮藏温度 62 °C 下, 竹笋硬度值下降较 52 °C 下降更快且下降幅度较大, 在贮藏第 84 d 时, 竹笋根部硬度值下降了 6 443.80, 竹笋尖部硬度值下降了 3 987.86, 降幅分别为 74.50% 和 70.31%; 在贮藏温度为 52 °C 下, 竹笋质构硬度下降较慢, 在贮藏 112 d 时, 竹笋根部和尖部硬度值分别为 2 866.80 和 2 219.20, 降幅分别为 67.37% 和 60.87%; 在 52 °C 42 d 竹笋尖部硬度值较 28 d 上升了 1 046.92, 62 °C 竹笋尖部硬度值在贮藏前期硬度值不稳定, 28 d 较 35 d 低了 324.87, 但整体均呈现下降趋势, 可能是由于样本不均一或者是样品在培养箱中的摆放位置不同实际温度略有差异导致; 在同一贮藏周期下, 62 °C 竹笋硬度值比 52 °C 低。在两种温度贮藏下, 竹笋的尖部和根部的咀嚼值整体上也呈下降趋势, 贮藏温度越高, 下降幅度越大, 同样贮藏 84 d 条件下, 62 °C 下降至 65.96, 52 °C 下降至 97.71, 可能是由于竹笋组织在高温下受到破坏, 竹笋硬度变差, 同时咀嚼度也会变差; 另外可以看出在高温下贮藏下, 竹笋尖部的内聚性在 62 °C 下降了 0.2, 52 °C 下降至 0.14, 都低于 0 d, 同样竹笋根部内聚性也均在贮藏终点低于 0 d; 竹笋尖部和根部的回复性数值也低于 0 d, 说明高温贮藏过程中菜肴中竹笋品质更易发生变化, 最后至软烂, 口感差, 无法食用。由此可知, 贮藏温度对竹笋品质影响较大; 贮藏温度越高, 竹笋品质劣变越快, 这与高悦等<sup>[6]</sup>对酸辣藕丁菜肴品质变化中藕丁质构变化相符。

表2 两种贮藏温度下竹笋尖部、根部的质构品质随贮藏时间的变化

Table 2 Changes of texture quality of bamboo tip and root with storage time at two storage temperatures

样品	时间/d	硬度/g		弹性		内聚性		咀嚼性/g		回复性	
		52 °C	62 °C	52 °C	62 °C	52 °C	62 °C	52 °C	62 °C	52 °C	62 °C
竹笋尖部	0	5 671.16±171.01 <sup>a</sup>	5 671.16±171.01 <sup>a</sup>	0.29±0.06 <sup>a</sup>	0.29±0.06 <sup>a</sup>	0.17±0.07 <sup>a</sup>	0.17±0.07 <sup>a</sup>	290.56±176.81 <sup>a</sup>	290.56±176.81 <sup>a</sup>	0.11±0.04 <sup>a</sup>	0.11±0.04 <sup>a</sup>
	7	-	5 037.06±145.24 <sup>b</sup>	-	0.34±0.02 <sup>a</sup>	-	0.13±0.03 <sup>a</sup>	-	223.18±41.74 <sup>abc</sup>	-	0.08±0.02 <sup>ab</sup>
	14	4 295.52±242.51 <sup>c</sup>	4 560.38±180.63 <sup>c</sup>	0.32±0.07 <sup>a</sup>	0.38±0.16 <sup>a</sup>	0.14±0.02 <sup>ab</sup>	0.13±0.01 <sup>a</sup>	196.8266.83 <sup>ab</sup>	217.40±52.68 <sup>abc</sup>	0.08±0.02 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>ab</sup>
	21	-	4 359.53±175.78 <sup>c</sup>	-	0.37±0.06 <sup>a</sup>	-	0.16±0.06 <sup>a</sup>	-	261.41±141.33 <sup>ab</sup>	-	0.08±0.03 <sup>ab</sup>
	28	3 664.11±313.71 <sup>d</sup>	3 659.44±45.91 <sup>d</sup>	0.29±0.01 <sup>a</sup>	0.32±0.04 <sup>a</sup>	0.10±0.00 <sup>b</sup>	0.14±0.02 <sup>a</sup>	100.72±5.50 <sup>b</sup>	164.67±13.08 <sup>abc</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.01 <sup>ab</sup>
	35	-	3 067.90±112.82 <sup>e</sup>	-	0.34±0.02 <sup>a</sup>	-	0.15±0.03 <sup>a</sup>	-	151.36±20.55 <sup>abc</sup>	-	0.08±0.02 <sup>ab</sup>
	42	4 711.03±271.32 <sup>b</sup>	2 684.37±139.67 <sup>f</sup>	0.32±0.05 <sup>a</sup>	0.30±0.04 <sup>a</sup>	0.14±0.01 <sup>ab</sup>	0.13±0.03 <sup>a</sup>	203.18±42.64 <sup>ab</sup>	104.23±38.47 <sup>bc</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>	0.07±0.03 <sup>ab</sup>
	49	-	2 564.19±51.14 <sup>f</sup>	-	0.30±0.04 <sup>a</sup>	-	0.10±0.00 <sup>a</sup>	-	80.47±13.66 <sup>bc</sup>	-	0.05±0.01 <sup>b</sup>
	56	3 629.07±64.62 <sup>d</sup>	2 590.21±60.21 <sup>f</sup>	0.32±0.01 <sup>a</sup>	0.29±0.06 <sup>a</sup>	0.13±0.01 <sup>ab</sup>	0.11±0.01 <sup>a</sup>	156.54±15.22 <sup>ab</sup>	85.63±21.29 <sup>bc</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.00 <sup>b</sup>
	63	-	2 407.10±71.78 <sup>f</sup>	-	0.33±0.10 <sup>a</sup>	-	0.12±0.01 <sup>a</sup>	-	99.54±35.47 <sup>bc</sup>	-	0.06±0.01 <sup>b</sup>
	70	3 242.60±59.19 <sup>d</sup>	2 017.60±143.32 <sup>g</sup>	0.32±0.07 <sup>a</sup>	0.30±0.06 <sup>a</sup>	0.14±0.02 <sup>ab</sup>	0.15±0.02 <sup>a</sup>	153.15±55.45 <sup>ab</sup>	94.14±21.82 <sup>bc</sup>	0.07±0.00 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>ab</sup>
	77	-	1 487.80±147.89 <sup>h</sup>	-	0.20±0.07 <sup>a</sup>	-	0.14±0.03 <sup>a</sup>	-	37.86±6.02 <sup>c</sup>	-	0.05±0.01 <sup>b</sup>
	84	2 740.40±312.58 <sup>e</sup>	1 683.80±284.75 <sup>h</sup>	0.24±0.02 <sup>a</sup>	0.25±0.07 <sup>a</sup>	0.15±0.01 <sup>ab</sup>	0.15±0.03 <sup>a</sup>	97.71±12.77 <sup>b</sup>	65.96±33.33 <sup>bc</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.06±0.01 <sup>ab</sup>
	98	2 476.30±175.26 <sup>ef</sup>	-	0.23±0.04 <sup>a</sup>	-	0.11±0.02 <sup>b</sup>	-	64.10±19.89 <sup>b</sup>	-	0.08±0.02 <sup>b</sup>	-
112	2 219.20±105.49 <sup>f</sup>	-	0.27±0.13 <sup>a</sup>	-	0.14±0.00 <sup>ab</sup>	-	96.01±17.70 <sup>b</sup>	-	0.06±0.02 <sup>b</sup>	-	
竹笋根部	0	8 786.20±753.68 <sup>a</sup>	8 786.20±753.68 <sup>a</sup>	0.26±0.02 <sup>bc</sup>	0.26±0.02 <sup>bc</sup>	0.20±0.04 <sup>a</sup>	0.20±0.04 <sup>a</sup>	474.97±118.02 <sup>a</sup>	474.97±118.02 <sup>a</sup>	0.13±0.03 <sup>a</sup>	0.13±0.03 <sup>a</sup>
	7	-	5 228.38±215.05 <sup>d</sup>	-	0.31±0.05 <sup>abc</sup>	-	0.13±0.02 <sup>ab</sup>	-	211.29±33.37 <sup>bcd</sup>	-	0.08±0.01 <sup>b</sup>
	14	6 675.41±76.91 <sup>b</sup>	6 528.97±167.93 <sup>b</sup>	0.24±0.01 <sup>a</sup>	0.31±0.04 <sup>abc</sup>	0.13±0.02 <sup>b</sup>	0.16±0.02 <sup>ab</sup>	211.45±21.85 <sup>bc</sup>	319.46±83.83 <sup>b</sup>	0.07±0.02 <sup>b</sup>	0.10±0.02 <sup>ab</sup>
	21	-	6 080.85±98.79 <sup>c</sup>	-	0.26±0.02 <sup>bc</sup>	-	0.14±0.00 <sup>ab</sup>	-	228.39±18.08 <sup>bcd</sup>	-	0.09±0.00 <sup>b</sup>
	28	6 228.81±420.44 <sup>b</sup>	3 950.71±130.81 <sup>ef</sup>	0.34±0.06 <sup>a</sup>	0.32±0.10 <sup>abc</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>	0.13±0.02 <sup>ab</sup>	251.65±60.86 <sup>bc</sup>	170.65±79.27 <sup>bcd</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>
	35	-	4 275.58±92.77 <sup>e</sup>	-	0.36±0.10 <sup>ab</sup>	-	0.18±0.06 <sup>ab</sup>	-	298.88±183.31 <sup>bc</sup>	-	0.10±0.04 <sup>ab</sup>
	42	6 101.58±281.78 <sup>b</sup>	3 665.12±161.03 <sup>f</sup>	0.34±0.05 <sup>a</sup>	0.27±0.05 <sup>bc</sup>	0.18±0.04 <sup>ab</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>	356.38±37.24 <sup>b</sup>	115.98±30.71 <sup>cd</sup>	0.10±0.02 <sup>b</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>
	49	-	3 026.70±162.11 <sup>gh</sup>	-	0.31±0.02 <sup>abc</sup>	-	0.11±0.01 <sup>b</sup>	-	102.14±12.92 <sup>cd</sup>	-	0.05±0.01 <sup>b</sup>
	56	5 623.96±912.77 <sup>b</sup>	3 155.87±101.50 <sup>g</sup>	0.32±0.02 <sup>a</sup>	0.39±0.06 <sup>a</sup>	0.13±0.02 <sup>b</sup>	0.12±0.02 <sup>b</sup>	232.63±31.77 <sup>bc</sup>	141.26±22.99 <sup>bcd</sup>	0.07±0.01 <sup>b</sup>	0.05±0.01 <sup>b</sup>
	63	-	2 707.20±58.21 <sup>g</sup>	-	0.24±0.02 <sup>c</sup>	-	0.16±0.02 <sup>ab</sup>	-	103.44±11.29 <sup>cd</sup>	-	0.07±0.01 <sup>b</sup>
	70	4 504.20±402.00 <sup>c</sup>	2 466.00±121.78 <sup>h</sup>	0.38±0.16 <sup>a</sup>	0.40±0.06 <sup>a</sup>	0.13±0.01 <sup>b</sup>	0.16±0.04 <sup>ab</sup>	231.07±123.93 <sup>bc</sup>	162.51±53.85 <sup>bcd</sup>	0.07±0.01 <sup>b</sup>	0.08±0.02 <sup>b</sup>
	77	-	2 342.40±114.29 <sup>h</sup>	-	0.29±0.05 <sup>abc</sup>	-	0.12±0.02 <sup>b</sup>	-	77.18±4.21 <sup>e</sup>	-	0.05±0.00 <sup>b</sup>
	84	3 949.00±116.31 <sup>c</sup>	2 240.20±196.89 <sup>h</sup>	0.35±0.12 <sup>a</sup>	0.25±0.01 <sup>c</sup>	0.12±0.00 <sup>b</sup>	0.16±0.03 <sup>ab</sup>	164.06±44.31 <sup>c</sup>	87.14±14.84 <sup>e</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.07±0.02 <sup>b</sup>
	98	3 584.30±143.38 <sup>cd</sup>	-	0.33±0.07 <sup>a</sup>	-	0.16±0.02 <sup>ab</sup>	-	186.08±31.93 <sup>bc</sup>	-	0.08±0.02 <sup>b</sup>	-
112	2 866.80±168.09 <sup>d</sup>	-	0.34±0.03 <sup>a</sup>	-	0.13±0.03 <sup>b</sup>	-	127.93±31.36 <sup>c</sup>	-	0.06±0.02 <sup>b</sup>	-	

注: -表示未测定数值, 同列均值有相同字母上标者表示不存在显著性差异 ( $p<0.05$ )。

## 2.2 贮藏期间自热竹笋鸡肉菜肴包中鸡胸肉

### 剪切力值变化

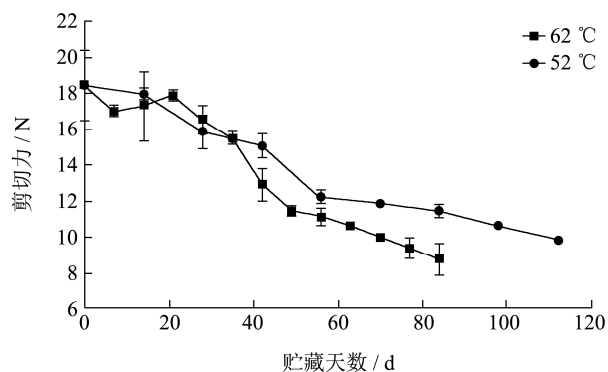


图1 两种贮藏温度下鸡胸肉剪切力随贮藏时间的变化

Fig.1 Changes of texture quality of bamboo tip and root with storage time at two storage temperatures

剪切力值能直观反映鸡胸肉的组织状态, 剪切力降低说明鸡胸肉的组织结构变差<sup>[10]</sup>; 由图 1 可知, 52 °C 贮藏条件下剪切力呈下降趋势, 在贮藏前期剪切力值由 18.41 N 开始逐渐下降, 当到达贮藏后期时, 剪切力下降较前期缓慢, 在 112 d 下降至 9.85 N; 62 °C 贮藏条件下剪切力在 84 d 下降至 8.79 N, 同时贮藏后期下降相对前期缓慢; 总体上来说, 两种贮藏温度下鸡胸肉的剪切力整体都是随着贮藏时间的延长而下降, 但是在较高温度贮藏下, 随着贮藏时间的增加, 鸡胸肉品质下降更快, 这与丁捷等<sup>[11]</sup>对糊辣牛肉贮藏特性研究中结论相符合。

## 2.3 贮藏期间自热竹笋鸡肉菜肴包脂肪氧化程度分析

表 3 两种温度下自热菜肴竹笋鸡肉酸价、过氧化值、丙二醛变化

Table 3 Changes of acid value, peroxide value and malondialdehyde in self-heating bamboo chicken dishes at two temperatures

时间/d	AV/(mg KOH/g)		POV/(g/100 g)		MDA/(mg/kg)	
	52 °C	62 °C	52 °C	62 °C	52 °C	62 °C
0	0.78±0.01 <sup>i</sup>	0.78±0.01 <sup>l</sup>	0.00±0.00 <sup>s</sup>	0.00±0.00 <sup>j</sup>	0.04±0.01 <sup>h</sup>	0.05±0.01 <sup>h</sup>
7	-	1.32±0.02 <sup>k</sup>	-	0.00±0.00 <sup>k</sup>	-	0.03±0.00 <sup>j</sup>
14	1.08±0.03 <sup>h</sup>	1.38±0.03 <sup>k</sup>	0.00±0.00 <sup>s</sup>	0.00±0.00 <sup>i</sup>	0.07±0.00 <sup>e</sup>	0.07±0.00 <sup>de</sup>
21	-	1.75±0.02 <sup>j</sup>	-	0.00±0.00 <sup>l</sup>	-	0.07±0.00 <sup>d</sup>
28	1.40±0.03 <sup>s</sup>	2.03±0.01 <sup>i</sup>	0.00±0.00 <sup>h</sup>	0.00±0.00 <sup>m</sup>	0.06±0.00 <sup>f</sup>	0.06±0.00 <sup>fs</sup>
35	-	2.77±0.06 <sup>h</sup>	-	0.03±0.00 <sup>b</sup>	-	0.06±0.01 <sup>ef</sup>
42	1.72±0.06 <sup>f</sup>	3.19±0.01 <sup>s</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>d</sup>	0.05±0.00 <sup>s</sup>	0.05±0.00 <sup>gh</sup>
49	-	4.24±0.09 <sup>f</sup>	-	0.02±0.00 <sup>a</sup>	-	0.07±0.00 <sup>d</sup>
56	2.38±0.01 <sup>e</sup>	4.15±0.01 <sup>e</sup>	0.02±0.00 <sup>c</sup>	0.02±0.00 <sup>s</sup>	0.07±0.00 <sup>e</sup>	0.06±0.00 <sup>ef</sup>
63	-	5.99±0.01 <sup>d</sup>	-	0.01±0.00 <sup>h</sup>	-	0.08±0.01 <sup>c</sup>
70	2.66±0.09 <sup>d</sup>	6.45±0.01 <sup>c</sup>	0.02±0.00 <sup>b</sup>	0.02±0.00 <sup>c</sup>	0.27±0.00 <sup>a</sup>	0.20±0.01 <sup>a</sup>
77	-	7.46±0.03 <sup>b</sup>	-	0.02±0.00 <sup>f</sup>	-	0.17±0.01 <sup>b</sup>
84	3.19±0.01 <sup>c</sup>	8.10±0.04 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>b</sup>	0.02±0.00 <sup>e</sup>	0.19±0.01 <sup>b</sup>	0.17±0.01 <sup>b</sup>
98	4.26±0.04 <sup>a</sup>	-	0.01±0.00 <sup>f</sup>	-	0.18±0.00 <sup>c</sup>	-
112	4.02±0.01 <sup>ab</sup>	-	0.01±0.00 <sup>e</sup>	-	0.16±0.01 <sup>d</sup>	-

注: -表示未测定数值, 同列均值有相同字母上标者表示不存在显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

AV 是指中和 1 g 油脂中游离脂肪酸所需的氢氧化钾 (KOH) 的毫克数。它是对化合物 (例如脂肪酸) 或混合物中游离羧基团数量的一个计量标准, 可作为油脂变质程度的指标<sup>[12]</sup>, AV 越小说明油脂质量越好, 如果 AV 过高, 则会导致人体肠胃不适等; 含油食品的 AV 国家标准限值一般在 1.8~5.0 mg KOH/g<sup>[13]</sup>。由表 3 可知, 两种温度贮藏条件下 AV 都是逐渐升高的, 62 °C 样品 AV 升高较 52 °C 幅度大, 在相同贮藏时间下, 温度越高 AV 升高越快,

62 °C 下在 84 d 达到了最大值 8.10 mg KOH/g, 52 °C 下在 98 d 达到 4.26 mg KOH/g。POV 表示油脂和脂肪酸等被氧化程度的一种指标, 是 1 kg 样品中的活性氧含量, 以过氧化物的毫摩尔数表示。POV 用于说明样品是否因已被氧化而变质, 一般来说 POV 越高其酸败就越厉害<sup>[14]</sup>; T/CGCC 8-2017《自热方便菜肴制品》中规定调味料和蔬菜制品的 POV 不得大于 0.25 g/100 g, 自热菜肴竹笋鸡肉在两种温度贮藏期间的 POV 呈无规律变化但均未超标; 可能因为氢过氧

化物的性质不稳定,随着贮藏时间延长,容易进一步反应生产次级代谢产物,如一些低级脂肪酸、醛、酮等物质。硫代巴比妥酸值(TBARS)法是一种测定MDA含量的最常见的方法<sup>[15]</sup>。MDA在食品基质中通常与脂肪氧化有关,其含量变化与贮藏过程中异味产生密切相关。通常情况下,脂肪氧化速率受温度影响较大,因此样品在贮藏过程中温度越高氧化反应速率加快,脂肪氧化更为剧烈<sup>[16]</sup>。但是由于样品不均一旦贮藏时在烤箱中所放位置差异,加之两个贮藏温度下,整个贮藏期间菜肴中MDA含量均相对较低,在检测结果较低(方法检出限0.03 mg/kg)的情况下,实验误差相对较大,这可能是导致在52℃贮藏70 d时丙二醛含量达到0.27 mg/kg,略高于62℃70 d达到0.20 mg/kg的原因。

### 2.4 贮藏期间自热竹笋鸡肉菜肴包 pH 变化

如图2所示,pH值随时间的变化呈现一定波动性,温度越高波动越明显,在整个存储周期中,两种不同的温度条件下,样品的pH值总体上随着贮藏时间的增加均呈现下降趋势;可能是由于时间往后推移,自热菜肴竹笋鸡肉中的糖类、蛋白质和脂肪等首先发生降解反应,生成酸类物质,随着反应进行,酸类物质逐渐被后续生成的其他降解物质中和,因此pH值随时间呈现上下波动状态<sup>[17]</sup>。在52℃贮藏70 d和112 d出现了两次轻微上升,前后差值均小于0.05,分析其可能是因为在较低温度下各类化学反应的反应速

率缓慢,而在62℃贮藏35 d和77 d出现了两次上升,上升幅度较52℃大,前后差值均大于0.1;同时pH由初始值6.69开始下降,在第70 d时pH值达到6.14,这可能是因为在较高温度下各类化学反应的反应速率较快,反应程度相较52℃快导致;在52℃条件下最低pH值出现在第98 d,为6.39。由于pH在用于测定包括肉制品在内的食品品质变化较为普遍,所以食品体系的pH值变化对预测食品品质有重要意义<sup>[18]</sup>。但是食品体系复杂,自热菜肴竹笋鸡肉pH值随时间变化的具体原因还需更进一步深入研究。

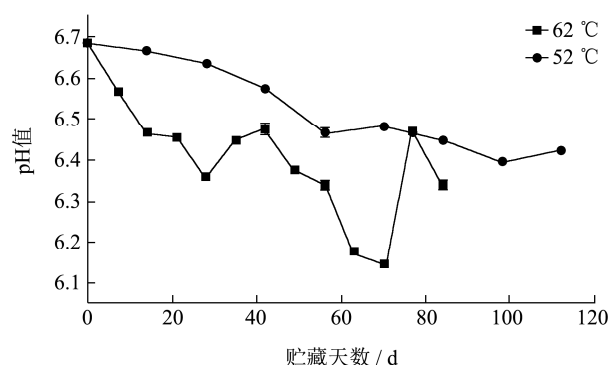


图2 两种温度下自热菜肴竹笋鸡肉 pH 值随贮藏时间的变化

Fig.2 Changes of pH of bamboo chicken dish package with storage time at two temperatures

### 2.5 贮藏期间自热竹笋鸡肉菜肴包中鸡胸肉、竹笋、小米椒色泽变化

表4 两种温度下鸡胸肉、竹笋、小米椒色度值变化

Table 4 Changes of chromaticity values of chicken breast, bamboo shoots and millet pepper at two temperatures

样品	时间/d	L*		a*		b*	
		52 °C	62 °C	52 °C	62 °C	52 °C	62 °C
鸡胸肉	0	64.72±0.35 <sup>a</sup>	64.72±0.35 <sup>a</sup>	17.93±1.30 <sup>a</sup>	17.93±1.30 <sup>a</sup>	29.76±1.68 <sup>a</sup>	29.76±1.68 <sup>a</sup>
	7	-	60.02±1.33 <sup>b</sup>	-	18.96±1.07 <sup>a</sup>	-	31.21±1.15 <sup>a</sup>
	14	61.90±0.96 <sup>b</sup>	57.71±1.02 <sup>c</sup>	18.22±0.50 <sup>b</sup>	19.21±0.52 <sup>a</sup>	29.00±1.18 <sup>a</sup>	30.86±2.01 <sup>a</sup>
	21	-	55.52±0.57 <sup>d</sup>	-	20.88±1.12 <sup>a</sup>	-	28.91±3.67 <sup>a</sup>
	28	46.38±0.61 <sup>c</sup>	48.41±0.20 <sup>e</sup>	19.91±0.90 <sup>b</sup>	18.34±0.61 <sup>a</sup>	29.72±0.48 <sup>a</sup>	30.21±1.24 <sup>a</sup>
	35	-	46.24±1.19 <sup>f</sup>	-	20.89±1.12 <sup>a</sup>	-	28.82±2.33 <sup>a</sup>
	42	47.01±1.27 <sup>c</sup>	46.00±0.72 <sup>f</sup>	20.83±1.27 <sup>b</sup>	24.46±2.48 <sup>a</sup>	26.62±4.00 <sup>a</sup>	32.75±1.02 <sup>a</sup>
	49	-	44.76±0.19 <sup>g</sup>	-	21.22±3.39 <sup>a</sup>	-	27.48±4.22 <sup>a</sup>
	56	45.58±2.63 <sup>c</sup>	43.94±1.22 <sup>fg</sup>	21.00±4.71 <sup>b</sup>	25.88±4.38 <sup>a</sup>	24.03±9.47 <sup>a</sup>	28.77±5.27 <sup>a</sup>
	63	-	43.48±0.80 <sup>fg</sup>	-	22.89±5.87 <sup>a</sup>	-	29.74±5.53 <sup>a</sup>
	70	44.85±0.24 <sup>c</sup>	43.08±1.61 <sup>g</sup>	22.87±1.62 <sup>ab</sup>	21.35±0.24 <sup>a</sup>	29.65±1.36 <sup>a</sup>	25.43±0.83 <sup>a</sup>
	77	-	42.27±0.62 <sup>g</sup>	-	23.15±4.01 <sup>a</sup>	-	26.08±4.48 <sup>a</sup>
	84	46.93±1.93 <sup>c</sup>	44.56±2.38 <sup>fg</sup>	22.07±1.50 <sup>ab</sup>	21.29±1.81 <sup>a</sup>	29.67±2.02 <sup>a</sup>	27.41±1.99 <sup>a</sup>
	98	47.21±1.23 <sup>c</sup>	-	22.26±1.28 <sup>ab</sup>	-	32.90±3.39 <sup>a</sup>	-
112	46.27±0.63 <sup>c</sup>	-	25.91±0.88 <sup>a</sup>	-	33.25±1.65 <sup>a</sup>	-	

续表 4

样品	时间/d	$L^*$		$a^*$		$b^*$	
		52 °C	62 °C	52 °C	62 °C	52 °C	62 °C
竹笋	0	72.69±0.93 <sup>a</sup>	72.69±0.93 <sup>a</sup>	8.40±0.12 <sup>d</sup>	8.40±0.12 <sup>d</sup>	40.14±3.66 <sup>ab</sup>	40.14±3.66 <sup>ab</sup>
	7	-	70.45±0.35 <sup>b</sup>	-	9.36±1.22 <sup>c</sup>	-	39.13±5.99 <sup>ab</sup>
	14	69.42±1.02 <sup>b</sup>	68.43±1.12 <sup>c</sup>	10.24±0.32 <sup>c</sup>	8.65±0.22 <sup>d</sup>	44.81±2.57 <sup>a</sup>	44.28±3.23 <sup>ab</sup>
	21	-	66.41±0.79 <sup>d</sup>	-	9.04±0.31 <sup>d</sup>	-	43.51±1.59 <sup>ab</sup>
	28	63.41±0.96 <sup>d</sup>	59.12±0.58 <sup>g</sup>	9.66±0.72 <sup>cd</sup>	11.78±0.94 <sup>b</sup>	34.14±2.07 <sup>c</sup>	43.25±2.59 <sup>ab</sup>
	35	-	58.81±0.19 <sup>g</sup>	-	11.46±0.65 <sup>b</sup>	-	45.91±0.10 <sup>a</sup>
	42	62.38±0.16 <sup>de</sup>	62.70±0.30 <sup>e</sup>	12.08±0.94 <sup>ab</sup>	13.07±0.64 <sup>ab</sup>	38.82±3.87 <sup>abc</sup>	35.37±4.96 <sup>b</sup>
	49	-	62.04±0.42 <sup>ef</sup>	-	14.06±0.48 <sup>a</sup>	-	38.46±2.02 <sup>ab</sup>
	56	64.00±1.80 <sup>d</sup>	63.27±0.45 <sup>e</sup>	10.88±0.21 <sup>bc</sup>	9.53±0.91 <sup>cd</sup>	37.23±2.15 <sup>bc</sup>	37.91±2.76 <sup>ab</sup>
	63	-	62.85±0.08 <sup>e</sup>	-	14.60±0.71 <sup>a</sup>	-	38.54±4.07 <sup>ab</sup>
	70	62.80±0.57 <sup>de</sup>	61.84±0.77 <sup>ef</sup>	13.50±1.75 <sup>a</sup>	14.93±0.79 <sup>a</sup>	37.29±3.83 <sup>bc</sup>	36.48±1.34 <sup>b</sup>
	77	-	60.75±1.04 <sup>f</sup>	-	12.12±1.57 <sup>b</sup>	-	39.90±0.58 <sup>ab</sup>
	84	66.65±1.69 <sup>c</sup>	58.39±0.80 <sup>g</sup>	12.71±0.14 <sup>a</sup>	11.13±1.75 <sup>bc</sup>	44.09±2.19 <sup>ab</sup>	37.72±3.12 <sup>ab</sup>
	98	63.26±0.36 <sup>d</sup>	-	12.20±0.36 <sup>ab</sup>	-	35.71±1.97 <sup>c</sup>	-
112	61.12±0.85 <sup>e</sup>	-	8.32±0.30 <sup>d</sup>	-	43.16±0.68 <sup>ab</sup>	-	
小米椒	0	53.66±2.50 <sup>a</sup>	53.66±2.50 <sup>a</sup>	50.17±1.62 <sup>bcd</sup>	50.17±1.62 <sup>bcd</sup>	43.17±4.96 <sup>abcd</sup>	43.17±4.96 <sup>abcd</sup>
	7	-	50.76±1.43 <sup>ab</sup>	-	40.78±5.93 <sup>d</sup>	-	27.85±12.08 <sup>f</sup>
	14	52.13±0.72 <sup>a</sup>	48.50±0.23 <sup>bc</sup>	44.30±5.12 <sup>a</sup>	45.49±0.91 <sup>bcd</sup>	43.36±8.40 <sup>a</sup>	35.57±1.44 <sup>cde</sup>
	21	-	51.68±1.18 <sup>a</sup>	-	51.09±0.19 <sup>bc</sup>	-	48.29±0.62 <sup>abc</sup>
	28	42.75±3.49 <sup>cd</sup>	42.00±0.72 <sup>ef</sup>	45.50±9.19 <sup>a</sup>	46.64±2.81 <sup>bcd</sup>	41.63±4.09 <sup>a</sup>	37.49±3.79 <sup>bcde</sup>
	35	-	40.32±0.30 <sup>f</sup>	-	44.98±1.10 <sup>bcd</sup>	-	31.46±1.61 <sup>de</sup>
	42	42.81±0.83 <sup>cd</sup>	40.79±0.83 <sup>f</sup>	42.41±1.62 <sup>a</sup>	60.99±5.06 <sup>a</sup>	31.31±3.16 <sup>a</sup>	51.00±8.41 <sup>ab</sup>
	49	-	45.38±0.73 <sup>cde</sup>	-	49.06±1.92 <sup>bcd</sup>	-	39.41±4.18 <sup>abcde</sup>
	56	40.22±1.41 <sup>d</sup>	46.14±1.26 <sup>cd</sup>	52.40±2.12 <sup>a</sup>	49.29±2.23 <sup>bcd</sup>	36.29±3.70 <sup>a</sup>	47.72±1.68 <sup>abc</sup>
	63	-	46.61±0.61 <sup>cd</sup>	-	45.89±4.05 <sup>bcd</sup>	-	42.12±2.02 <sup>abcd</sup>
	70	42.77±0.77 <sup>cd</sup>	45.44±0.85 <sup>cde</sup>	47.30±2.28 <sup>a</sup>	53.94±2.48 <sup>b</sup>	32.90±2.56 <sup>a</sup>	53.89±6.44 <sup>a</sup>
	77	-	43.15±0.85 <sup>def</sup>	-	43.77±2.35 <sup>cd</sup>	-	31.24±2.63 <sup>de</sup>
	84	47.98±0.36 <sup>b</sup>	42.39±3.57 <sup>ef</sup>	49.42±0.58 <sup>a</sup>	32.11±6.93 <sup>e</sup>	38.82±2.30 <sup>a</sup>	53.26±6.95 <sup>a</sup>
	98	45.73±0.32 <sup>bc</sup>	-	47.58±1.34 <sup>a</sup>	-	35.50±4.02 <sup>a</sup>	-
112	43.64±0.52 <sup>cd</sup>	-	49.10±3.63 <sup>a</sup>	-	32.04±8.00 <sup>a</sup>	-	

注: -表示未测定数值, 同列均值有不同字母上标者表示存在显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

## 2.6 贮藏期间自热竹笋鸡肉菜肴包感官品质变化

$L^*$ 代表黑色-白色视觉感觉值,  $a^*$ 代表红色-绿色视觉感觉值,  $b^*$ 代表黄色-蓝色视觉感觉值。由表 4 可以看出, 自热菜肴竹笋鸡肉中鸡胸肉、竹笋、小米椒在 52 °C、62 °C 贮藏条件下亮度  $L^*$  值在整个贮藏期间整体来看是呈现下降趋势。在两种温度贮藏条件下, 鸡胸肉  $L^*$  初始值为 64.72, 贮藏温度 52 °C 在 70 d 达到最低 44.85, 之后有稍微上升; 贮藏温度 62 °C 在 77 d 达到最低 42.27;  $a^*$  在两种贮藏温度下是整体呈现升高趋势; 可能是由于贮藏期间样品脂肪氧化引起的

差异, 沈旺旺等<sup>[19]</sup>以土豆牛肉菜肴包为对象研究温度对其品质的影响中发现贮藏期间牛肉的  $a^*$  也呈升高趋势; 竹笋  $L^*$  在两种贮藏温度下, 在贮藏终点都低于初始值 72.69, 可能由于贮藏时间加长竹笋内部渗入一些汤汁, 竹笋组织不紧实, 颜色发暗。小米椒在贮藏期间  $L^*$  也呈现整体下降趋势, 但是在贮藏温度为 52 °C 时的  $L^*$  变化明显比 62 °C 慢; 同等贮藏时间相比, 鸡胸肉、竹笋、小米椒在 52 °C 下  $L^*$  值较大, 可能是由于温度越高各类反应越剧烈导致食品中脂肪氧化、蛋白质水解、多酚类物质氧化、色素降解等<sup>[6]</sup>; 在贮藏期间, 鸡胸肉、竹笋的  $a^*$  在贮藏终点均高于 0 d,

表明在贮藏期间样品颜色加深;  $b^*$ 无明显变化。总体来说色度值变化趋势基本相同, 温度越高, 颜色变化越快, 越暗淡。高振洪<sup>[5]</sup>在温度对自热食品贮藏品质变化中研究表明, 温度升高能促进食品氧化、水解等反应的发生, 从而加快了色度值变化。

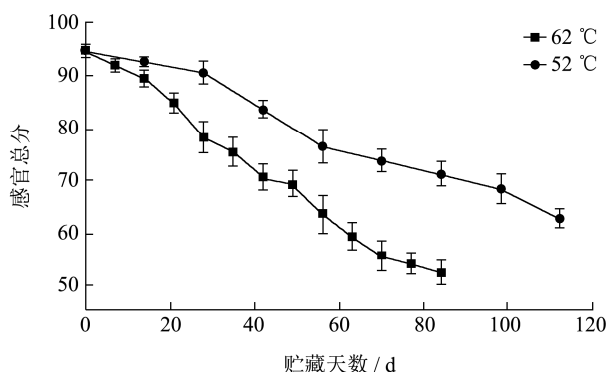


图3 两种温度下自热菜肴竹笋鸡肉感官总分随贮藏时间的变化

Fig.3 Changes of total sensory scores of bamboo chicken dishes with storage time at two temperatures

选定 60 分作为感官评定限值, 得到自热菜肴竹笋鸡肉贮藏温度为 52 °C 下, 在 112 d 达到 62.6 分, 贮藏温度为 62 °C 在 56 d 时为 63.4 分。由图 3 可知, 温度越高

货架期越短, 感官评分在贮藏前期的下降速度较之临近货架终点下降稍微快, 在临近货架期终点时感官评分下降速度逐渐放缓。自热菜肴竹笋鸡肉在货架期终点表现为竹笋色泽很差, 硬度较低; 整体来看无光泽、质地较软烂, 考虑其成分组成, 主要原因是发生脂质氧化和蛋白质水解等反应, 生成了醛、酮、酸等物质<sup>[19]</sup>。

## 2.7 自热竹笋鸡肉菜肴包货架期预测

### 2.7.1 自热竹笋鸡肉菜肴包品质指标与感官评价相关性分析

表 5 为自热菜肴竹笋鸡肉贮藏期间部分指标与感官评分之间的相关关系, 由表中结果可知, 自热菜肴竹笋鸡肉中一些主要理化指标的变化与感官评定之间呈现出显著相关性; 竹笋  $L^*$ 和鸡胸肉  $L^*$ 在 52 °C 和 62 °C 相关系数分别为 0.718、0.674、0.922 和 0.769; 在两种贮藏温度下自热菜肴竹笋鸡肉的 pH 值、鸡胸肉剪切力值、竹笋根部硬度值与感官评定均呈现极显著正相关, AV 与感官评定呈现极显著负相关, 根据感官评定分和贮藏过程中竹笋硬度值、鸡胸肉剪切力等的变化。

表 5 两种温度下自热菜肴竹笋鸡肉指标与感官评定变化的相关系数

Table 5 Correlation coefficients between indexes and sensory evaluation of bamboo shoot-chicken at two temperatures

温度/°C	pH 值	鸡胸肉剪切力	竹笋根部硬度	鸡胸肉 $L^*$	竹笋 $L^*$	AV/(mg·KOH/g)
52	0.981**	0.988**	0.944**	0.718*	0.674*	-0.965**
62	0.726**	0.967**	0.913**	0.922**	0.769**	-0.960**

注: \*\*表示极显著相关; \*表示显著相关。

表 6 竹笋鸡肉在不同贮藏条件下指标变化动力学模型

Table 6 Dynamic model of index change of bamboo shoot chicken under different storage conditions

指标	温度/°C	零级			一级		
		回归方程	反应速率常数 k	$R^2$	回归方程	反应速率常数 k	$R^2$
鸡胸肉剪切力	52	$y=-0.0812x+18.254$	0.0812	0.9488	$y=18.629e^{-0.006x}$	0.006	0.9653
	62	$y=-0.1268x+18.935$	0.1268	0.9393	$y=19.72e^{-0.01x}$	0.01	0.9465
鸡胸肉 $L^*$	52	$y=-0.1416x+58.023$	0.1416	0.5154	$y=57.4e^{-0.003x}$	0.003	0.5108
	62	$y=-0.2471x+59.662$	0.2471	0.8042	$y=59.708e^{-0.005x}$	0.005	0.8236
鸡胸肉感官	52	$y=-0.0515x+19.109$	0.0515	0.9557	$y=19.245e^{-0.003x}$	0.003	0.9621
	62	$y=-0.089x+18.585$	0.089	0.9273	$y=18.781e^{-0.006x}$	0.006	0.9445

### 2.7.2 自热竹笋鸡肉菜肴中鸡胸肉品质变化动力学模型分析

分别对不同温度条件下鸡胸肉剪切力和鸡胸肉  $L^*$  值、鸡胸肉感官分值按照零级和一级动力学模型进行拟合, 得到各试验指标在相应温度条件下的反应速率常数 k 和回归方程的判定系数  $R^2$ , 结果见表 6。由表中可以看出, 鸡胸肉剪切力和鸡胸肉感官分值 AV 随时间变化符合零级和一级动力学模型, 模型的判定系数  $R^2$  分别为; 因此可作为货架期预测模型中的标志性指标。

结合贮藏过程中 AV 均不超过 5 mg·KOH/g, 最终确定自热菜肴竹笋鸡肉在 52 °C、62 °C 两种温度下最终货架期分别为 112 d、56 d。根据  $Q_{10}$ =温度为 T 时的储存期 / 温度为 (T+10) 时的储存期得出  $Q_{10}(52\sim62)=2$ ; 结合公式 (1) 和公式 (2) 可计算出自热菜肴竹笋鸡肉在 25 °C 的货架期约为 714 d。

## 3 结论

通过对自热菜肴竹笋鸡肉进行加速货架期实验得



出,在贮藏期间温度越高,自热菜肴竹笋鸡肉品质劣变越快,贮藏前期各项品质指标变化较快,临近贮藏终点指标变化缓慢;在 52℃、62℃ 两个温度下贮藏下自热菜肴竹笋鸡肉中鸡胸肉的剪切随着贮藏时间的延长而变小,竹笋的质构硬度和咀嚼性随着贮藏时间的延长而降低,竹笋、鸡肉、小米椒的色泽随着贮藏时间延长亮度值总体都是降低的;自热菜肴竹笋鸡肉的酸价随着贮藏时间延长升高,通过货架期预测得出  $Q_{10}=2$ ,可以根据文中描述计算出常温 25℃ 下自热菜肴竹笋鸡肉货架期为 714 d。本研究结果对于自热菜肴竹笋鸡肉生产流通中的贮藏条件及货架期预测具有一定的指导意义。

### 参考文献

- [1] 刘萍,刘晶晶.浅谈我军军用食品的发展趋势[J].中国食物与营养,2007,9:28-30  
LIU Ping, LIU Jingjing. Development trend of military food in our army [J]. Food and Nutrition in China, 2007, 9: 28-30
- [2] 张文华.自热食品传热过程及热吸收率影响因素研究[D].北京:北京工商大学,2015  
ZHANG Wenhua. The study on heat transfer process and heat absorption rate influencing factors of self-heating food [D]. Beijing: Beijing Technnology and Business University, 2015
- [3] 陈晓宇,朱志强,张小栓,等.食品货架期预测研究进展与趋势[J].农业机械学报,2015,46(8):192-199  
CHEN Xiaoyu, ZHU Zhiqiang, ZHANG Xiaoshuan, et al. Research progress and trend of food shelf life prediction [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(8): 192-199
- [4] Silberbauer A, Schmid M. Packaging concepts for ready-to-eat food: recent progress [J]. Journal of Packaging Technology and Research, 2017, 3: 113-126
- [5] 高振洪.自热食品菜肴包的杀菌技术研究及基于贮藏品质变化的货架期预测[D].杭州:浙江大学,2020  
GAO Zhenhong. Study on sterilization technology of self-heating food and shelf life prediction based on changes in storage quality [D]. Zhejiang: Zhejiang University, 2020
- [6] 高悦,江依,赖璐莹,等.超高压和热处理酸辣藕丁菜肴品质变化及货架期预测[J].食品与发酵工业,2020,46(22):134-141  
GAO Yue, JIANG Yi, LAI Luying, et al. Quality change and shelf life prediction of hot and sour lotus root dish by high hydrostatic pressure and heat treatment [J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(22): 134-141
- [7] 张甫生,宋家芯,郑炯.热烫处理对麻竹笋质构特性的影响[J].食品与发酵工业,2013,39(8):128-132  
ZHANG Fusheng, SONG Jiixin, ZHENG Jiong. Effect of hot water treatment on the texture of bamboo shoots (*Dendrocalamus latiflorus*) [J]. Food and Fermentation Industries, 2013, 39(8): 128-132
- [8] 焦阳阳,祝超智,赵改名,等.不同牛肉部位对牛肉片品质的影响[J].肉类研究,2019,33(4):1-6  
JIAO Yangyang, ZHU Chaozhi, ZHAO Gaiming, et al. Effect of different beef cuts on quality of dried beef slices [J]. Meat Research, 2019, 33(4): 1-6
- [9] 迟恩忠.蓝莓原汁加工关键技术研究及货架期预测[D].蚌埠:安徽科技学院,2017  
CHI Enzhong. Key process technology and shelf life prediction of blueberry juice [D]. Bengbu: Anhui Science and Technology University, 2017
- [10] 张廷焕,陈磊,潘红梅,等.不同的制样温度、方向和剪切速度对猪肉剪切力测定的影响[J].食品工业科技,2016,37(4):138-141,146  
ZHANG Tinghuan, CHEN Lei, PAN Hongmei, et al. Effect of evaluating pork shear force by different sampling temperature, orientation and shear speed [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(4): 138-141, 146
- [11] 丁捷,胡欣洁,卢雪松,等.糊辣牛肉在不同温度条件下的贮藏特性及其货架期预测[J].现代食品科技,2017,33(3):122-132,104  
DING Jie, HU Xinjie, LU Xuesong, et al. Storage characteristics and shelf-life prediction of spice beef under different storage temperatures [J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(3): 122-132, 104
- [12] 梁丽敏,徐勇,吴胜旭.天然物质对广式腊肉贮存期间酸价的影响[J].中国食品添加剂,2010,6:57-62  
LIANG Limin, XU Yong, WU Shengxu. Effect of nature product on acid value of Cantonese cured meat during the storage [J]. China Food Additives, 2010, 6: 57-62
- [13] 薛斌,徐斐,曹文明.特异性定量测定油脂和含油食品酸价的新铜皂比色法[J].中国油脂,2021,46(8):110-118  
XUE Bin, XU Fei, CAO Wenming. Cupric acetate-pyridine colorimetric method for specific quantitative determination of acid value of oil, fats and oily foodstuffs [J]. China Oils and Fats, 2021, 46(8): 110-118
- [14] Sklan D, Tenne Z, Budowski P. The effect of dietary fat and tocopherol on lipolysis and oxidation in turkey meat stored at different temperatures [J]. Poultry Science, 1983, 62(10): 2017-2021
- [15] Park J M, Lee S H, Koh J H, et al. Determination of shelf life model of pork cutlet and pork lard during accelerated storage conditions [J]. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 2018, 38(4): 664-678
- [16] Gray J I, Gomaa E A, Buckley D J. Oxidative quality and shelf life of meats [J]. Meat Science, 1996, 41(12): 8111-8123
- [17] 樊沁昕,谢忆雯,高振洪,等.不同贮藏温度对自热食品货架期的影响[J].包装工程,2020,41(15):163-169  
FAN Qinxin, XIE Yiwen, GAO Zhenhong, et al. Effect of different storage temperature on shelf life of self-heating food [J]. Packaging Engineering, 2020, 41(15): 163-169
- [18] Jeremiah L E, Gibson L L. The usefulness of muscle color and ph for segregating beef carcasses into tenderness groups [J]. Meat Science, 1991, 30(2): 97-114
- [19] 沈旺旺,高振洪,樊沁昕,等.温度对自热食品理化指标影响及其货架期预测方法[J].包装工程,2021,42(9):141-151  
SHEN Wangwang, GAO Zhenhong, FAN Qinxin, et al. Impact of temperature on physical and chemical properties of self-heating food and its shelf life prediction estimation [J]. Packaging Engineering, 2021, 42(9): 141-151