纳米氧化锌结合低频微波杀菌对红酥鸡菜肴品质及货架期的影响

王婧宇[1]，张 慜[*1]，杨朝晖[2]
（1.江南大学 食品学院，江苏无锡 214122；2.扬州冶春食品生产配送股份有限公司，江苏扬州 225007）

摘要：对真空包装红酥鸡菜肴的二次杀菌方法及货架期进项了研究。通过分析不同低频微波杀菌参数对红酥鸡菜肴的杀菌率、气味、色泽、质构和感官评分的影响，得出 915 MHz 微波杀菌的最优条件为 1 750 W 和 3 min，并将此条件与纳米氧化锌(0.06 g/kg)联合使用用于后续的杀菌储藏实验。为了预估产品的货架期，将菌落总数作为指标，建立了 Gompertz 模型来对红酥鸡菜肴在冷藏期间的微生物生长状况进行拟合，R^2 为 0.993 76，表明此模型能够很好的反映红酥鸡菜肴在冷藏过程中的微生物变化情况，计算得到冷藏货架期为 97 d。并且还对杀菌后的样品在冷藏过程中的微生物、pH、感官品质的变化进行了评估，结果表明保质期内产品的品质均在可接受的范围内。

关键词：纳米氧化锌；低频微波；红酥鸡菜肴；品质；货架期
中图分类号：TS 235　**文章编号**：1673-1689(2020)01-0076-08　**DOI**：10.3969/j.issn. 1673-1689.2020.01.011

ZnO Nanoparticles Combined Low Frequency Microwave on the Quality and Shelf Life of Hongsu Chicken Dishes

WANG Jingyu[1]，*ZHANG Min*[*1]，*YANG Chaohui*[2]
（1. School of Food Science and Technology，Jiangnan University，Wuxi 214122，China；2.Yangzhou Yechun Food Production & Distribution Co.，Yangzhou 225007，China）

Abstract：The two-stage sterilization methods and shelf life of vacuum-packed Hongsu chicken dishes were studied. By analyzing the effects of different low frequency microwave sterilization methods on the sterilization rate，flavor，color，texture and sensory quality of Hongsu chicken dishes，it was concluded that the best condition of 915 MHz microwave sterilization was 1750 W/3 min，so this method was combined with ZnO nanoparticles(0.06 g/kg)for subsequent sterilization and storage experiments. In order to predict the shelf life of Hongsu chicken dishes，with the total colony number as an indicator，the Gompertz equation was used to fit the growth of microbes in Hongsu chicken dish during cold storage. Results showed that the Gompertz equation can well reflect the Microorganism changes during storage with R^2 values of 0.993 76，and the shelf life was calculated

收稿日期：2018-03-06
基金项目：国家“十三五”重点研发项目(2018YFD0400801，2017YFD0400501)；扬州市农业重点研发项目(YZ2019034)。
* **通信作者**：张慜(1962—)，男，博士，教授，博士研究生导师，主要从事农产品加工与贮藏研究。E-mail：min@jiangnan.edu.cn

as 97 d. The changes of microorganism, pH and sensory quality during the cold storage of Hongsu chicken dishes were evaluated. The results showed that the quality of products was within acceptable range during the shelf life.

Keywords: ZnO nanoparticles, low frequency microwave, Hongsu chicken dish, quality, shelf-life

鸡肉由于其细腻的肌肉纤维，较低的脂肪含量，较高的多不饱和脂肪酸含量等优点，消费量在不断增加[1-4]。红酥鸡菜肴是中国扬州地区的特色菜肴之一。但是由于其营养丰富，水分活度较高，非常容易被微生物污染。另外，红酥鸡菜肴熟制以后，从冷却到包装的一系列过程都非常容易被污染，从而使产品真空包装后的初始微生物较多，大大缩短了货架期。

热处理是最常用的杀菌方法之一，高温高压杀菌虽然可以杀灭孢子在内的所有微生物，有较长的货架期，但是处理过的产品营养品质、口感、风味等会遭到极大的破坏[6]。继纳米银之后，出现了新型抑菌剂纳米氧化锌，该产品较为稳定、安全，对食品中的大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和芽孢杆菌等细菌以及一些真菌有不错的抑菌效果[7,8]。Chau C F 等[9]发现较低浓度的 ZnO 的毒副作用几乎可以忽略。低频（915 MHz）微波的穿透深度比 2 450 MHz 微波大，能够穿透大件物品而样品表面又不至于加热过度，同时还能较好的保持样品的营养成分[10]。

作者采用纳米氧化锌与低频微波结合的方法处理红酥鸡菜肴，解决了纳米氧化锌单独作用时杀菌力弱的缺点，延长货架期的同时又保证了较好的品质，为肉制品的杀菌提供新思路。

1 材料与方法

1.1 材料

红酥鸡：扬州冶春食品生产配送股份有限公司提供；纳米氧化锌：上海允复纳米科技有限公司提供。

1.2 仪器和设备

纳米粒度及 Zeta 电位仪：英国 MALVERN 公司产品；WL5L-01 型 915 MHz 低频微波发生器：南京三乐微波技术发展有限公司产品；LDZX-30KBS 型立式压力蒸汽灭菌锅：上海申安医疗器械厂产品；SPX 型智能生化培养箱：南京实验仪器厂产品；SW-CJ-10 型超净工作台：苏州净化设备厂产品；CJJ78-1 型磁力搅拌器：金坛市大地自动化仪器厂产品；Nomad 型便携式光纤测温仪：加拿大 NEOPTIX 公司产品；DZQ 型真空包装机：上海尤溪机械设备有限公司产品；TA -XT2i 型物性测试仪：英国 Stable Microsystems 公司产品；CR-400 型全自动色差计：日本 KONICA-MINOLTA 公司产品；TS-5000Z 型智能味觉系统：日本 INSENT 公司产品；Toledo 320S 型 pH 计：梅特勒-托利多仪器（上海）有限公司产品。

1.3 实验方法

1.3.1 红酥鸡加工工艺及操作要点 以冷冻的鸡腿肉和五花肉为原料，解冻后，将去皮的五花肉搅成末，葱和生姜切成末，然后把生姜末、葱末、调料包及五花肉末一起放入真空滚揉机中真空滚揉 30 min。去骨的鸡腿肉提前用蒸汽蒸制后，将肉泥放在鸡腿上抹平后再用蒸汽蒸制，然后切成 5 cm×5 cm 的块，每块约 50 g。设置夹层锅的气压强度为 1 MPa，将红酥鸡在油温为 150 ℃的油锅中炸制 5 min，捞出沥干；调整夹层锅气压强度，放入油调料包、加入葱姜，煸炒后，再加入炸制好的红酥鸡，卤制 20 min，捞出晾凉后真空包装，（4±2）℃冷藏。

1.3.2 纳米氧化锌分散液的制备 取 0.1 g 纳米氧化锌及 15 mg 六偏磷酸钠（分散保护剂）用灭菌蒸馏水定容到 100 mL，制成质量分数 0.1%的纳米氧化锌分散液，使用磁力搅拌器搅拌后，超声 30 min，即可得到分散性较好的纳米氧化锌分散液，其粒径通过纳米粒度及 Zeta 电位仪来测定。真空包装前在红酥鸡中加入 0.06 g/kg 的纳米氧化锌分散液（通过预实验得到）。

1.3.3 915 MHz 低频微波杀菌特性的研究 调节灯丝电流为 0.2、0.3、0.4 A，即对应的微波功率为 1 400、1 750、2 100 W，分别处理 5、3、2 min，测定 915 MHz 微波杀菌的杀菌率及对品质的影响，筛选出最优的低频微波工艺条件。

1.3.4 纳米氧化锌协同射频杀菌研究 将纳米氧化锌分散液（0.06 g/kg）与筛选出的最优的低频微波杀菌参数相结合，测定此杀菌条件下样品在（4±2）℃条

件下储藏至第 0、20、40、60、80、100 d 时品质的变化以及每 10 d 测定一次红酥鸡菜肴中的菌落总数。利用 Gompertz 方程绘制微生物生长曲线并预估红酥鸡菜肴的货架期。模型公式如下：

$$N(t)=N_0+A\exp(-\exp(-B(t-C)))$$

式中，$N(t)$是时间为 t 时的菌落对数值；N_0 为初始菌落对数值；A，B，C 为待定的系数。

1.3.5 指标测定

1）微生物的测定　菌落总数：按国标 GB/T 4789.2-2010《食品微生物学检验：菌落总数测定》使用平板计数法进行菌落总数检测。

大肠菌群：按国标 GB/T 4789.3-2010《食品微生物学检验：大肠菌群计数》进行大肠菌群检测。

霉菌和酵母菌：按国标 GB/T 4789.15-2010《食品微生物学检验：霉菌和酵母计数》进行霉菌和酵母检测。

2）色差　测定前先用白板将色差仪校正，然后把肉样放置光亮处，将色差仪镜头垂直肉面放置，紧扣肉面无空隙，在肉的表面随机 3 个位置各测定一次，3 次测定值取平均作为此次色差读数。

3）pH　参考国标 GB/T 9695.5 将肉用刀充分剁碎，称取 5 g 样品置于 100 mL 烧杯中，加入 45 mL预先煮沸现已冷却的蒸馏水，搅拌均匀后静置 30 min，然后过滤至 50 mL 的离心管中，进行 pH 的测定，测定时将玻璃电极放置离心管正中央，每测定完一个样电极需要用去 CO_2 蒸馏水冲洗干净并擦干方可进行下一个样品的测定。pH 计每次使用前需要经过三点校正才可使用。每个处理组重复操作 3 次后取平均值。

4）质构　参考吕梦莎等[11]的方法并稍作修改，将鸡肉/猪肉沿着顺纤维方向切成 1 cm×1 cm×2 cm 的肉条，使用英国 STab.Microsystems 公司制造的 TA -XT2i 型物性测试仪的 Texture Profile Analysis (TPA)模式对样品的质构进行测定。测试参数如下：探头：P/36R(P50)平底圆柱型探头；测前速率 2.0 mm/s；测试速率 1.0 mm/s；测后速率 2.0 mm/s；压缩比30%；探头两次测定间隔时间：5.0 s；触发力：5.0 g；触发类型：自动。在测试结果中选择硬度(hardness)、弹性 (gumminess)、粘聚性 (Cohesiveness)、咀嚼性(chewiness)和回复性(resilience)5 个指标。室温条件下进行操作，每个样品平行重复 6 次，取平均值。

5）电子鼻　气体采样系统，化学传感器阵列、信号采集器、分析软件组成电子鼻系统。传感器阵列由 14 种不同的金属氧化物传感器组成，以对不同的挥发物质做出反应。称取 3 g 样品置电子鼻专用样品瓶中，密封后在(25±2)°C 条件下平衡 60 min。流量为 1 L/min，样品准备时间 10 s，检测时间120 s，传感器进行清洗 120 s。每个分析样品一式 3 份。

6）感官评定　选取 10 个实验室食品感官评定经验丰富的人员(5 男 5 女)组成评价小组按“9 点快感标度法”对不同杀菌条件的红酥鸡菜肴的接受性进行评定，最后结果用统计每个红酥鸡菜肴样品的平均分值表示。感官评分中每项及总分低于 5 分时，可认为产品超出感官可接受范围。具体评分标准见表 1。

7）数据分析　用 Excel 对数据进行初步处理后用 SPASS 对实验结果进行统计分析，实验数据用平均值±标准差的形式表示，使用 Origin8.6 作图。

表 1　红酥鸡菜肴的感官评定表

Table 1　Standard for sensory evaluation of Hongsu chicken dishes

喜欢程度	极不能接受	非常不能接受	中等不能接受	轻度不能接受	无所谓	轻度能接受	中等能接受	非常能接受	极度能接受
分值	1	2	3	4	5	6	7	8	9

注：1~3 分组织状态(软烂，缺少弹性，较多汁液流出)；气味(香气减弱较多，有一定的蒸煮味等异味，)；色泽(变色严重，出现霉斑)；油脂析出状况(油脂析出较多)；胀袋(真空度较差，胀袋现象严重)

4~6 分组织状态(弹性较好，较坚实，肉汁渗出不明显)；气味(香气较弱，无异味味，有微弱的蒸煮味)；色泽(颜色稍暗，产品未变质)；油脂析出状况(较少油脂析出)；胀袋(真空度一般，稍有胀袋)

7~9 分组织状态(弹性好，坚实，无软烂现象)；气味(肉香味浓郁，无蒸煮味等异味，)；色泽(红酥鸡菜肴本身色泽，无菌落斑点及变色现象)；油脂析出状况(基本没有油脂析出)胀袋(产品与蒸煮袋紧密结合，真空度好)。

2 结果与分析

2.1 纳米氧化锌分散液的粒径研究

图 1 可见，纳米氧化锌分散液的平均粒径为 53.13 nm，说明制备的纳米氧化锌悬浮液的粒径在纳米级范围，喻兵权等[12]指出相比普通氧化锌，纳米氧化锌的抑菌作用更好。

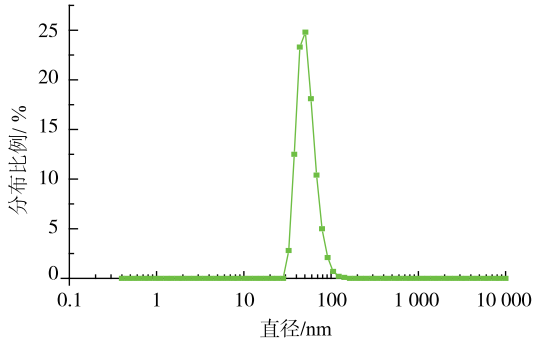


图 1 纳米氧化锌分散液粒径的分布图

Fig. 1 Size distribution of suspension of ZnO nanoparticle

2.2 915 MHz 低频微波处理对红酥鸡菜肴品质及微生物的影响

2.2.1 915 MHz 低频微波处理样品杀菌率的测定

图 2 为经过不同微波功率处理后红酥鸡菜肴菌落总数随时间的变化曲线。杀菌速率呈现先增加后降低的趋势，当杀菌条件为 2 100 W 2 min，1 750 W 3 min，1 400 W 5 min，菌落总数从 7.56 左右降低至 1 附近，而 2 100 W 2 min 以上，1 750 W 4 min，1 400 W 6 min 时温度在 100℃以上，胀袋现象比较严重，并且对品质破坏较大，因此为了更好的保证产品的品质及一定的杀菌效果，在后续处理中选择 2 100 W 2 min，1 750 W 3 min，1 400 W 5 min 的微波处理条件比较好。

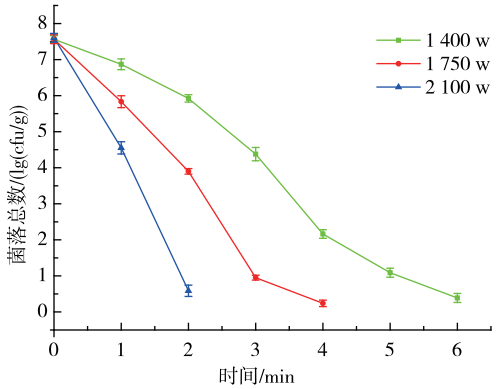


图 2 低频微波处理对红酥鸡菜肴菌落总数的影响

Fig. 2 Effects of low frequency microwave on the total colony number of Hongsu chicken dishes

2.2.2 915 MHz 低频微波处理样品电子鼻的测定

如图 3、4、5 所示的主成分分析图。图 3 中，90.28% 为第 1 主成分的贡献率，94.64% 为第 1 和第 2 主成分贡献率之和，图 4，第 1 主成分的贡献率为 92.50%，第 1 和第 2 主成分之和为 97.18%，而图 5，第 1 主成分的贡献率为 82.76%，第二主成分贡献率为 8.73%，两者之和为 91.49%，这表明两个主成分即可反映原始数据的大部分信息[13]。图中的每个点都代表一个样品的一个平行实验，每相同的 3 个点代表一个样品。两个样品之间的距离远近可反应两者的相似程度[14]。红酥鸡菜肴由猪肉和鸡肉两部分组成，因此分别对他们的气味进行了检测。对于图 3 中的猪肉部分，2 100 W 处理组及 1 750 W 处理组与原样最为接近，而 1 400 W 处理的样品气味上相

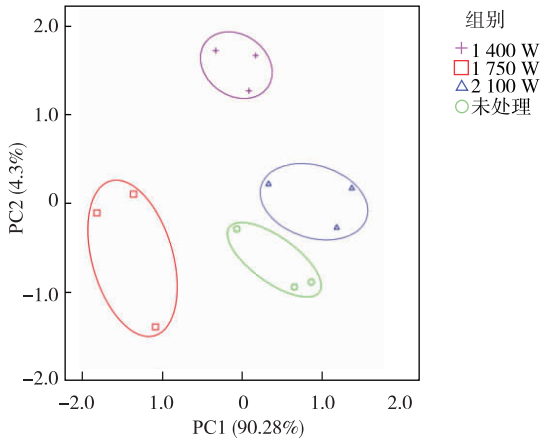


图 3 红酥鸡菜肴中猪肉部分的 PCA 图

Fig. 3 PCA graph for the pork part in Hongsu Chicken dishes

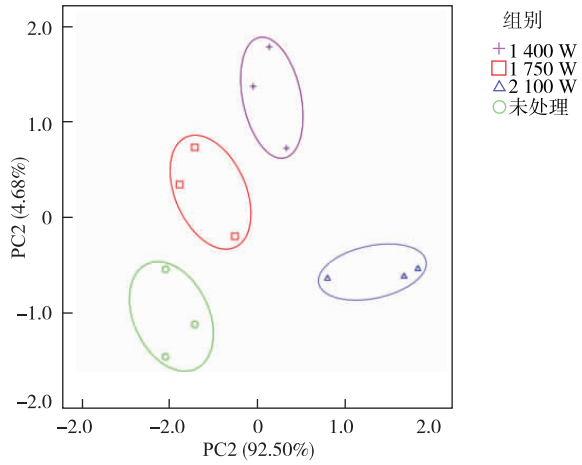


图 4 红酥鸡菜肴中鸡肉部分的 PCA 图

Fig. 4 PCA graph for the chicken part in Hongsu Chicken dishes

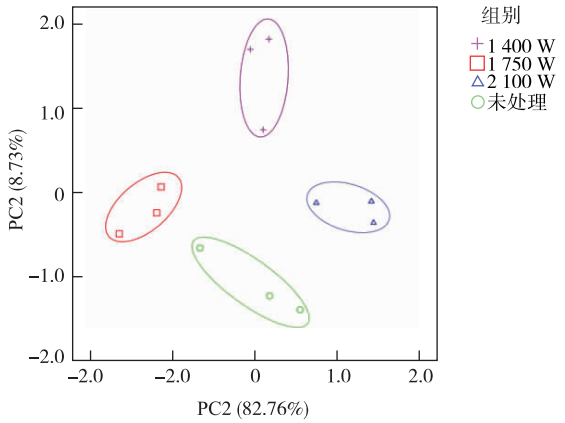


图 5 混合样品的 PCA 图(猪肉和鸡肉)

Fig. 5 PCA graph for the mixed sample (pork and chicken)

对差异较大,可能是因为 2 100 W 处理的样品时间较短,对气味的改变较小。鸡肉部分和混合样品的气味与猪肉部分的规律类似。

2.2.3 915 MHz 低频微波处理样品色差的测定 由图可知,经过低频微波处理后,3 组 L^* 值都显著降低,其中 1400 W 5 min 处理组的 L^* 值最小,与其他组有显著性差异,而 1750 W 3 min 与 2100 W 2 min 条件下处理后的样品 L^* 值差异不显著。3 组猪肉部分的 a^* 值,b^* 值都显著增加,其中 1 400 W 5 min 处理组的 a^* 值最大,1 750 W 3 min 和 2 100 W 2 min 处理组 a^* 值没有显著性差异,1 400 W 5 min 处理组与 1 750 W 3 min 及 2 100 W 2 min 的 b^* 值没有显著性差异。

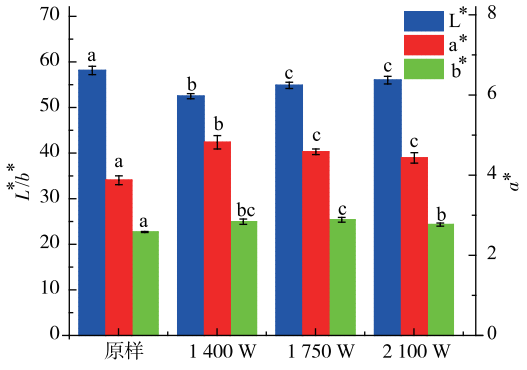


图 6 低频微波处理对红酥鸡菜肴中猪肉部分色差的影响

Fig. 6 Effect of low frequency microwave on the color of pork in Hongsu Chicken dishes

从图中可以看出,915 MHz 不同功率微波处理对红酥鸡菜肴中鸡肉 L^* 值的影响不大。微波处理后 a^* 增加,其中 1 400 W 5 min 处理 a^* 增加显著,而 1 750 W 3 min 和 2 100 W /2 min 处理后的 a^* 与原样差异不大。相对于原样来说,经过处理后的鸡肉部分的 b^* 值显著增加,但是不同处理组之间没有显著性差异。通过比较杀菌处理对红酥鸡中的鸡肉和猪肉色差的影响可以看出,猪肉经过处理色差变化相对大一些。

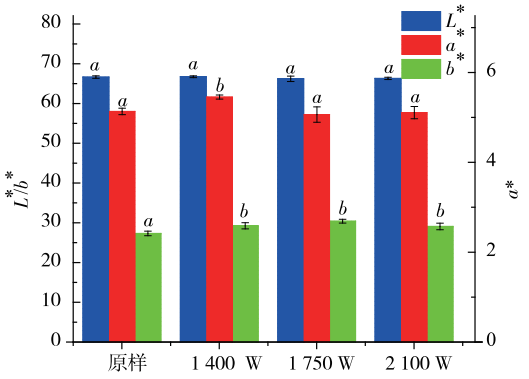


图 7 低频微波处理对红酥鸡菜肴中鸡肉部分色差的影响

Fig. 7 Effect of low frequency microwave on the color of chicken in Hongsu Chicken dishes

2.2.4 915 MHz 低频微波处理样品质构的测定 从表 2、表 3 可以看出,经过微波处理后的样品,硬度增加,这是因为微波升温快,较易失水,体积收缩后组织结构会变得比较致密,从而使样品的硬度增加[15],其中 1 750 W 处理后的红酥鸡中鸡肉和猪肉部分的硬度变化较小,这可能是因为 2 100 W 功率较高,水分迅速蒸发脱离样品,导致硬度较大,而 1 400 W 功率较低,加热到相同的温度,处理时间较长,蒸煮损失严重,因此硬度也比较大。

对于猪肉部分,不同处理组之间弹性没有显著性差异($P>0.5$),原样,1 750 W,2 100 W 处理组的粘聚性差异不大,1 400 W 处理组的粘聚性降低较多,且与其他组之间差异显著($P<0.5$)。1 750 W 处理组的咀嚼性和原样及其他处理组无明显差异($P>0.5$),但是 2 100 W 和 1 400 W 处理组却和原样有显著性差异($P<0.5$)。对于鸡肉部分,弹性的变化规律与猪肉相同。处理后样品的咀嚼性都比未处理样品的大,与硬度的变化趋势一致。

2.2.5 915 MHz 低频微波处理样品感官评定的测定 经过不同微波处理的样品的感官评分见表 4,从组织状态上讲,1 750 W 处理组的评分最高,肉质相对较软,咀嚼性好,这与质构的测定结果一致。经过不同处理后的样品在气味上没有显著性差异,而 1 750 W 处理组最为接近未处理样品。对于色泽,所有处理组的色泽评分都较原样低,1 400 W 处理组

表 2　低频微波处理对红酥鸡菜肴中猪肉部分质构的影响

Table 2　Effect of low frequency microwave on the texture of pork in Hongsu Chicken dishes

分组	硬度	弹性	粘聚性	咀嚼性
原样	473.51±37.48^{a}	0.8±0.03^{a}	0.75±0.01^{a}	282.9±21.34^{a}
1 400 W	617.77±17.79^{b}	0.83±0.02^{a}	0.70±0.02^{b}	356.51±5.1^{b}
1 750 W	514.27±16.57^{ac}	0.82±0.04^{a}	0.76±0.01^{a}	319.99±24.74^{ab}
2 100 W	552.26±36.05^{c}	0.85±0.02^{a}	0.74±0.01^{a}	345.79±26.86^{b}

注:数据表示方式:平均值±标准差

表 3　低频微波处理对红酥鸡菜肴中鸡肉部分质构的影响

Table 3　Effect of low frequency microwave on the texture of chicken in Hongsu Chicken dishes

分组	硬度	弹性	粘聚性	咀嚼性
原样	763.39±33.56^{a}	0.75±0.03^{a}	0.56±0.04^{a}	319.17±41.39^{a}
1 400 W	968.5±20.92^{b}	0.75±0.03^{a}	0.64±0.04^{b}	470.54±50.23^{b}
1 750 W	821.84±36.27^{c}	0.79±0.01^{a}	0.59±0.02^{ab}	385.34±21.37^{c}
2 100 W	906.81±31.18^{d}	0.76±0.02^{a}	0.62±0.03^{ab}	429.42±22.97^{bc}

注:数据表示方式:平均值±标准差

表 4　低频微波处理对红酥鸡菜肴感官评定的影响

Table 4　Effect of low frequency microwave on the sensory evaluation of Hongsu Chicken dishes

分组	组织状态	气味	色泽	油脂析出状况	胀袋	综合
原样	9.0±0^{a}	8.9±0.32^{a}	9.0±0^{a}	9.0±0^{a}	9.0±0^{a}	8.98±0.06^{a}
1 400 W	7.3±0.48^{b}	8.3±0.48^{b}	7.5±0.53^{b}	6.9±0.57^{b}	8.5±0.71^{b}	7.78±0.18^{b}
1 750 W	8.1±0.32^{c}	8.5±0.53^{ab}	8.3±0.48^{c}	8.1±0.57^{c}	8.5±0.53^{b}	8.30±0.22^{c}
2 100 W	6.5±0.53^{d}	8.4±0.52^{b}	8.1±0.32^{c}	7.9±0.74^{c}	6.6±0.52^{c}	7.50±0.17^{d}

注:数据表示方式:平均值±标准差

评分最低,是因为该组的颜色相对于原样来说变化最大,这与色差的测定结果比较吻合。1 750 W 处理组和 2 100 W 处理组的油脂析出状况没有差异,而 1 400 W 处理组评分相对较低。1 750 W 处理组和 1 400 W 处理组就胀袋情况来说之间没有显著性差异,真空度较好,胀袋不严重,而 2 100 W 处理组,因为微波强度较高,在较短时间内升温比较迅速,比较容易胀袋。从总体上说,1 750 W 处理组的感官评分最高,因此选择 1 750 W 3 min 杀菌条件与纳米氧化锌结合进行后续的储藏期试验。

2.3　红酥鸡菜肴冷藏期间品质微生物及品质变化

2.3.1　红酥鸡菜肴冷藏下微生物生长模型的建立

红酥鸡菜肴冷藏下微生物生长的 Gompertz 模型的拟合情况见图 8,可以看出 Gompertz 模型较好的拟合了微生物的生长曲线,其中 Gompertz 模型的 R2 为 0.99376,拟合方程如下:

$N(t)=0.145+14.757\times\exp(-\exp(-0.0242\times(t-102.783)))$

通过公式可得到红酥鸡菜肴冷藏下的货架期为 97 d,达到企业要求。

2.3.2　冷藏期间红酥鸡菜肴微生物的变化

红酥鸡菜肴在冷藏期间微生物变化见表 5,根据 GB2726-2005《熟肉制品卫生标准》:酱卤肉制品的

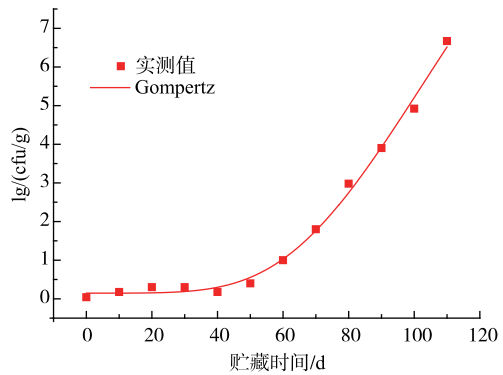


图 8　红酥鸡菜肴冷藏下菌落总数生长的 Gompertz模型

Fig. 8　Gompertz model of total plate count growth of Hongsu chicken dishesduring cold storage

菌落总数不得超过 8×10^4 cfu/g(对数值为 4.903),大肠菌群不得超过 150 MPN/hg。在储藏期内,红酥鸡菜肴中的霉菌和酵母菌都得到了很好的抑制,并且产品是真空包装后冷藏,无氧及低温环境都使霉菌和好氧酵母的生长受到了抑制,因此该杀菌方法可有效抑制微生物生长,保证食品安全。

2.3.3 *样品杀菌后在冷藏期间 pH 的变化* 由图 9 可以看出,随着时间的增加,pH 呈先降低后增加的趋势,这是因为在储藏前期,微生物分解肉制品中碳水化合物等生成乳酸、醋酸等酸性物质,使得 pH 降低。在储藏后期,有机物被大量消耗后,微生物产酸能力下降,此时微生物和微生物酶(如蛋白酶和脂肪酶等)将蛋白质分解成低分子碱性含氮物质,使得 pH 升高。

表 5 红酥鸡菜肴在冷藏期间微生物的变化

Table 5 Change of pH of Hongsu chicken dishes during cold storage

贮藏时间/d	菌落总数/(cfu/g)	大肠菌群/(MPN/hg)	霉菌酵母菌/(cfu/g)
0	<10	<3.0	<10
20	<10	<3.0	<10
40	<10	<3.0	<10
60	10±4	<3.0	<10
80	950±80	<3.0	<10
100	83 000±3 000	<3.0	<10

注:数据表示方式:平均值±标准差

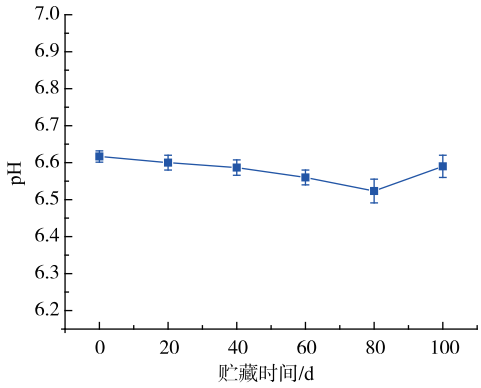


图 9 红酥鸡菜肴在冷藏期间的 pH 值变化

Fig. 9 Change of pH of Hongsu chicken during cold storage

2.3.4 *样品杀菌后在冷藏期间感官评分的变* 表 6 为红酥鸡菜肴冷藏感官品质的变化结果,从表中可以看出,随着时间的增加,每个感官指标评分整体呈下降趋势,而微生物不断繁殖产生的不愉快气味是气味评分下降的主要原因。在 60 d 之前样品的真空度较高,没有发生胀袋现象,在 80 d 时某些样品的真空度略差,但不严重,在 100 d 时微生物已经超标,部分微生物繁殖产气,导致真空度下降。在 97 d 的储藏期内,产品的综合评分都在 5 分以上,说明可以被大多数的感官评价员所接受。

3 结 语

为了筛选出较好的的低频微波杀菌条件,对 1 400、1 750、2 100 W 功率下不同时间的杀菌率做

表 6 红酥鸡菜肴在冷藏期间的感官变化

Table 6 Change of sensory evaluation of Hongsu chicken during cold storage

	贮藏时间/d					
	0	20	40	60	80	100
组织状态	8.1 ± 0.32^{a}	7.6 ± 0.7^{ab}	7.2 ± 0.79^{b}	6.6 ± 0.7^{c}	5.9 ± 0.32^{d}	5.1 ± 0.57^{e}
气味	8.5 ± 0.53^{a}	8 ± 0.67^{ab}	7.5±0.85bc	7.1 ± 0.88^{c}	5.9 ± 0.32^{d}	3.1 ± 0.32^{e}
色泽	8.4 ± 0.52^{a}	8.2 ± 0.63^{ab}	7.8 ± 0.63^{b}	7.2 ± 0.42^{c}	6.3 ± 0.67^{d}	5.3 ± 0.82^{e}
油脂析出状况	8 ± 0.47^{a}	7.7 ± 0.48^{ab}	7.2 ± 0.63^{b}	6.6 ± 0.84^{c}	5.8 ± 0.42^{e}	4.7 ± 0.82^{e}
胀袋	9 ± 0^{a}	9 ± 0^{a}	9 ± 0^{a}	9 ± 0^{a}	8.6 ± 0.52^{b}	6 ± 0.82^{c}
综合	8.4 ± 0.19^{a}	8.1 ± 0.3^{b}	7.74 ± 0.25^{c}	7.3 ± 0.19^{d}	6.5 ± 0.14^{e}	4.84 ± 0.23^{f}

了测定，综合考虑胀袋率和杀菌效果，选出 1 400 W 5 min，1 750 W 3 min，2 100 W 2 min3 个杀菌条件。然后对经过 3 种杀菌条件处理后的样品的气味、色泽、质构、感官进行了测定。从气味上说 1 750 W、2 100 W 处理的红酥鸡菜肴样品（由猪肉与鸡肉构成）中的鸡肉、猪肉及两者混合的气味都与原样较为接近。对于色泽，鸡肉部分经过杀菌处理后色泽变化较小，而猪肉部分，1 750 W 与 2 100 W 处理组较为接近且相对变化较小。从质构上说，1 750 W 处理后的样品硬度、咀嚼性变化较小，最接近原样。而且 1 750 W 处理组的整体感官评分最高，因此选用 1 750 W 3 min 与纳米氧化锌（0.06 g/kg）结合用于红酥鸡菜肴的杀菌处理，并在（4±2）℃下进行冷藏。

储藏期内样品感官评定的结果表明，杀菌后的样品随着贮藏时间的延长，胀袋情况均呈现降低的趋势，保质期内产品的综合评分在可接受范围内。

参考文献：

[1] ZHANG Yan，HU Bing，ZHANG Qian. Advances in nutrition and function properties of chicken meat protein[J]. **Journal of ZhongKai University of Agriculture and Technology**，2009，22（1）：66-71.（in Chinese）

[2] Zhang Yongming，Sun Xiaolei. Nutritional value and function of chicken[J]. **Meat Industry**，2008，（8）：57-57.（in Chinese）

[3] Riovanto R，Marchi M D，Cassandro M，et al. Use of near infrared transmittance spectroscopy to predict fatty acid composition of chicken meat[J]. **Food Chemistry**，2012，134（4）：2459.

[4] Seong P N，Cho S H，Park K M，et al. Characterization of Chicken By-products by Mean of Proximate and Nutritional Compositions [J]. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**，2015，35（2）：179-188.

[5] Nolan-Clark D J，Neale E P，Charlton K E. Processed pork is the most frequently consumed type of pork in a survey of Australian children[J]. **Nutr Res**，2013，33（11）：913-921.

[6] WANG Yimin，ZHANG Min，WANG Yongjun，et al. Flexible sterilization of duck with Soup [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**，2012，31（5）：511-517.（in Chinese）

[7] ZHANG Chunyue，JIAO Tong，Liu Yun，et al. Recent advances in the application of nano zinc oxide in antimicrobial food packaging[J]. **Food Science**，2014，35（11）：274-279.（in Chinese）

[8] Liu Q，Zhang M，Fang Z X，et al. Effects of ZnO nanoparticles and microwave heating on the sterilization and product quality of vacuum-packaged Caixin[J]. **J Sci Food Agric**，2014，94（12）：2547-2554.

[9] Chau C F，Wu S H，Yen G C. The development of regulations for food nanotechnology[J]. **Trends in Food Science & Technology**，2007，18（5）：269-280.

[10] 沈万兴. 典型方便配菜速冻、微波均匀解冻及熟化特性研究[D]. 无锡：江南大学，2011.

[11] LV Mengsha，MEI Canhui，LI Biansheng，et al. Effects of pre-drying process on color and texture characteristics of ready-to-eat fermented yellow croaker before and after thermal sterilizing[J]. **Food and Fermentation Industries** 2011，37（11）：33-38.（in Chinese）

[12] Yu Bingquan，Zhang Hongfu，Lu Wei，et al. Research on the difference of bactericide performance between nano-ZnO and ZnO [J]. **Feed Industry**，2007，28（24）：34-37.（in Chinese）

[13] CHE Junyan，HE Xiao long，ZHOU Xiaoyan. Electronic nose analysis and sensory evaluation of condiments with different brands [J]. **China Condiment**，2013，38（12）：60-62.（in Chinese）

[14] ZHOU Muyan，ZHENG Yunfeng，ZHANG Tao，et al. Study on the discrimination of yellow rice wine of different producing places by intelligent electronic tongue[J]. **Liquor-Making Science & Technology**，2012，（12）：23-26.（in Chinese）

[15] QI Biao，QU Chao，CHENG Xiaoyu，et al. Effect of microwave sterilization on quality properties of stewed pork liver [J]. **Food Science**，2013，34（1）：69-72.（in Chinese）