

不同模式催化式红外辐射 对香葱杀菌效果及品质的影响

王 蓓,赵 兴,马海乐*,周存山,曲文娟

(江苏大学食品与生物工程学院,江苏省食品物理加工重点实验室,江苏镇江 212013)

摘 要:为了提高产品的食用安全性,使其符合食品卫生标准。本文利用催化式红外辐射技术对含菌量超标的香葱进行杀菌,考察了单板和双板两种加热模式下不同温度对香葱微生物的杀菌效果。红外处理通过单板加热香葱表面温度至 50、60、70、80、90 ℃,双板加热香葱表面温度至 60、70、80、90 ℃ 杀菌。处理后对样品菌落总量、大肠菌群、水分含量、色泽、维生素 C 的含量进行了分析。研究表明:单板模式下香葱温度 80、90 ℃ 杀菌 3 min,双板模式下香葱温度 60、70、80、90 ℃ 杀菌 1 min,样品表面剩余菌落总数 < 5 lg CFU/g,大肠菌群 < 100 MPN/g,可以满足减菌要求。杀菌同时可去除香葱 12.16%~25.79% 的水分(湿基)。单板 60、90 ℃,双板 60、70、80、90 ℃ 处理后未引起香葱色泽显著性差异。单、双板模式杀菌后维生素 C 含量在 8.20~16.06 mg/100 g 之间,维生素 C 保留率可达 79.7%。综上所述,经不同模式催化式红外辐射后的香葱能够在减菌的同时保持色泽和较多的维生素 C 含量。处理条件为:单板模式下 80、90 ℃ 处理 3 min,双板模式下 60、70、80、90 ℃ 处理 1 min。

关键词:红外辐射,杀菌,香葱,色泽,维生素 C

Effect of Different Modes of Catalytic Infrared Radiation on Sterilization and Quality of Chives

WANG Bei,ZHAO Xing,MA Hai-le*,ZHOU Cun-shan,QU Wen-juan

(School of Food and Biological Engineering,Jiangsu University,Jiangsu Provincial
Key Laboratory for Food Physical Processing,Zhenjiang 212013,China)

Abstract:In order to improve the food safety of the products and make them meet the food hygiene standards.A catalytic infrared radiation technology was used to sterilize chives with excessive bacteria content.The sterilization effect of two heating modes(single-and double plates)on chives was investigated.The surface temperatures of chives were heated by single board to 50,60,70,80 and 90 ℃.Then the surface temperatures of chives was heated by double plates to 60,70,80 and 90 ℃.After treatments,the total bacterial content,*Escherichia coli* number,water content,color and vitamin C content of the samples were analyzed.The results showed that after treated with single plate mode at 80 and 90 ℃ for 3 min,double plate mode at 60,70,80 and 90 ℃ for 1 min,the total number of remaining colonies on the surface of samples was less than 5 lg CFU/g and the *E.coli* number was less than 100 MPN/g,which could meet the bactericidal reduction requirements.Moisture (w.b.) of 12.16% ~ 25.79% was removed from the chives.There was no significant difference in chives color after treated by single plate at 60 and 90 ℃ and double plates at 60,70,80 and 90 ℃.After treatments,the vitamin C content was 8.20~16.06 mg/100 g,with retention rate of 79.7%.In conclusion,chives irradiated by catalytic infrared radiation of different modes can maintain color and more vitamin C content while reducing bacteria.The treatment conditions were as follows:single plate treatment at 80 and 90 ℃ for 3 min,double plates treatment at 60,70,80 and 90 ℃ for 1 min.

Key words:infrared radiation;sterilization;chives;color;vitamin C

中图分类号:TS255.7

文献标识码:B

文章编号:1002-0306(2019)21-0210-06

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2019.21.034

引文格式:王蓓,赵兴,马海乐,等.不同模式催化式红外辐射对香葱杀菌效果及品质的影响[J].食品工业科技,2019,40(21):210-215.

收稿日期:2019-01-18

作者简介:王蓓(1985-),女,博士,讲师,研究方向:食品物理加工技术,E-mail:wangbei724@163.com。

*通讯作者:马海乐(1963-),男,博士,教授,研究方向:食品物理加工技术,E-mail:mhl@ujs.edu.cn。

基金项目:江苏省重点研发计划项目(BZ2017034);国家重点研发计划项目-政府间国际科技创新合作重点专项(2017YFE0105300);国家重点研发计划(2016YFD0400705-04);国家自然科学基金青年科学基金项目(31601516);江苏大学高级人才科研启动基金项目(16JDC048)。

香葱具有较高的营养价值,香葱内的蒜辣素能刺激机体消化液的分泌,同时可抑制癌细胞的生长^[1],而其所含的大蒜素则具有杀菌、消毒的作用^[2]。脱水干燥是香葱加工的一个重要方式,脱水香葱因其使用方便,储存时间长,广泛用于调味品行业,是我国重要的出口脱水蔬菜之一^[3]。微生物指标是进出口果蔬严控的指标之一,所以生产加工过程中对微生物的控制至关重要。

脱水香葱的生产工艺主要包括整理、清洗、切分、干燥、包装等步骤^[4],其中杀菌主要在清洗的步骤中完成,热风干燥也能达到一定的杀菌效果。目前由于技术成熟、操作方便、处理量大,企业广泛在清洗过程中添加次氯酸钠溶液进行前期的减菌处理。但次氯酸钠易与有机物发生化学反应,产生三氯甲烷、四氯化碳、二恶因等一类致癌的氯代有机化合物,对水体环境造成污染^[5],还会造成香葱表面色泽发黑,口味变淡,使香葱质构发生变化,不利于干燥前的剪切。

催化式红外辐射是近年来新兴的蔬菜脱水干燥技术,其主要利用天然气代替电能,利用红外辐射对物料进行加热以达到脱水干燥的目的。具有热效率高、节能环保、设备简单等优点^[6-8]。在脱水香葱加工中可利用催化式红外辐射在清水清洗和切分步骤后对香葱进行热杀菌,从而避免次氯酸钠的使用,在后续干燥过程中也可代替传统的热风干燥节约能源。国内外就催化式红外辐射技术对食品杀菌干燥展开了大量实验并取得了显著的效果^[9-15]。Wang等^[9]通过催化式红外辐射结合保温处理,对新鲜稻谷中黄曲霉孢子进行杀菌,红外 60 ℃ 处理后保温 120 min 能够降低 8.3 lg CFU/g 并去除 5.3% 水分(湿基)。因此,催化式红外辐射技术有望取代氯化物杀菌,减少环境污染,提升脱水香葱产业的发展^[16]。

目前国内外利用催化式红外辐射对香葱进行减菌处理的研究较少,本文的目的为研究不同模式和温度下催化式红外辐射对香葱的杀菌效果,并对不同条件处理后香葱的品质进行分析。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

香葱(水分含量 91%) 购于当地农贸市场,在 4 ℃ 冰箱储藏;胰蛋白胨、酵母粉 英国 Oxoid 公司;煌绿乳糖单眼肉汤(BGLB)、月桂基硫酸盐胰蛋白胨肉汤(LST) 北京陆桥技术有限责任公司;琼脂粉、葡萄糖、氯化钠 均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

TM350 手持式红外测温仪 Tecmen 电子有限公司;JYL-C012 果蔬榨汁机 九阳股份有限公司;XH-C漩涡混合器 金坛市医疗仪器厂;TGL-16 高速台式冷冻离心机 长沙湘仪离心机仪器有限公司;WFJ 7200 型可见分光光度计 尤尼柯(上海)仪器有限公司;FNH310 色差仪 深圳 H 恩驰科技有限公司;催化式红外设备 镇江美博红外科技有限公司(图 1),催化式红外设备由上下两块催化式红外加热板(30 cm × 60 cm)和处理室(长:100 cm × 高:

100 cm × 宽:60 cm)组成。

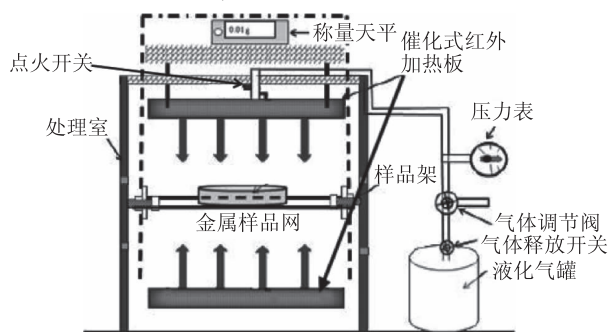


图1 催化式红外设备

Fig.1 CIR(catalytic infrared) dehydrator

1.2 实验方法

1.2.1 原料预处理 实验前将香葱从冷藏室中取出,放至室温(25 ℃)待用。选择颜色鲜艳,结构完整,无机械损伤的部分,清洗,切成长度为 1 cm 的葱段。

1.2.2 催化式红外杀菌处理 红外加热的温度主要是通过控制红外辐射距离来实现。使用前先将催化式红外发生器预热 15 min,然后通过气体控制阀通入液化气后点火,试验过程通气阀气压控制在 1.5 kPa,工作时催化式红外发生器的表面温度可达到(395 ± 5) ℃。实验过程中采用两种加热模式,即只开上板或者同时开启上下两块红外加热板进行研究,以下步骤简称单板、双板,每块板功率为 0.9 kW。

前期预实验,将切好的香葱单层平铺在金属网上,打开催化式红外加热设备,选择红外加热模式(单板或双板),将金属网放入样品架上,用手持红外测温仪测定香葱表面温度。由于香葱叶片薄,表面积大,测量过程中发现辐射距离一定时,在加热过程中香葱表面温度快速升至一定数值后趋于稳定,故认定加热过程中,辐射距离一定,香葱表面温度不变。通过预实验发现,采用单板红外加热时,只开启上方加热板,当加热板与样品距离为 35、25、15、8、4 cm 时,对应香葱表面温度分别为 50、60、70、80、90 ℃;采用双板加热时,同时开启上下两块加热板,当上下两块加热板与样品距离均为 36、30、26、20 cm 时,所对应香葱表面温度分别为 60、70、80、90 ℃。

将切好的香葱均匀单层平铺在金属网上,开启催化式红外设备,加热板温度稳定后,将金属网放入红外发生器上进行杀菌实验。实验分别采用单板(上板)和双板(上下两块红外板)两种红外辐射模式对香葱进行杀菌研究,单板采用 50、60、70、80、90 ℃ 五个温度梯度,每隔 1 min 取样一次;双板采用 60、70、80、90 ℃ 四个温度梯度,每隔 30 s 取样一次。所有实验结果重复三次,取平均值。预实验中由于单板 50 ℃ 处理对大肠菌群减菌效果达不到要求,故在微生物测定后未对此温度下处理样品的水分含量、颜色和维生素 C 含量进行测定。

1.2.3 微生物测定 对处理前后的香葱进行微生物含量测定。香葱菌落总数测定方法参照 GB/T 4789.2-2016^[17],其中细菌总数的对数值用 lg CFU/g

表示;大肠菌群测定方法参照 GB/T 4789.3-2016^[18],采用最可能数计数法(MPN),根据复发酵实验验证的大肠菌群 LST 阳性管数,检索 MPN 表。

NY5184-2002《无公害脱水蔬菜标准》^[19]中规定了脱水蔬菜的微生物指标为细菌总数 ≤ 100000 CFU/g,即 lg CFU/g ≤ 5 ,大肠菌群数 ≤ 100 CFU/g。

1.2.4 水分含量测定 参照 GB/T 5009.3-2010^[20]用直接干燥法对处理前后香葱水分含量进行测定。处理前对样品称重,不同条件处理后将样品取出置于 105 ℃ 烘箱干燥 3 h,取出放入干燥器中冷却 0.5 h 测定样品中干燥减轻的重量,再通过干燥前后称量数值计算出水分含量。

$$MC = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

式中:MC 为香葱湿基水分含量,%; m_1 为香葱初始质量,g; m_2 为香葱烘干后质量,g。

1.2.5 颜色测定 采用色差仪测定香葱表面颜色。测量时随机选取托盘内的香葱叶片部分,将色差仪的光孔垂直压在香葱表面上轻压、读数,每组重复 10 次。取每个部分的色差平均值记为香葱表面的色值,实验选用 Lab 表色系统^[21],其中 L^* 值表示亮度,数值越大颜色越亮; a^* 值表示红色/绿色值,负值绝对值越大颜色越绿; b^* 值表示黄色/蓝色值,正值越大,颜色越接近黄色。下标 0 代表新鲜香葱的颜色值。颜色变化值 ΔE 通过公式(1)计算所得, ΔE 值越大,表示产品的颜色变化越大。

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad \text{式(2)}$$

式中: L_0^* , a_0^* , b_0^* 为新鲜对照组值; L^* , a^* , b^* 分别为检测值。

1.2.6 维生素 C 含量测定 本实验参照马宏飞^[22]的方法,利用维生素 C 对紫外产生吸收和对碱不稳定的特点,用紫外分光光度计测量维生素 C 含量。称取 10.0 g 香葱样品于研钵中,加入 10 mL 1% HCl,匀浆后转移到 50 mL 容量瓶中,定容后移至离心管中 4000 r/min 离心 10 min 得到上清液为待测提取液。取 1.0 mL 提取液放入盛有 2 mL 10% HCl 的 50 mL 容量瓶中定容,以蒸馏水为空白,在最大吸收波长处测定其吸光度。吸取 1.0 mL 提取液、10 mL 蒸馏水和 4 mL 1 mol/L NaOH 溶液放入 50 mL 容量瓶中,摇匀静置 20 min 后加入 4 mL 10% HCl,混匀定容,以蒸馏水为空白,在最大吸收波长 243.4 nm 处测定其吸光度。待测香葱提取液与碱处理香葱提取液的吸光度之差即为香葱样品吸光度。测得香葱样品的吸光度后,依据标准曲线方程,计算香葱中维生素 C 的含量:

$$V_c = \frac{c \times V_2 \times V_3 \times 100}{V_1 \times W \times 100} \quad \text{式(3)}$$

式中: V_c 为维生素 C 的含量,mg/100 g; c 为由香葱吸光度从标准曲线方程计算得到的维生素 C 浓度, $\mu\text{g/mL}$; V_1 为测吸光度时吸取样品溶液的体积,mL; V_2 为吸取样品定容总体积,mL; V_3 为待测样品总体积,mL; W 为香葱质量,g;100 为 100 g 香葱。

1.3 数据处理

数据处理和统计分析采用 SPSS 17.0 统计分析软件。

2 结果与分析

2.1 单板和双板不同温度条件下对总菌落的杀菌效果

单板和双板红外辐射在不同温度条件下对香葱杀菌效果如图 2 所示。

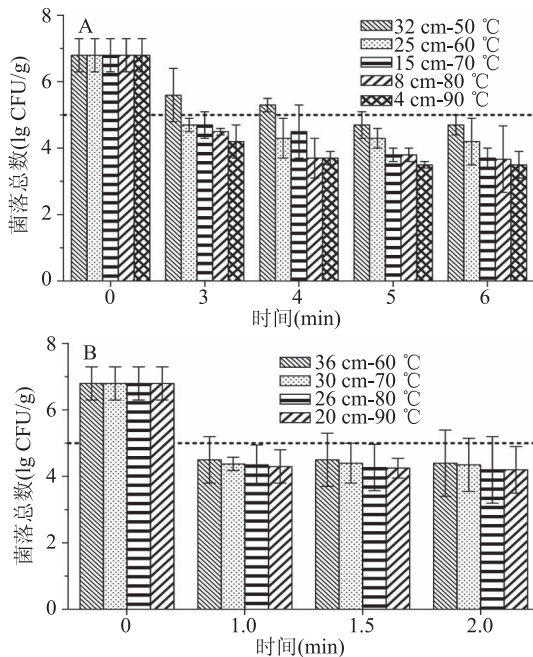


图2 单双板模式下不同温度红外处理后的菌落总数

Fig.2 Number of colonies at different temperatures using single- and double-plate modes of infrared treatment
注:A:单板;B:双板。

图 2(A) 中,香葱表面菌落总数随着处理时间的延长而减少,在 50、60、70、80、90 ℃ 条件下处理 5 min 后,菌落总数趋于平稳,杀菌效果增加缓慢,此时香葱表面剩余菌落总数分别为 4.94、4.46、4.15、4.11、3.80 lg CFU/g,低于《无公害脱水蔬菜标准》规定的 5 lg CFU/g。其中,60 ℃ 以上处理 3 min 即可达到菌落总数的减菌标准。在 3 min 时杀菌速率达到最大值,此时 50、60、70、80、90 ℃ 杀菌速率为 0.36、0.65、0.65、0.79、0.87 (lg CFU/g)/min。在只考虑杀菌效果的情况下,温度越高,杀菌效果越好,杀菌效率越高。

在图 2(B) 中,双板模式下因为加热强度大于单板,在相同温度条件下,短时间内可以达到快速杀菌效果。从图 2(B) 中可以看出,在双板条件下,因为红外热辐射强度大,不同温度的杀菌效果无显著性差异。双板 60、70、80、90 ℃ 杀菌 2 min 后菌落总数分别为 4.40、4.32、4.15、4.14 lg CFU/g。其中,60 ℃ 以上处理 1 min 即可达到菌落总数的减菌标准。在 1 min 杀菌速率达到最大值,此时 60、70、80、90 ℃ 杀菌速率为 2.26、2.48、2.54、2.65 (lg CFU/g)/min,杀菌速率明显高于单板条件。主要是由于上下同时加热样品受热均匀温度快速升高,微生物尚未产生热适应性而迅速失活。

表1 不同模式催化式红外热辐射不同温度下处理后大肠菌群数
Table 1 Count numbers of *E.coli* treated at different modes and temperatures of infrared radiation

红外加热模式	杀菌时间 (min)	大肠菌群数(MPN/g)				
		50 ℃	60 ℃	70 ℃	80 ℃	90 ℃
单板	3	15000	3400	1700	<10	<10
	4	12600	<2000	<1000	<10	<10
	5	10000	<1000	<500	<10	<10
	6	<5000	<1000	<500	<10	<10
双板	1.0	-	<100	<100	<10	<10
	1.5	-	<100	<100	<10	<10
	2.0	-	<100	<10	<10	<10

综上,催化式红外辐射对香葱表面菌落总数的杀菌效果随着杀菌时间、温度和强度增加而增加,随后趋于稳定。单板模式 50、60、70、80、90 ℃ 辐射 5 min,双板模式 60、70、80、90 ℃ 辐射 1 min,样品表面剩余菌落总数 <5 lg CFU/g,可以满足菌落总数的减菌要求。杨继红^[23]利用红外辐射结合保温处理对巴旦木进行杀菌处理,红外加热 100 s 后在 90 ℃ 保温 10 min,片球菌减少了 5.68 lg CFU/g,而在 70 ℃ 保温 60 min 仅降低 3.23 lg CFU/g。这说明红外热辐射能够在短时间内达到足够高的温度,通过干扰微生物的热适应性能得到满意的杀菌效果。

2.2 单板和双板不同温度条件下对大肠杆菌的杀菌效果

不同温度条件下大肠菌群数如表 1 所示。大肠杆菌作为一种常见的菌种,是作为评价食品污染程度的重要指标,是国际上公认的卫生监测指示菌^[24]。温度越高,强度越大,红外对大肠杆菌的杀菌效果越好。由表 1 可知,相同时间内,温度越高,大肠杆菌残存菌落数量越少。表 1 中单板 50 ℃ 条件下杀菌 3 min,大肠杆菌的菌落总数为15000 MPN/g,而 70 ℃ 条件下杀菌 3 min,大肠菌群数约降低十倍,80 ℃ 和 90 ℃ 条件下,大肠杆菌的菌落总数约缩小 1000 倍。时间对杀菌效果影响相对较小,在 60 ℃ 条件下处理 3~6 min,大肠杆菌数量均处于一个数量级。在单板 80、90 ℃ 条件下处理 3 min 可达到《无公害脱水蔬菜标准》所规定的低于100 MPN/g。双板加热条件下,催化式红外对香葱表面大肠杆菌的杀菌效果明显,60 ℃ 以上条件下处理 1 min 时香葱表面的大肠菌群数已达到《无公害脱水蔬菜标准》的规定。综上所述,单板模式下香葱温度 80、90 ℃ 杀菌 3 min,双板模式下香葱温度 60、70、80、90 ℃ 杀菌 1 min,大肠菌群 <100 MPN/g,可以满足减菌要求。

2.3 杀菌同步干燥过程研究

单板和双板两种模式下杀菌过程中香葱湿基含水率变化如图 3 所示。

由图 3 可知,在杀菌同步干燥过程中,湿基含水率随着时间的增加而减少,温度越高,湿基含水率越低。图 3(A)中,单板模式处理过程中的水分含量随着温度的变化而变化。单板加热 5 min 时,60、70、80、90 ℃ 的湿基含水率分别为 87.84%、86.82%、83.47%、74.21%。60 和 90 ℃ 水分减少量差异显著,

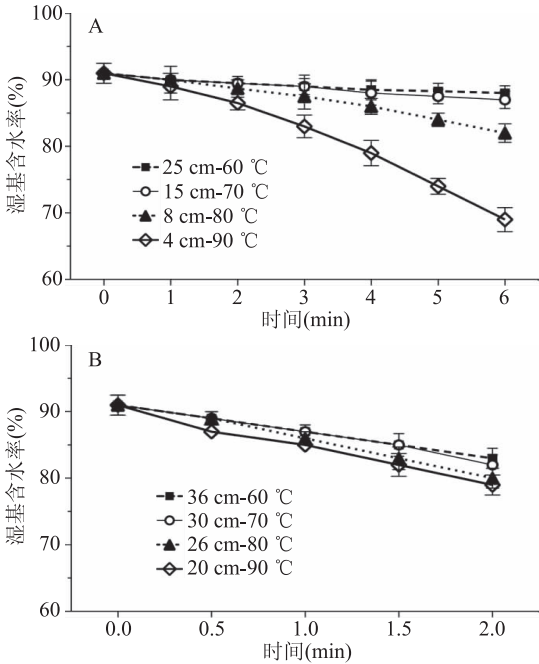


图3 单双板模式下不同距离处理后香葱含水率变化
Fig.3 Moisture content of chives treated by single- and double-plate modes of infrared at different distances

注:A:单板;B:双板。

分别为 12.16% 和 25.79%。图 3(B)中,双板模式处理过程中,60 和 70 ℃ 的干燥曲线较为一致,80 和 90 ℃ 的干燥情况相近。双板加热 1.5 min,60 和 90 ℃ 水分减少量分别为 13.48% 和 17.24%。

综上所述,使用催化式红外热辐射对香葱杀菌的同时,可以同步去除 12.16%~25.79% 的水分,节省了后续干燥时间和能耗,省去了工业中清洗次氯酸钠溶液的工艺,减少了水资源的消耗。

2.4 香葱色泽变化

催化式红外在单、双板两种模式下不同温度杀菌后香葱的色泽变化如表 2 所示。

从表 2 显示的结果看,两种模式下 *L** 随处理温度的升高而有增大的趋势,即亮度稍有增大,这是由于水分含量逐渐降低,颜色变得鲜亮,但差异不显著 ($P>0.05$);单板模式下, *a** 和 *b** 分别在 60 和 70 ℃ 处理后有显著性变化,由结果可知,红外辐射处理后,样品颜色变绿;双板模式下 *a** 和 *b** 无显著性变化。 ΔE 变化不大,感官上未出现样品发黄的现象,

表2 单双板模式处理后香葱色泽变化

Table 2 Color changes of chives with single-and double-plate modes of treatment

红外加热模式	温度(℃)	色泽变化			
		L^*	a^*	b^*	ΔE
单板	新鲜香葱	35.91 ± 0.42 ^a	-13.72 ± 0.34 ^a	19.65 ± 0.25 ^a	-
	60	37.60 ± 2.35 ^a	-18.4 ± 0.46 ^b	18.68 ± 2.38 ^a	2.38 ± 0.41 ^a
	70	40.56 ± 0.90 ^a	-14.9 ± 1.01 ^b	25.37 ± 2.06 ^b	8.03 ± 1.45 ^b
	80	43.29 ± 0.87 ^a	-16.8 ± 0.02 ^b	25.55 ± 2.88 ^b	9.95 ± 2.46 ^b
	90	37.92 ± 0.31 ^a	-16.5 ± 0.46 ^b	23.65 ± 1.02 ^b	1.18 ± 0.91 ^a
双板	新鲜香葱	32.86 ± 0.65 ^a	-14.03 ± 0.23 ^a	20.50 ± 0.46 ^a	-
	60	37.46 ± 1.09 ^a	-16.44 ± 0.52 ^a	19.66 ± 0.70 ^a	5.26 ± 1.41 ^a
	70	34.10 ± 1.72 ^a	-14.22 ± 0.42 ^a	17.38 ± 0.80 ^a	3.38 ± 1.94 ^a
	80	36.20 ± 2.10 ^a	-16.00 ± 0.40 ^a	19.70 ± 0.48 ^a	4.01 ± 2.19 ^a
	90	38.60 ± 2.15 ^a	-16.15 ± 1.60 ^a	19.43 ± 2.04 ^a	6.26 ± 3.38 ^a

注:同列数据中不同字母代表差异显著($P < 0.05$)。

表3 单双板模式处理后香葱维生素C含量变化(mg/100 g)

Table 3 Changes of vitamin C content of chives with single-and double-plate modes of treatment(mg/100 g)

红外热辐射模式	维生素C含量				
	新鲜香葱	60℃	70℃	80℃	90℃
单板	20.14 ± 0.36 ^a	16.06 ± 3.62 ^{ab}	12.95 ± 2.24 ^b	14.60 ± 3.18 ^b	13.59 ± 1.16 ^b
双板	20.14 ± 0.36 ^a	11.23 ± 1.03 ^b	9.07 ± 0.85 ^b	9.53 ± 0.65 ^b	8.20 ± 1.21 ^b

注:同行数据中不同字母代表差异显著($P < 0.05$)。

这与张鑫^[13]利用催化式红外辐射对菠菜进行杀菌的色泽结果接近,颜色变化远远低于高温蒸汽灭菌($\Delta E = 21.61$)。且本研究中经红外热辐射处理的香葱色泽更为青绿,这是由于红外辐射能够同步进行杀青,阻止过氧化物酶导致的褐变^[25-26]。综上所述,红外辐射杀菌有利于保持香葱的原色泽。

2.5 香葱维生素C含量变化

在同一模式下,温度越高,维生素C的损失率越大。维生素C的保留率为初始的40.7%~79.7%。单板70℃处理或双板60℃处理开始出现显著性降低($P < 0.05$)。单板模式杀菌后维生素C含量在12.95~16.06 mg/100 g之间,60℃香葱维生素C含量最高,为16.06 mg/100 g。双板模式杀菌后维生素C含量在8.20~11.23 mg/100 g之间。维生素C是热敏性水溶性维生素,且易随水溶液流失^[27],相较于传统的蒸汽杀菌或次氯酸钠溶液浸泡式杀菌,红外热辐射处理无需使用水等溶剂、处理温度较低、处理时间短,因此能够保留更多的维生素C。综合所得减菌效果、色泽和V_C含量可以得出,不同模式下,使香葱达到减菌要求且保持好的品质的适宜温度和时间为:单板模式下80、90℃处理3 min,双板模式下60、70、80、90℃处理1 min。

3 结论

研究了催化式红外设备在单板和双板两种模式不同温度下对香葱的杀菌效果。温度越高,强度越大,杀菌效果越好。确定了杀菌时间,单板模式50、60、70、80、90℃辐射5 min,双板模式60、70、80、90℃辐射1 min可以满足减菌要求。在单板模式下,杀菌速率在3 min时达到最大值;双板模式下,在1 min时杀菌速率达到最大值。杀菌过程中,香葱水

分含量随着杀菌时间的增加而减少,温度越高,去除的水分越快。不同温度下杀菌后可去除香葱内部12.16%~25.79%的水分。单板模式处理后样品颜色变鲜绿;双板模式处理后,颜色在感官上未出现样品发黄的现象。维生素C本身较不稳定,单板模式杀菌后维生素C含量在12.95~16.06 mg/100 g之间,双板模式杀菌后维生素C含量在8.20~11.23 mg/100 g之间。综上所述,不同模式下,使香葱达到减菌要求且保持好的品质的适宜温度和时间为:单板模式下80、90℃处理3 min,双板模式下60、70、80、90℃处理1 min。

参考文献

- [1] 尤亚林,李慧,潘思轶,等.细香葱提取物对人胃癌细胞SGC7901抑制作用[J].食品科学,2017,38(3):176-181.
- [2] 何超.葱蒜类植物对辣椒疫病发生的影响[D].扬州:扬州大学,2012.
- [3] 刘艳,张卫明,姜洪芳,等.兴化脱水香葱产品水分测定方法的探讨[J].食品工业科技,2008(1):275-277.
- [4] 赵华平.一种脱水香葱叶的加工方法:中国,CN201210493434.0[P].2013.
- [5] 张文德.蔬菜用次氯酸钠消毒产生三氯甲烷与安全性[J].预防医学情报杂志,2009,10(25):865-867.
- [6] Wu B, Ma H, Qu W, et al. Catalytic infrared and hot air dehydration of carrot slices [J]. Journal of Food Process Engineering, 2014, 37(2): 111-121.
- [7] Wu B, Pan Z, Qu W, et al. Effect of simultaneous infrared dry-blanching and dehydration on quality characteristics of carrot slices [J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 57(1): 90-98.
- [8] Gabel M M, Pan Z, Ksp A, et al. Catalytic infrared dehydration

- of onions[J]. Journal of Food Science, 2010, 71(9): E351-E357.
- [9] Wang B, Khir R, Pan Z, et al. Effective disinfection of rough rice using infrared radiation heating [J]. Journal of Food Protection, 2014, 77(9): 1538-1545.
- [10] 蒋婧, 张玉明, 全俊成, 等. 远红外辐照对大米黄曲霉孢子及其产毒能力的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(4): 75-79, 220.
- [11] Bingol G, Yang J, Brandl M T, et al. Infrared pasteurization of raw almonds [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 104(3): 387-393.
- [12] Venkitasamy C, Zhu C, Brandl M T, et al. Feasibility of using sequential infrared and hot air for almond drying and inactivation of *Enterococcus faecium*, NRRL B-2354 [J]. LWT, 2018, 95: 123-128.
- [13] 张鑫, 曲文娟, 马海乐, 等. 脱水菠菜的催化式红外辐射灭菌研究[J]. 食品科学, 2013, 34(23): 133-137.
- [14] 文家雄. 红外加热技术及其在食品杀菌中的应用研究进展[J]. 食品与机械, 2016, 32(3): 243-246.
- [15] 赵兴, 吴本刚, 马海乐, 等. 香葱催化式红外干燥特性及品质研究[J]. 现代食品科技, 2018, 34(9): 182-189.
- [16] 易志, 潘忠礼, 马海乐, 等. 食品红外辐射杀菌技术的应用与展望[J]. 食品工业, 2014, 35(10): 230-235.
- [17] 中国国家卫生和计划生育委员会. GB/T4789.2-2016 食

- 品微生物学检验-菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [18] 中国国家卫生和计划生育委员会. GB/T4789.3-2016 食品微生物学检验-大肠菌群计数[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [19] 农业部食品质量监督检验测试中心. NY5184-2002 无公害食品-脱水蔬菜标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [20] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.3-2010 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [21] Yang J, Bingol G, Pan Z, et al. Infrared pasteurization of raw almonds [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 104: 387-393.
- [22] 马宏飞, 卢生有, 韩秋菊. 紫外分光光度法测定五种果蔬中维生素 C 的含量[J]. 化学与生物工程, 2012, 29(8): 92-94.
- [23] 杨继红. 红外加热技术对大杏仁的杀菌程度及烘烤效率的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- [24] 郝江燕, 胡文忠, 冯叙桥, 等. 食品中大肠杆菌生物检测方法的研究进展[J]. 食品工业科技, 2013, 34(15): 370-375.
- [25] 吴本刚, 钱礼顺, 刘美娟, 等. 莴苣红外杀青-热风、真空脉动干燥技术研究[J]. 食品工业, 2017, 38(6): 175-179.
- [26] 吴本刚, 肖孟超, 刘美娟, 等. 催化式红外杀青对绿茶热风干燥的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(9): 126-132.
- [27] 董月菊, 张玉刚, 戴洪义. 苹果汁中维生素 C 热降解动力学研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(4): 84-89.

(上接第 197 页)

- [9] 朱南南, 孙志蓉, 曲继旭, 等. 三种石斛及其提取物的红外光谱法整体结构解析与鉴定[J]. 光谱学与光谱分析, 2018, 38(11): 3407-3413.
- [10] Chang-An Geng, Xiao-Yan Huang, Xing-Long Chen, et al. Three new anti-HBV active constituents from the traditional Chinese herb of Yin-Chen (*Artemisia scoparia*) [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2015, 176: 109-117.
- [11] Han KH, Jeon YJ, Athukorala Y, et al. A water extract of *Artemisia capillaris* prevents 2, 2'-azobis (2-amidinopropane) dihydrochloride-induced liver damage in rats [J]. Journal of Medicinal Food, 2006, 9: 342-347.
- [12] 王珊珊. 茺菑黄酮的提取、分离纯化及生物活性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2014.
- [13] 杨小慧, 石光波, 拜晓彬, 等. 文冠果落果黄酮成分分析及抑菌性评价[J]. 食品科学, 2018, 39(10): 53-58.
- [14] Kassama L S, Shi J, Mittal G S, et al. Optimization of supercritical fluid extraction of lycopene from tomato skin with central composite rotatable design model [J]. Separation & Purification Technology, 2008, 60(3): 278-284.
- [15] Han H J, Lee J S, Park S A, et al. Extraction optimization and nanoencapsulation of jujube pulp and seed for enhancing antioxidant activity. [J]. Colloids & Surfaces B Biointerfaces, 2015, 130: 93-100.
- [16] 范艳丽, 韩丽娜, 孟雪梅, 等. 枸杞叶黄酮提取物的组成及初步结构表征[J]. 食品工业科技, 2017, 38(14): 46-50.
- [17] Qiang M, Jinlan Z, Yuxin Z, et al. Analysis of isoflavonoids in *Trifolium pratense* L. by High performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry [J]. Chinese Journal of

- Analytical Chemistry, 2006, 34(9): S247-S250.
- [18] 吴颖. 凤丹白牡丹花瓣总黄酮的分离纯化及结构鉴定研究[D]. 无锡: 江南大学, 2018.
- [19] Hsu B Y, Lin S W, Inbaraj B S, et al. Simultaneous determination of phenolic acids and flavonoids in *Chenopodium forosanum* koidz. (djulis) by HPLC-DAD-ESI-MS/MS [J]. J Pharm Biomed Anal, 2017, 132: 109-116.
- [20] Yongqiang Wang, Yujie Gao, Hui Ding, et al. Subcritical ethanol extraction of flavonoids from *Moringa oleifera* leaf and evaluation of antioxidant activity [J]. Food Chemistry, 2017, 218: 152-158.
- [21] 马强, 张金兰, 周玉新, 等. 高效液相色谱-电喷雾质谱法测定红车轴草中异黄酮类化合物[J]. 分析化学, 2006(51): 247-250.
- [22] 杨洁, 陈纯, 邢建军, 等. 油菜蜂花粉中黄酮类化合物的提取与鉴定[J]. 食品科学, 2010, 31(22): 273-278.
- [23] 王宏伟, 高钧, 谭晓杰, 等. RP-HPLC 法同时测定茵陈中 5 种化学成分的含量[J]. 沈阳药科大学学报, 2009, 26(5): 379-383.
- [24] 王卫记, 罗建光, 孔令义. HPLC-ESI-MSⁿ 分析酸枣仁有效部位的化学成分 [J]. 中国中药杂志, 2009, 34(21): 2768-2773.
- [25] 左丽丽. 猕猴桃多酚的抗氧化与抗肿瘤效应研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [26] 党立志, 张翼鹏, 张健, 等. LC-MS 技术快速识别迷迭香中黄酮苷类化合物[J]. 云南农业大学学报: 自然科学版, 2017, 32(2): 358-365.