

催化式红外干法杀青同步脱水对叶菜干燥影响的研究

吴本刚¹, 刘承浩¹, 刘美娟¹, 潘忠礼^{1,2,3}, 周存山¹, 马海乐^{*1}

(1. 江苏大学 食品与生物工程学院, 江苏 镇江 212013; 2. 美国农业部西部研究中心, 美国 加州 94710; 3. 美国加州大学戴维斯分校 生物与农业工程系, 美国 戴维斯 95616)

摘要: 脱水蔬菜加工需要杀青和干燥 2 个阶段, 传统加工方法存在耗水量大、能耗高、产品品质差、污染重等缺点。采用催化式红外干法杀青同步脱水技术, 对叶菜类蔬菜(大葱、香葱、紫甘蓝、韭菜、生菜)进行加工处理, 分别对蔬菜 POD 酶活酶钝化情况、水分去除情况和干燥速率情况进行研究; 对蔬菜维生素 C 保留率和颜色等质量指标进行考察。研究表明: 5 种叶菜类蔬菜经过催化式红外杀青处理后 POD 酶活残留率稳定在 20% 左右, 达到了预期效果; 蔬菜杀青灭酶的同时, 去除部分水分, 起到干燥的作用; 得到不同蔬菜催化式红外最佳杀青工艺条件, 在此条件下得到杀青产品质量高。

关键词: 叶菜; 红外; 干法杀青; 脱水

中图分类号: TS 255 文章编号: 1673-1689(2019)12-0046-06 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.12.007

Study of Infrared Dry-Blanching and Dehydration on Leaf Vegetables

WU Bengang¹, LIU Chenghao¹, LIU Meijuan¹, PAN Zhongli^{1,2,3}, ZHOU Cunshan¹, MA Haile^{*1}

(1. School of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, 301 Xuefu Road, Zhenjiang 212013, China; 2. Processed Foods Research Unit, USDA-ARS-WRRC, 800 Buchanan St., Albany, CA 94710, USA; 3. Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California - Davis, Davis, CA 95616, USA)

Abstract: Blanching and drying are two essential processing steps of dehydrated vegetables. The conventional methods have many disadvantages of time-consuming, high energy consumption, low product quality, as well as heavy pollution to environment. This study investigated the infrared dry-blanching and dehydration on leafy vegetables. The characteristics of vegetables were determined via the measurement of peroxidase (POD) activity, the changes on Vitamin C content and leaf color. The study showed that the POD activities of five selected vegetables were reduced to about 20% of their initial activity with infrared dry-blanching. Meanwhile, infrared dry-blanching also can remove partial moisture from vegetables and retain the high quality. In addition, the optimal conditions of infrared dry-blanching on the five different vegetables were also obtained from this study.

Keywords: leaf vegetables, infrared, dry-blanching, dehydration

收稿日期: 2016-12-06

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(31801562); 江苏大学高级人才科研启动基金项目(15JDG070)。

作者简介: 吴本刚(1985—), 男, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事农产品红外加工方面研究。E-mail: wubg@ujs.edu.cn

* 通信作者: 马海乐(1963—), 男, 博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事食品物理加工方面研究。E-mail: mhl@ujs.edu.cn

引用本文: 吴本刚, 刘承浩, 刘美娟, 等. 催化式红外干法杀青同步脱水对叶菜干燥影响的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2019, 38(12): 46-51.

脱水蔬菜又被称为复水菜,是将新鲜蔬菜经过杀青、烘干等加工工艺后,脱去蔬菜中大部分水后制成的一种干菜。脱水蔬菜有效的避免了新鲜蔬菜货架期短、易腐烂的问题,延长了蔬菜货架期,扩大了蔬菜销售市场。

杀青和脱水是脱水蔬菜加工 2 个必须的步骤,分别通过钝化蔬菜内酶的活性和降低水分活度来达到延长蔬菜货架期的目的。传统杀青方法是热水漂烫,此方法易造成蔬菜营养成分的大量流失,水资源浪费严重,造成环境污染等问题^[1-3]。传统的热风干燥存在干燥时间长、生产成本低、耗能大,以及贮藏期间品质明显下降、风味较差、复水性差等问题^[4-7]。

红外技术是一项非常有前景的新型加工技术,具有耗时短,效率高等特点,并且红外加热时不需要水或者空气等传递介质,大大降低了能耗^[8]。本课题组将红外技术成功应用到果蔬的杀青处理中,取得了良好效果。并且这项技术与传统的热水漂烫杀青方法相比节约 66%~80% 的能源,大大降低了水资源利用量,同时避免了环境污染,对食品加工行业有非常重要的意义。本课题组将红外干法杀青应用拓展到胡萝卜片、苹果片、和薯条等研究中,并在工业生产中进行推广^[9-11]。前期研究发现,根茎类果蔬切片后由于形状比较规则,传质传热较稳定,能够更好的应用于红外干法杀青技术,但对叶菜类蔬菜的研究较少。

本研究中将不同叶菜为原料,对红外干法杀青同步脱水技术进行研究,分别对不同叶菜杀青过程中的酶钝化情况、水分去除情况和产品品质情况进行研究,旨在为红外杀青技术在叶菜中的应用提供工艺参数和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

原料:镇江江苏大学东风菜市场购买的新鲜蔬菜,湿基含水质量分数为 91.17% 的大葱,湿基含水质量分数为 90.02% 的香葱,湿基含水质量分数为 92.98% 的紫甘蓝,湿基含水质量分数为 92.38% 的韭菜,湿基含水质量分数为 96.32% 的生菜,所有试验为同一批次新鲜蔬菜试验一个月之内完成。

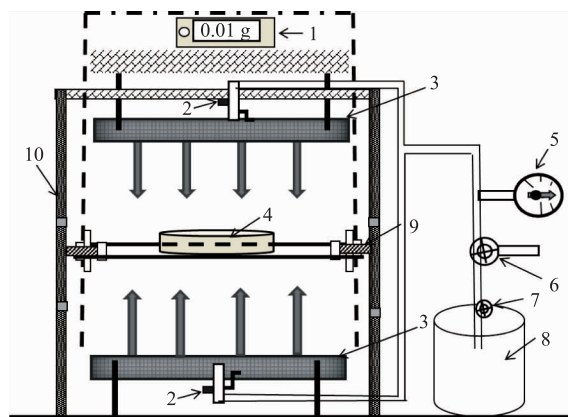
试剂:PH 为 5.5 的 0.1 mol/L 的醋酸-醋酸钠缓冲溶液,购于国药集团;MBTH 溶液,购于阿达玛

斯试剂有限公司;愈创木酚,购于国药集团;质量分数为 30% 过氧化氢溶液,碳酸钠溶液,草酸溶液,2,6-二氯酚靛酚溶液等,以上试剂均为分析纯,购于国药集团。

1.2 试验仪器与设备

TM350+ 型手持式红外测温仪, Tecmen 电子有限公司产品;BAS2202S 型天平, Sartorius 公司产品;HunterLab 分光测色仪, Hunter Associates Laboratory 公司产品;HH-S2 数显恒温水浴锅, 金坛市医疗仪器厂制造;101A-3 型电热鼓风干燥箱, 上海实验仪器厂有限公司产品。

催化式红外干燥机(图 1):催化式红外杀青干燥设备由上下 2 块催化式红外发生器 (30 cm×60 cm) 和干燥室(100 cm×100 cm×60 cm) 组成。催化式红外发生器先通过电元件进行预热 15 min, 然后通过气体控制阀通入天然气或液化气。当设备达到预定温度后, 将样品放在铁丝网制成的样品盘(直径 20 cm) 中, 置于 2 个红外发生器正中间。干燥过程中样品质量通过天平在线实时记录, 红外发生器表面温度为 (385±12) °C。红外强度由样品盘中间向外逐渐下降。



1-天平;2-气体释放按钮;3-催化式红外发生器;4-样品盘;5-压力表;6-压力控制阀;7-气体释放开关;8-液化气;9-距离调整螺钉;10-干燥室

图 1 催化式红外干燥机

Fig. 1 Main parts of CIR blancher/dehydrator

1.3 试验方法

杀青试验方法见表 1, 通过预试验确定各个杀青时间点, 并用热水漂烫作对比。

杀青处理完后立即放入塑封袋内, 测杀青后酶活、颜色和维生素 C 指标, 杀青过程中实时记录样品转量变化情况, 用作水分数据处理。

表 1 杀青试验方法

Table 1 Blanching methods of vegetables

原料	杀青方式
大葱	热水漂烫 60 s, 红外杀青 20、40、60、80、100 s
香葱	热水漂烫 60 s, 红外杀青 20、40、60、80、100 s
紫甘蓝	热水漂烫 60 s, 红外杀青 20、40、60、80、100 s
韭菜	热水漂烫 60 s, 红外杀青 20、40、60、80、100 s
生菜	热水漂烫 60 s, 红外杀青 10、20、30、40、50 s

1.4 测定指标

1.4.1 过氧化物酶的测定方法 样品的制浆^[12]:将杀青后样品与蒸馏水以质量比为 1:8 的比例放入制浆机中进行制浆,然后混合浆液通过棉纱布进行过滤,在离心机中以 11 000 r/min 的速度,4 ℃条件离心 20 min,取上清液用来进行 POD 酶活的检测。

POD 酶活测定^[13]:在 10 mL 的试管中加入下列溶液,先加入 4 mL 愈创木酚溶液,再加入待测上清酶液(大葱 50 μ L,香葱 50 μ L,紫甘蓝 25 μ L,韭菜 30 μ L,生菜 50 μ L),5 min 后加入 0.5 mL MBTH 溶液,再加入现配现用 H_2O_2 的溶液 0.5 mL,随后转移至 4 mL 的比色皿中做 2 组平行试验。应用分光光度计在 500 nm 的波长下记录吸光值,每 30 s 记录一次,共计 2 min。1 个单位 PPO 活性被定义为每分钟吸光值增加 0.001。POD 活性以干基质量为基准进行比较。

相对残留活性计算表达式如下:

$$\text{相对残留活性} = (A_t/A_0) \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中: A_t 是 t 时刻的样品酶活, A_0 是初始酶活。

1.4.2 水分测定方法 样品的初始水分质量分数通过 70 ℃真空烘箱法干燥 24 h 测定得出(AOAC)^[14]。干燥过程中样品水分质量分数由测得的质量损失和初始质量计算得出。

1.4.3 维生素 C 测定方法 样品维生素 C 测定采用 AOAC,2,6-二氯酚靛酚标准滴定法测定^[14],并以干基质量为基准进行比较。以新鲜样品维生素 C 质量分数值为对照,处理后样品以百分比计算。维生素 C 保留率计算公式如下:

$$\text{维生素 C 保留率} = (V_t/V_0) \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中, V_t 表示处理后样品维生素 C 质量分数值(mg/g 干物质), V_0 为新鲜样品的维生素 C 质量分数值(mg/g 干物质)。

1.4.4 颜色测定方法 样品颜色采用色差仪对样

品进行颜色试验测定。试验在室温 24 ℃下进行,试验时,光源选取镜面全反射光源。试验时选取样品的 L^* , a^* 和 b^* 值作为各种蔬菜的颜色值。对于不同条件处理的样品,所有试验重复 3 次。

2 结果与讨论

2.1 催化式红外干法杀青同步脱水情况

催化式红外杀青对 5 种叶菜 POD 酶活残留率和水脱水率如图 2 所示。5 种叶菜催化式红外杀青处理后 POD 酶活残留率为 10%~30%之间;5 种叶菜经 60 s 热水漂烫处理后 POD 酶活残留率为 10%左右。5 种叶菜随着处理时间的延长,POD 残留率基本呈现线性下降的关系,红外处理时间越长,灭酶效果越好。例如,大葱在红外处理 20 s 时,酶活残留率为 53.79%,处理 40 s 时,残留率为 40.52%,处理 80 s 时,酶活为 23.74%,之后变化很小。红外处理 100 s 时少量大葱叶出现焦糊现象。其他几种叶菜基本呈现相类似的规律。所以选择合适的红外处理时间,可达到 5 种叶菜 POD 酶灭活,起到杀青的效果。5 种叶菜的最佳处理时间分别为:大葱 80~100 s、香葱 80~100 s、韭菜 80~100 s、紫甘蓝 100~150 s、生菜 40~50 s。

5 种叶菜催化式红外杀青处理后脱水率如图 2 所示。红外杀青处理过程中,5 种不同蔬菜均有不同程度的水分去除,其中经 80 s 左右的红外杀青后,大葱、香葱和韭菜水分去除效果较好,均有 70%以上的水分去除。而经 150 s 和 40 s 的红外杀青后,紫甘蓝和生菜的脱水率分别在 50%和 30%左右。生菜脱水率少的原因是杀青时间较短,40 s 杀青就可钝化 POD 酶活。紫甘蓝经 150 s 杀青后水分去除较少,主要是由于叶片厚度不均匀,造成水分分布不均匀造成部分叶片出现焦糊,而部分水分质量分数还很高的现象。

因此,5 种蔬菜经 40~150s 的催化式红外杀青处理后 POD 酶活残留率稳定在 20%左右,与工业化标准基本符合,达到了预期效果。在杀青同时能够去除部分水分,起到干燥的效果。大葱、香葱和韭菜等叶片厚度均匀的蔬菜水分去除效果更好。综合酶活残留、脱水情况和叶菜表面焦糊现象,得到催化式红外杀青最佳时间分别为:大葱、香葱、紫甘蓝、韭菜、生菜分别为 80、80、150、80、40 s。

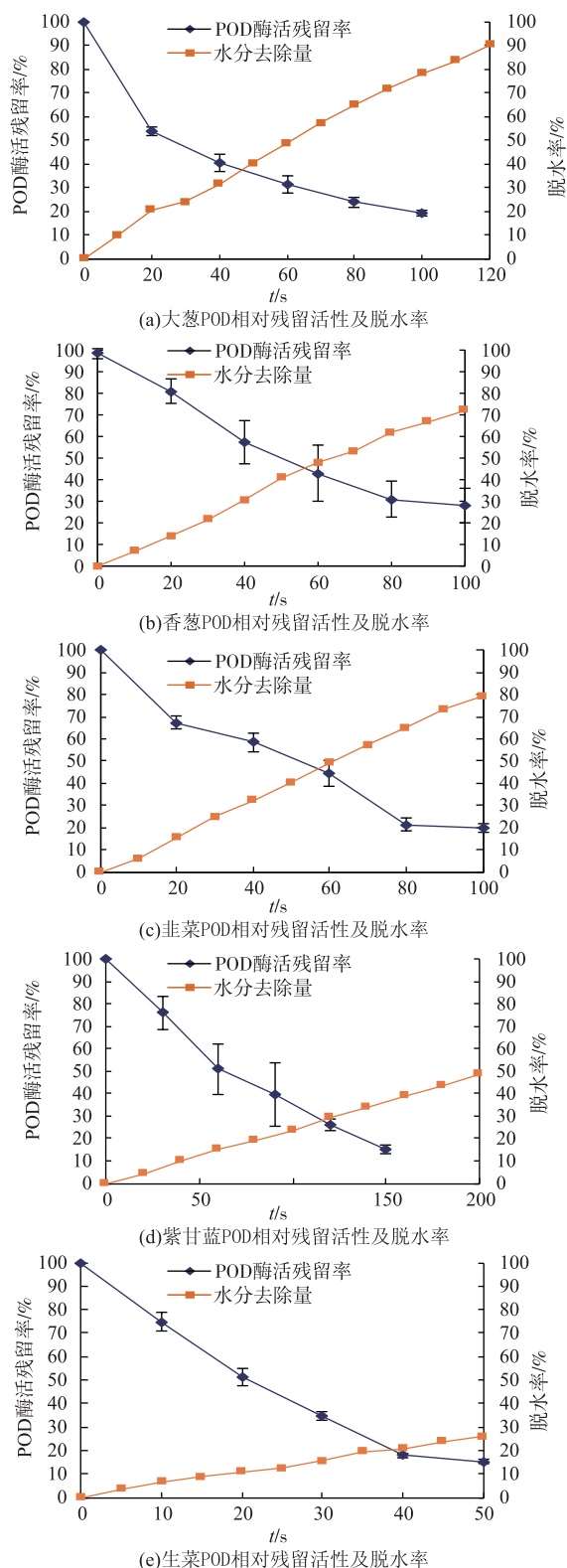
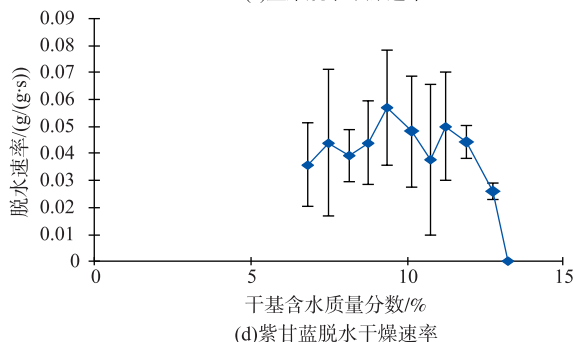
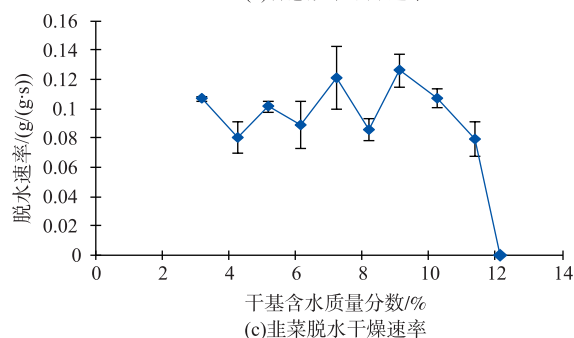
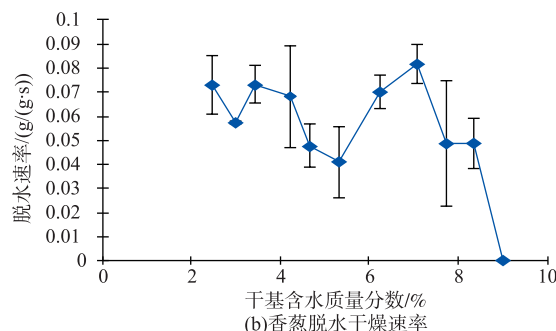
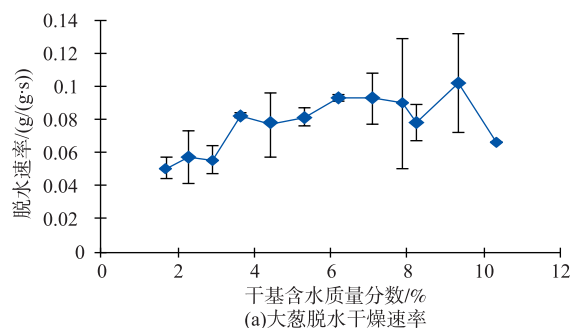


图2 催化式红外杀青对5种叶菜POD相对残留活性及脱水率情况

Fig. 2 Residual POD activities and moisture reduction of leaf vegetables under different infrared blanching times

红外干法杀青同步脱水中,5种叶菜干燥速率变化曲线如图3所示。初始阶段,随着温度升高,5种叶菜干燥速率迅速增大并到最大值,随着干燥时间的延长,干燥速率又以平缓的变化减小,直到杀青终点。干燥速率达到最高后开始变小的原因,主要是由于叶菜的水分由内部向外部扩散时受到约束。整个变化过程中,水分变化速率相对稳定。5种蔬菜干燥速率变化规律基本一致,由于初始水分质量分数和杀青时间不同,干燥速率大小值有一定的差异。



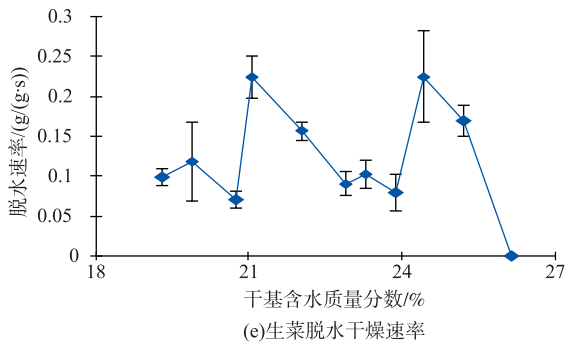


图 3 5 种叶菜脱水干燥速率
Fig. 3 Drying rates of leaf vegetables at different moisture contents under infrared blanching

2.2 催化式红外干法杀青产品品质变化情况

新鲜蔬菜、红外杀青和热水漂烫杀青后蔬菜维生素 C 质量分数如表 2 所示。5 种蔬菜红外干法杀青得到产品维生素 C 保留率均高于热水漂烫所得。如新鲜大葱维生素 C 质量分数为 0.788 mg/g 干物质，红外杀青后大葱质量分数为 0.640 mg/g 干物质，而热水漂烫后大葱维生素 C 质量分数为 0.415 mg/g 干物质。由此得出大葱在红外杀青处理后营养成分保持良好。主要是由于红外杀青没有水的参与，较热水漂烫而言，能够更好的保留水溶性营养成分。新鲜蔬菜、红外杀青和热水漂烫杀青后蔬菜颜

表 2 蔬菜不同方法杀青后维生素 C 保留率

Table 2 Vitamin C content of leaf vegetables under different blanching methods

	Vc/(mg/g 干物质)				
	大葱	香葱	紫甘蓝	韭菜	生菜
新鲜	0.788±0.031	1.447±0.005	1.402±0.008	1.112±0.011	2.488±0.021
红外杀青	0.640±0.002	1.021±0.006	0.893±0.010	0.706±0.007	1.825±0.021
热水漂烫	0.415±0.004	0.423±0.009	0.602±0.006	0.438±0.011	1.097±0.010

色变化值如表 3 所示。不同蔬菜经红外杀青和热水漂烫后颜色值变化相关性不明显， L^* 、 a^* 和 b^* 均有变大，有变小。 ΔE 值与 2 种杀青方法也无明显相关

性，但颜色均在可控范围内，无焦糊现象，感官品质完好，红外杀青后蔬菜颜色保持完好。

表 3 蔬菜不同方法杀青后颜色变化情况

Table 3 Color change of leaf vegetables under different blanching methods

颜色值		L 值	a 值	b 值	ΔE 值
大葱	新鲜	91.02±2.57	-1.45±0.23	6.04±1.17	
	红外杀青	93.48±3.17	-1.76±0.25	6.01±2.26	3.17±0.63
	热水漂烫	87.05±2.85	-1.76±0.22	5.09±0.57	4.09±0.51
香葱	新鲜	44.61±1.45	-8.85±0.43	16.18±1.3	
	红外杀青	43.32±1.43	-11.63±1.04	17.35±1.08	4.58±0.56
	热水漂烫	38.85±0.67	-13.17±0.61	18.88±0.71	2.56±0.93
紫甘蓝	新鲜	44.24±2.53	10.02±1.51	-5.9±1.53	
	红外杀青	55.02±2.04	7.72±0.5	-6.47±1.71	8.53±1.27
	热水漂烫	48.88±1.99	6.13±1.92	-9.08±1.8	6.46±0.65
韭菜	新鲜	50.07±1.1	-3.86±0.13	7.08±0.09	
	红外杀青	45.26±1.23	-5.86±0.69	9.46±0.43	8.35±1.25
	热水漂烫	43.43±1.06	-10.76±0.41	14.03±0.48	12.41±1.16
生菜	新鲜	69.59±2.55	-7.64±0.45	26.62±2.2	
	红外杀青	54.69±1.23	-2.25±0.51	12.68±1.67	20.53±3.44
	热水漂烫	48.26±3.63	-6.06±1.69	15.06±2.2	25.48±5.43

3 结 语

催化式红外干法杀青技术能够很好的应用到叶菜类蔬菜杀青干燥中。5种蔬菜经过40~150 s催化式红外杀青处理后 POD 酶活残留率稳定在20%左右,与工业化标准符合,达到了预期效果。

红外杀青同时去除蔬菜部分水分,起到干燥的

效果。大葱、香葱和韭菜等叶片厚度均匀的蔬菜水分去除效果更好。得到了催化式红外最佳杀青时间分别为:大葱、香葱、紫甘蓝、韭菜、生菜分别为80、80、150、80、40 s。

5种蔬菜红外干法杀青后,维生素C保留率显著高于热水漂烫杀青产品,颜色变化与热水漂烫杀青无明显差异。

参考文献:

- [1] GU Gongping, ZHANG Weiming, SHI Jinsong, et al. Study on blanching of the immediately-edible dehydrated vegetables[J]. **Chinese Wild Plant Resources**, 2003, 22(2): 26-30. (in Chinese)
- [2] WU Yuanyuan, MENG Zhe, LIU Hongyun, et al. Effects of blanching process on nutritional components in vegetables[J]. **Physical Testing and Chemical Analysis(Part B: Chemical Analysis)**, 2008, 44(4): 366-368. (in Chinese)
- [3] BOMBEN J L. Effluent generation, energy use and cost of blanching[J]. **Journal of Food Process Engineering**, 1977, 1(4): 329-341.
- [4] ZHANG Min, ZHANG Peng. Progress of new food drying technology[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2006, 25(2): 115-119. (in Chinese)
- [5] RAHMAN M S, PERERA C O. Drying and food preservation[M]. In Handbook of food preservation, edited by Rahman M S: Marcel Dekker, Inc, 1999.
- [6] SUN Xiaojing, LIU Jun, ZOU Yuxiao, et al. Research progress in the quality change of dehydrated vegetables in processing[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2014, 20(35): 388-392. (in Chinese)
- [7] ZHANG Jingfang, CHEN Jinping. The effect of blanching and drying methods on chemical compositions in leafy vegetables[J]. **Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica**, 2002, 22(2): 416-420. (in Chinese)
- [8] WANG Hongcai, ZHANG Min, WANG Zhaojin. Research on the techniques for infrared drying of shiitake mushroom[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2013, 32(7): 698-705. (in Chinese)
- [9] PAN Zhongli, MCHUGH T H. Novel infrared dry blanching (IDB), infrared blanching, and infrared drying technologies for food processing: In V.S. 20060034981[P]. 2006-02-16.
- [10] ZHU Y, PAN Z. Processing and quality characteristics of apple slices under simultaneous infrared dry-blanching and dehydration with continuous heating[J]. **Journal of Food Engineering**, 2009, 90(4): 441-452.
- [11] 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.
- [12] ANTHON G E, BARRETT D M. Kinetic parameters for the thermal inactivation of quality-related enzymes in carrots and potatoes[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2002, 50(14): 4119-4125.
- [13] SETTI L, SCALI S, ANGELI I D, et al. Horseradish peroxidase-catalyzed oxidative coupling of 3-methyl-2-benzothiazolinone hydrazone and methoxyphenols[J]. **Enzyme and Microbial Technology**, 1998, 22(8): 656-661.
- [14] AOAC(Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis, 17th ed. Washington, DC, USA, 2000.