

影响脱水香葱色泽稳定的因素分析

陈学玲, 张莉会, 范传会, 梅新, 施建斌, 蔡沙, 隋勇, 何建军

(湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所, 湖北武汉 430064)

摘要: 本文以冷冻干燥和热风干燥加工的脱水香葱为研究对象, 研究了脱水方式、光照和贮藏温度对脱水香葱的叶绿素含量、色度、过氧化物酶、叶绿素酶、脱镁螯合酶的影响规律, 探究影响脱水香葱色泽稳定的因素。结果表明, 与热风干燥香葱相比, 冻干香葱的叶绿素含量、a*值分别是其 1.59 倍、84.81%。贮藏 28 d 时, 与光照相比, 避光香葱的叶绿素含量高出 14.3%, a*值和 ΔE 值分别低于其 13.13%、10.86%, 过氧化物酶、叶绿素酶及脱镁螯合酶的活性更低。贮藏 28 d 时, 与 37 °C 相比, 4 °C 贮藏的香葱叶绿素含量高出 37.95%, a*值低于其 34.53%, 过氧化物酶活、叶绿素酶活及脱镁螯合酶活分别是其 75.20%、66.86%、57.89%。脱水方式、光照和贮藏温度是影响脱水香葱色泽稳定的重要因素。冻干加工、4 °C 贮藏、避光等因素均显著缓解了脱水香葱的叶绿素降解, 抑制了过氧化物酶、叶绿素酶、脱镁螯合酶活性的上升, 从而有效地维持了脱水香葱的绿色。因此, 冻干加工的脱水香葱于低温下避光贮藏, 将有效地维持脱水香葱色泽的稳定性, 此为其品质保持提供理论依据。

关键词: 脱水香葱; 色泽稳定性; 温度; 光照

文章编号: 1673-9078(2020)09-142-147

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.9.0249

Analysis of Factors Affecting the Color Stability of Dehydrated Chive

CHEN Xue-ling, ZHANG Li-hui, FAN Chuan-hui, MEI Xin, SHI Jian-bin, CAI Sha, SUI Yong, HE Jian-jun

(Institute for Farm Products Processing and Nuclear-agricultural Technology, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China)

Abstract: The effects of dehydration methods, light and temperature on the chlorophyll content, chroma, peroxidase, chlorophyll enzyme and magnesium chelate enzyme of dehydrated chive were studied to explore the factors affecting the color stability of dehydrated chive. The results showed that the chlorophyll content and a * value of freeze-dried chives were 1.59 times and 84.81% of those of hot-air-dried chives, respectively. When stored in dark for 28 d, the content of chlorophyll increased by 14.3%, the a * and ΔE values decreased by 13.13% and 10.86%, respectively, and the activities of peroxidase, chlorophyllase and Mg-dechelatae were remarkably decreased, compared with the chives stored in natural light. When stored at 4 °C for 28 d, compared with at 37 °C, the chlorophyll content of dehydrated chive increased by 37.95%, the a * value decreased by 34.53%, and the activities of peroxidase, chlorophyll enzyme and Mg-dechelatae were down to 75.20%, 66.86% and 57.89%, respectively. Dehydration method, light and storage temperature are the important factors affecting the color stability of dehydrated chive. Freeze drying, storage at 4 °C and in dark all significantly alleviated the degradation of chlorophyll, inhibited the activities of peroxidase, chlorophyll enzyme and Mg-dechelatae, and effectively maintained the green of dehydrated chive. Therefore, the color stability of dehydrated chive will be effectively maintained when they are processed by freeze-dried and stored in low temperature and dark, which provides a theoretical basis for their quality maintenance.

Key words: dehydrated chive; color stability; temperature; light

引文格式:

陈学玲,张莉会,范传会,等.影响脱水香葱色泽稳定的因素分析[J].现代食品科技,2020,36(9):142-147

CHEN Xue-ling, ZHANG Li-hui, FAN Chuan-hui, et al. Analysis of factors affecting the color stability of dehydrated chive [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(9): 142-147

香葱, 又称细香葱, 百合科、葱属植物, 味清香、微辣, 主要在食物烹饪和食品加工中用于调味。香葱

收稿日期: 2020-03-17

基金项目: 湖北省农业科技创新中心项目 (2019-620-000-001-25)

作者简介: 陈学玲 (1979-), 女, 副研究员, 研究方向: 果蔬贮藏与加工

通讯作者: 何建军 (1963-), 男, 研究员, 研究方向: 农产品贮藏与加工

采收后以鲜销和脱水加工为主。脱水香葱具有质量小、体积小、无需冷藏、无添加防腐剂、便于贮藏和运输等特点, 深受消费者喜爱, 在国内外市场的需求日益增加。

脱水香葱的加工方式主要包括真空冷冻干燥 (以下简称冻干)、热风干燥、真空干燥和红外干燥等。戴

飞等^[1]研究了香葱的冻干脱水工艺；张文成等^[2,3]研究了脱水香葱的护绿处理技术，分析了热风干燥与冻干对香葱挥发性成分影响；代小梅等^[4,5]筛选了脱水之前新鲜香葱的杀菌剂，并对比研究了热风干燥和真空干燥对香葱品质的影响；赵兴^[6]和王蓓等^[7,8]研究了红外干燥对香葱产品品质的影响及其杀菌效果；浦浩亮等^[9]研究了脱水香葱在不同水分活度下贮藏品质的变化规律。综上所述，目前针对脱水香葱的相关研究，主要集中在干燥方式、干燥工艺、产品品质、前处理、杀菌等方面。关于脱水香葱在贮藏期间颜色变化规律、色泽稳定影响因素及其控制技术方面，尚缺乏系统的研究。

绿色是脱水香葱重要的质量指标之一。香葱中的主要色素物质是叶绿素，叶绿素不稳定，在贮藏和加工过程中容易褪色或变色^[10-15]，影响脱水香葱的品质，从而降低其商品价值。本实验采用热风干燥和真空冷冻干燥等2种脱水方式对香葱进行加工，分别在不同的光照和温度条件下贮藏，定期测定脱水香葱的叶绿素含量、色度、过氧化物酶、叶绿素酶、脱镁螯合酶活性等指标，分析影响脱水香葱色泽稳定的因素，以期对脱水香葱颜色控制技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 原料

香葱，市售。

1.2 主要仪器设备

Delta 1-24 真空冷冻干燥机，德国 Christ 公司；DHG-9123A 电热恒温鼓风干燥箱，上海精宏实验设备有限公司；UV1100 紫外可见分光光度计，北京莱伯泰科仪器股份有限公司；CS-580B 分光测色仪，杭州彩谱科技有限公司。

1.3 脱水工艺

新鲜香葱→清洗→切除葱白、黄叶→将表面水沥干→切成段（长度5mm）→干燥→脱水香葱→充N₂包装→贮藏→检测

真空冷冻干燥参数：升华干燥-10℃，121 Pa，2 h；解吸干燥20℃，77 Pa，3 h。

热风干燥参数：75℃，4 h。

贮藏：将冻干香葱分别置于避光（37℃）和自然光（37℃）贮藏；热风干燥香葱分别置于4℃（自然光）和37℃（自然光）贮藏，详见表1。每7d测一次指标。处理组1和处理组2，简称冻干组；处理组3和处理组4，简称热风干燥组。

表1 脱水香葱贮藏条件

Table 1 Storage parameters of dehydrated chive

处理组	1	2	3	4
脱水方式	冻干	冻干	热风干燥	热风干燥
贮藏温度	37℃	37℃	4℃	37℃
光照条件	避光	自然光	自然光	自然光

1.4 指标测定与方法

叶绿素含量的测定，参照测定曹健康等^[16]的分光光度法；色度采用分光测色仪测定；过氧化氢酶活性参照曹健康等^[16]的方法；叶绿素酶和脱镁螯合酶活性测定参照 Minguez-Mosquera 等^[17]的方法。每7d取样，测定各指标，平行测定3次。

1.5 数据分析

采用 Excel 处理数据，采用 Origin 8.6 作图。

2 结果与讨论

2.1 贮藏期间脱水香葱的叶绿素含量变化

叶绿素是绿色蔬菜的主要色素物质，是不稳定的非水溶性色素物质，在受热、光照、酸、碱及酶等因素的影响下会发生化学反应，生成叶绿醇、叶绿酸等物质而变色。绿色是香葱重要的特征之一，决定其脱水制品的质量，影响消费者的接受度。图1为贮藏期间脱水香葱叶绿素含量的变化情况。

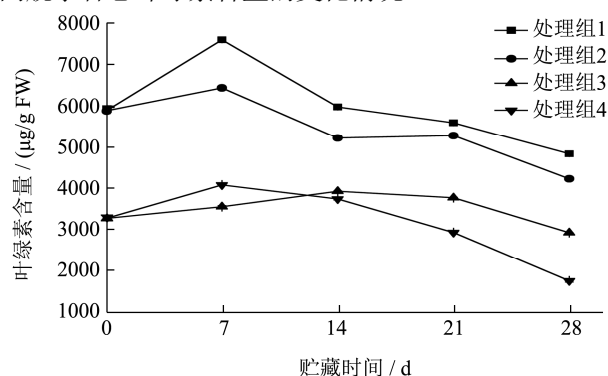


图1 贮藏期间脱水香葱叶绿素含量的变化

Fig.1 Changes of chlorophyll content in dehydrated chive during storage

由图1可知，在贮藏期间，4个处理组的叶绿素含量均呈先上升后下降趋势。贮藏0d，冻干组香葱的叶绿素含量是热风干燥组的1.59倍，且在贮藏期间均显著高于热风干燥组（ $p < 0.05$ ）。在冻干过程中，物料中的水以气体状态逐渐向外移出，不易破坏组织结构，色素物质和营养物质损失较少。同时，由于温度低、氧气少，冻干产品产生酶褐变和非酶褐变的程度都很

低。而热风干燥温度较高，引起了细胞结构的破坏，使得原本相互分离的酶与底物接触进而发生反应，加速了叶绿素的降解^[18]。在秋葵超微粉的研究中，冻干秋葵的叶绿素含量显著高于热风干燥的^[19]。

处理组 1 和 2 为冻干香葱，分别于避光和自然光条件下贮藏。在贮藏期间，处理组 1 的叶绿素含量均显著高于处理组 2 ($p < 0.05$)。贮藏 28 d 时，处理组 1 的叶绿素含量高达 4859.89 $\mu\text{g/g}$ ，比处理组 2 的叶绿素含量高出 14.30%。由此可见，避光处理能有效延缓脱水香葱叶绿素的降解，这与张婷婷等^[20]研究结论相似。

处理组 3 和 4 为热风干燥香葱，分别于 4 $^{\circ}\text{C}$ 和 37 $^{\circ}\text{C}$ 条件下贮藏。贮藏 14~28 d，处理组 3 的叶绿素含量高于处理组 4，且两组间差值呈增大趋势。贮藏 28 d 时，处理组 3 的叶绿素含量高达 3833.61 $\mu\text{g/g}$ ，比处理组 4 的叶绿素含量高出 37.95%。可见，贮藏温度对脱水香葱的叶绿素降解影响较大。有研究表明，低温贮藏可有效减缓抹茶叶绿素的降解^[21]，5 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏有效地维持芦笋汁绿色的稳定性^[22]。

2.2 贮藏期间脱水香葱色泽的变化

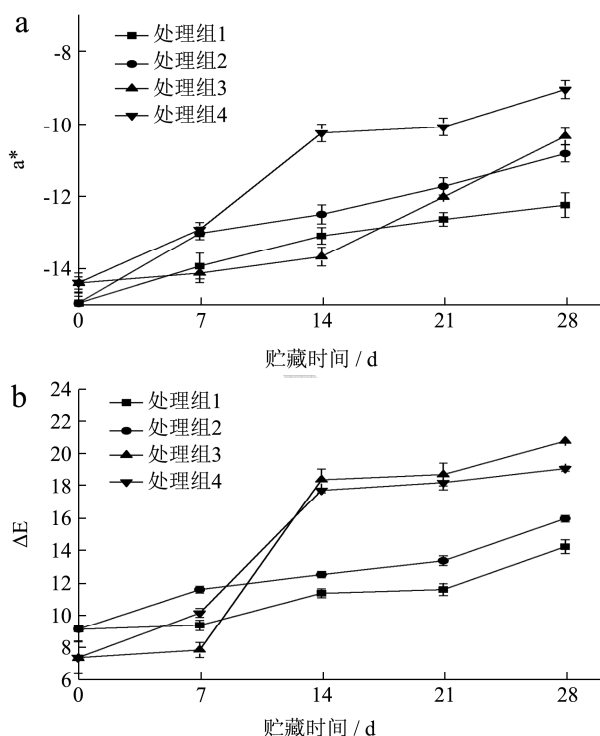


图 2 贮藏期间脱水香葱色泽的变化

Fig.2 Changes of color in dehydrated chive during storage

a* 值代表红-绿色，其值越小表明越绿，也是评价样品绿色程度的一个重要指标。由图 2a 可知，随着贮藏时间的延长，4 个处理组 a* 值均呈逐渐增大的趋势，即绿色程度逐渐减弱。贮藏 0 d 时，处理组 1 和 2 的

a* 值显著低于其他 2 组 ($p < 0.05$)，即冻干组的绿色强于热风干燥组。与热风干燥相比，冻干可以有效地保持良好的色泽、质地和气味等感官指标，这与干燥环境是真空，可避免物料在干燥过程中与因空气接触而发生褐变有关^[23]。与贮藏 0 d 相比，贮藏 28 d 时，处理组 3 和 4 的 a* 值分别上升了 9.00%、32.60%，可知 4 $^{\circ}\text{C}$ 组的绿色保持优于 37 $^{\circ}\text{C}$ 组；处理组 1 和 2 的 a* 值分别由 -14.94 上升至 -12.23、-10.81，即避光的比光照的低 13.13%，可见避光贮藏利于保持绿色。

ΔE 值越小表明干燥后的样品与新鲜样品的颜色越接近，色差越小，色泽越好^[24]。图 2b 为贮藏期间脱水香葱 ΔE 值的变化。通过比较发现，贮藏第 28 d 时，处理组 1 和处理组 2 的总色度变化值 ΔE 分别为 14.27、16.01，即避光的比光照的低 10.86%；处理组 3 的 ΔE 与处理组 4 的差异显著。

有研究表明，光、热、酸等会加速叶绿素变为脱镁叶绿素，使绿色蔬菜逐渐失去原有的色泽^[20-22]。在本实验中，冻干、低温和避光贮藏均能有效降低脱水香葱绿色的损失。

2.3 贮藏期间脱水香葱过氧化物酶活性的变化

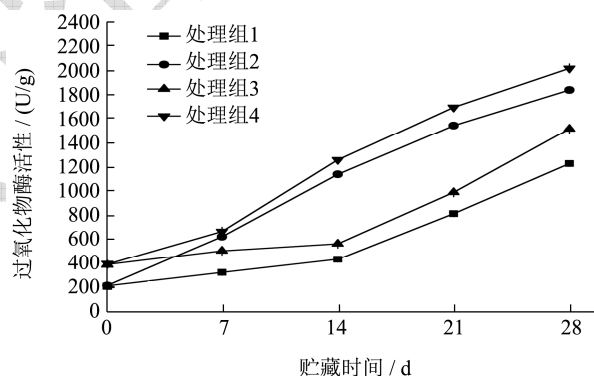


图 3 贮藏期间脱水香葱过氧化物酶活性的变化

Fig.3 Changes of POD activity in dehydrated chive during storage

过氧化物酶 (POD) 能催化酚类、类黄酮及抗坏血酸的氧化或聚合，参与酚类物质代谢，加速果蔬衰老，与果蔬组织褐变密切相关^[25]。由图 3 可知，在贮藏过程中 4 组脱水香葱的 POD 酶活均呈上升趋势。贮藏 0 d，冻干组的 POD 酶活为 210.09 U/g，显著低于热风干燥组 (385.48 U/g)。随着贮藏时间延长，处理组 1 的 POD 酶活一直显著低于处理组 2；处理组 3 的一直显著低于处理组 4。贮藏 28 d 时，处理组 1 的 POD 酶活是处理组 2 的 66.70%，处理组 3 的 POD 酶活是处理组 4 的 75.20%。由此可见，冻干、低温和避光均能有效抑制脱水香葱的 POD 活性。有研究指出，POD 与叶绿素的降解、活性氧的产生过程相关，而且

可以引起膜脂过氧化, 出现伤害效应^[26]。本实验中, 脱水香葱的叶绿素含量变化、色泽变化与 POD 活性同样具有相关性。

2.4 贮藏期间脱水香葱叶绿素酶活性的变化

植物体内的叶绿素在叶绿素酶作用下, 分别脱去植基, 生成具有环状结构的脱镁叶绿酸 a, 之后在氧化还原酶及丙二酸单酰转移酶作用下最终变为无色、无荧光的物质, 而叶绿素酶在此阶段中起关键性作用^[27,28]。

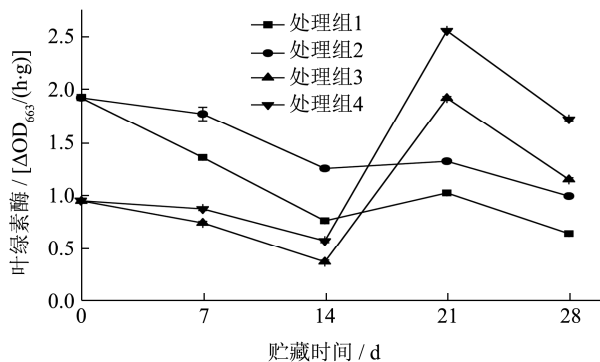


图4 贮藏期间脱水香葱叶绿素酶活性的变化

Fig.4 Changes of chlorophyll activities of dehydrated chive during storage

由图4可知, 随着贮藏时间的延长, 冻干组脱水香葱的叶绿素酶活性呈整体下降趋势, 热风干燥组的叶绿素酶活性均呈“下降-上升-下降”的趋势, 可见冻干加工减缓了脱水香葱叶绿素的降解。

贮藏 0 d 时, 冻干组的叶绿素酶活为 1.93 $\Delta\text{OD}_{663}/(\text{h}\cdot\text{g})$, 为热风组的 202.10%, 且贮藏 0~14 d 时, 冻干组的叶绿素酶活性始终高于热风干燥组, 这是由于 75 °C 热风使得叶绿素酶部分失活。贮藏 14~28 d 时, 冻干组的叶绿素酶活性反而低于热风干燥组, 其中机理有待进一步研究。

在整个贮藏期间, 处理组 1 的叶绿素酶活性始终低于处理组 2, 处理组 3 的叶绿素酶活性始终低于处理组 4; 贮藏 28 d 时, 处理组 1 的叶绿素酶活是处理组 2 的 84.85%, 处理组 3 的叶绿素酶活是处理组 4 的 66.86%。可见避光、低温抑制了脱水香葱的叶绿素酶活性, 有利于减缓脱水香葱叶绿素的降解。

2.5 贮藏期间脱水香葱脱镁螯合酶活性的变化

在叶绿素酶降解过程中, 脱镁螯合酶催化脱植基叶绿素脱去中心的镁原子形成脱镁叶绿酸。前人研究表明脱镁螯合酶是具有潜伏性的叶绿素降解酶, 但在叶绿素降解中的作用机理还不十分清楚^[29]。

由图5可知, 随着贮藏时间的延长, 处理组 1 脱

水香葱的脱镁螯合酶活性呈“上升-下降”趋势, 而其它 3 组均呈“下降-上升-下降”的趋势, 表现出与叶绿素酶活性不同的变化趋势。有研究发现, 冷藏过程中, 软枣猕猴桃的叶绿素酶活性的变化趋势与脱镁螯合酶活性的有差异^[30]。

贮藏 0 d 时, 冻干组的脱镁螯合酶活为 1.17 $\Delta\text{OD}_{686}/(\text{h}\cdot\text{g})$, 为热风组的 121.87%, 这与图4叶绿素酶的结果一致, 这是由于 75 °C 热风使得脱镁螯合酶部分失活。

贮藏 7 d 时, 处理组 1 的酶活性达到最高 1.36 $\Delta\text{OD}_{686}/(\text{h}\cdot\text{g})$ 。处理组 2 和 4 均于第 14 d 时酶活达到最高, 分别为 1.27 $\Delta\text{OD}_{686}/(\text{h}\cdot\text{g})$ 、1.12 $\Delta\text{OD}_{686}/(\text{h}\cdot\text{g})$ 。处理组 3 于第 21 d 时酶活达到最高, 为 0.78 $\Delta\text{OD}_{686}/(\text{h}\cdot\text{g})$ 。对猕猴桃冷藏的研究发现, 冷藏 30 d 时脱镁螯合酶活性最高^[29]。

贮藏 28 d 时, 处理组 1 的脱镁螯合酶活是处理组 2 的 70.83%, 处理组 3 的叶绿素酶活是处理组 4 的 57.89%。可见避光、低温抑制了脱水香葱的脱镁螯合酶活性。

上述结果表明, 脱水香葱的脱镁螯合酶变化趋势与脱水方式、光照、贮藏温度均有关联, 推测三者可能影响了脱镁螯合酶在叶绿素降解过程中的调控或催化作用。

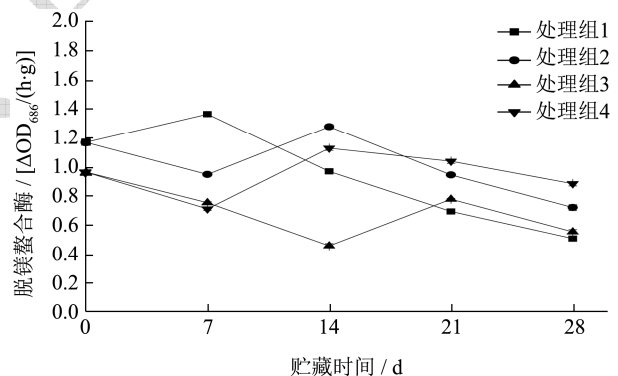


图5 贮藏期间脱水香葱脱镁螯合酶活性的变化

Fig.5 Changes of Mg-dechelatase activities of dehydrated chive during storage

3 结论

冻干与热风干燥相比, 能使产品最大程度保持原有的形状、结构、风味、色泽、营养和生物学性质。绿色蔬菜干燥后退色现象较严重, 冻干比热风干燥更好地保持脱水制品接近于新鲜样的绿色。低温和避光贮藏能够有效地维持叶绿素含量, 较好地抑制了参与叶绿素降解途径的相关酶(叶绿素酶、脱镁螯合酶)活性。因此, 冻干、低温和避光贮藏均较好地维持了脱水香葱的色泽稳定性。对于不同的贮藏低温、单色

光(不同波段的光)等对脱水香葱的叶绿素稳定性的影响及其机理,还有待深入细致地研究。

参考文献

- [1] 戴飞,姜梅,陈海燕.香葱冻干过程中影响因素的研究[J].江西农业学报,2008,20(4):81-82
DAI Fei, JIANG Mei, CHEN Hai-yan. Study on affecting factors in Freeze-drying process of aromatic shallot [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2008, 20(4): 81-82
- [2] 张文成,刘玲,王瑞侠,等.提高冻干香葱品质的工艺研究[J].食品工业科技,2012,33(2):316-321,325
ZHANG Wen-cheng, LIU Ling, WANG Rui-xia, et al. Study on the technology of quality improvement of vacuum freeze-drying chive [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(2): 316-321, 325
- [3] 张文成,刘玲,王瑞侠,等.热风干燥与冻干对香葱挥发性成分影响研究[J].合肥工业大学学报(自科版),2011,34(12):1865-1868
ZHANG Wen-cheng, LIU Ling, WANG Rui-xia, et al. Research on the effect of hot-air drying and freeze-drying on volatile constituents of chive [J]. Journal of Hefei University of Technology, 2011, 34(12): 1865-1868
- [4] 代小梅,杨性民,姜丽,等.香葱干燥工艺研究[J].中国调味品,2013,38(11):25-30
DAI Xiao-mei, YANG Xing-min, JIANG Li, et al. Study on the drying technology of Chinese chives [J]. China Condiment, 2013, 38(11): 25-30
- [5] 代小梅.香葱高效减灭菌剂筛选与适宜干制方法研究[D].南京:南京农业大学,2011
DAI Xiao-mei. The selection of high efficient antibiological agents and suitable [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011
- [6] 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
ZHAO Xing, WU Ben-gang, MA Hai-le, et al. Drying characteristics and quality attributes of Chinese chives by catalyzed infrared drying [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(9): 182-189
- [7] 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
WANG Bei, ZHAO Xing, MA Hai-le, et al. Effect of different modes of catalytic infrared radiation on sterilization and quality of chives [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(21): 210-215
- [8] 王蓓,赵兴,马海乐,等.香葱分段式变温催化红外干燥的特性及品质研究[J].现代食品科技,2019,35(11):132-137
WANG Bei, ZHAO Xing, MA Hai-le, et al. Characteristics and quality of Chinese chives dried by a temperature-segmented catalytic infrared system [J]. Modern Food Science and Technology, 2019, 35(11): 132-137
- [9] 浦浩亮,王柳清,胡秋辉,等.脱水香葱在不同水分活度下贮藏品质的变化规律[J].食品科学,2019,40(9):228-233
PU Hao-liang, WANG Liu-qing, HU Qiu-hui, et al. Quality changes of dried *Allium ascalonicum* stored at different water activities [J]. Food Science, 2019, 40(9): 228-233
- [10] 汪洋.青花菜在干燥过程中叶绿素光降解机制的研究[D].重庆:西南大学,2013
WANG Yang. Study on photodegradation of chlorophyll in green pricklyash during drying process [D]. Chongqing: Southwest University, 2013
- [11] 张艺,张甫生,宋莹莹,等.干燥条件对青椒色泽的影响[J].食品科学,2014,35(5):23-27
ZHANG Yi, ZHANG Fu-sheng, SONG Ying-ying, et al. Effects of different drying conditions on color change of green pricklyashes (*Zanthoxylum schinifolium* Zucc.) [J]. Food Science, 2014, 35(5): 23-27
- [12] 王冬梅,马越,王丹,等.真空干燥过程中甘蓝叶绿素降解动力学研究[J].食品工业科技,2012,33(17):110-113
WANG Dong-mei, MA Yue, WANG Dan, et al. Kinetic modeling of chlorophyll degradation in cabbages during vacuum drying [J]. Science and Technology of Food industry, 2012, 33(17): 110-113
- [13] 马正强,崔灵绸,张贝贝,等.热烫处理对香椿叶绿素及颜色的影响[J].中国食品学报,2017,17(1):179-185
MA Zheng-qiang, CUI Ling-chou, ZHANG Bei-bei, et al. The effects of blanching on chlorophyll and color of *Toona sinensis* [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(1): 179-185
- [14] Nowacka M, Tylewicz U, Romani S, et al. Influence of ultrasound-assisted osmotic dehydration on the main quality parameters of kiwifruit [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2017, 41: 71-78
- [15] WANG Rong-rong, WANG Ting-ting, ZHENG Qian, et al. Effects of high hydrostatic pressure on color of spinach pur'ee and related properties [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2012, 92: 1417-1423
- [16] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2017:32-34,101-103
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Experiment

- guidance of postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables [M].Bei Jing: China Light Industry Press, 2017: 32-34, 101-103
- [17] Minguez-Mosquera M I, Gandul-Rojas B, Gallardo-Guerrero L. Measurement of chlorophyllase activity in olive fruit (*Olea evtopaea*) [J]. Journal of Biochemistry, 1994, 116: 263-268
- [18] Bibhuti B M, Satyendra G, Arun S. Browning of fresh-cut eggplant: impact of cutting and storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 67: 44-51
- [19] 王莹,王辉,王富,等.干燥方式对秋葵超微粉理化特性及抗氧化活性的影响[J].食品科学,2018,39(19):114-119
WANG Ying, WANG Hui, WANG Fu, et al. Effect of drying methods on physicochemical properties and antioxidant activity of superfine okra powder [J]. Food Science, 2018, 39(19): 114-119
- [20] 张婷婷,时月,和朝军,等.货架陈列期间光照处理对鲜切青椒品质的影响[J].食品科学,2019,40(21):216-221
ZHANG Ting-ting, SHI Yue, HE Zhao-jun, et al. Effect of light exposure treatment on the quality of fresh-cut green bell pepper (*Capsicum annuum* L.) during shelf display [J]. Food Science, 2019, 40(21): 216-221
- [21] 刘政权,张惠,王会芳,等.不同贮藏温度下抹茶品质变化及其货架期预测[J].食品科学,2020,41(3):198-204
LIU Zheng-quan, ZHANG Hui, WANG Hui-fang, et al. Quality changes and predictive modeling of shelf life for Matcha stored at different temperatures [J]. Food Science, 2020, 41(3): 198-204
- [22] 陈学红,秦卫东,马利华,等.贮藏温度对绿芦笋汁色泽稳定性的影响[J].食品与发酵工业,2013,39(12):187-191
CHEN Xue-hong, QIN Wei-dong, MA Li-hua, et al. Effect of storage temperature on color stability of green asparagus juice [J]. Food and Fermentation Industries, 2013, 39(12): 187-191
- [23] 马荣朝,秦文,李素清.三种干燥方法对蔬菜干制品品质的影响研究[J].食品科学,2008,29(8): 219-223
MA Rong-chao, QIN Wen, LI Su-qing. Effects of three drying methods on qualities of dried vegetables [J]. Food Science, 2008, 29(8): 219-223
- [24] 马瑞,张钟元,赵江涛,等.超声辅助烫漂对黄花菜干制品色泽的影响[J].现代食品科技,2016,32(10):233-238
MA Rui, ZHANG Zhong-yuan, ZHAO Jiang-tao, et al. Effects of ultrasonic-assisted blanching on the color quality of dried daylily flower [J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(10): 233-238
- [25] Delgado-Povedano M M, de Castro M D L. A review on enzyme and ultrasound: a controversial but fruitful relationship [J]. Analytica Chimica Acta, 2015, 889: 1-21
- [26] 孙志文.气调和活性氧对西兰花叶绿素降解的影响及其调控[D].淄博:山东理工大学,2017
SUN Zhi-wen. Effects of controlled atmosphere and reactive oxygen species on chlorophyll degradation and its regulation [D]. Zibo: Shandong University of Technology, 2017
- [27] Matile P, Hortensteiner S, Thomas H. Chlorophyll degradation [J]. Annual Review of Plant Biology, 1999, 50: 67-95
- [28] Be R Ghold J, B R Euke R K, Ober Huber M, et al. Chlorophyll break-down in spinach: On the structure of five nonfluorescent chlorophyll ca-tabolites [J]. Photosynth Res, 2002, 74(2): 109-119
- [29] 李继兰.猕猴桃贮藏中叶绿素降解机理及加工中影响其稳定性因素研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2008
LI Ji-lan. Study on the degradation mechanism of chlorophyll during storage and factors on stabilization during process of kiwifruit [D]. Yangling: Northwest Agricultural and Forestry University, 2008
- [30] 邹强,赵婷,朴一龙,等.野生软枣猕猴桃冷藏期间生理变化与叶绿素降解相关性研究[J].食品工业科技,2012,33(23):352-354,387
ZOU Qiang, ZHAO Ting, PIAO Yi-long, et al. Study on the relationship between physiological changes and chlorophyll degradation of *Actinidia arguta* Sieb.et Zucc during cold storage [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(23): 352-354, 387