

速冻小松菜加工贮运中护绿技术研究

Study on the preserving-green technology of quick-frozen 'Sally' komatsuna in processing, frozen storage and transportation

程喜红^{1,2} 朱东兴¹ 吴雷¹ 黄友如¹ 仲伟³ 齐斌¹

CHENG Xi-hong^{1,2} ZHU Dong-xing¹ WU Lei¹ HUANG You-ru¹ ZHONG Wei³ QI Bin¹

(1. 常熟理工学院生物与食品工程学院, 江苏 常熟 215500; 2. 江苏大学食品与生物工程学院, 江苏 镇江 212013; 3. 台太兴业(常熟)食品有限公司, 江苏 常熟 215537)

(1. School of Biology and Food Engineering, Changshu Institute of Technology, Changshu, Jiangsu 215500, China;
2. College of Food and Biology Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China;
3. Titan Industrial (Changshu) Foods Co., Ltd, Changshu, Jiangsu 215537, China)

摘要:为探索出口速冻小松菜加工贮运中适宜的护绿保鲜措施,以莎莉品种小松菜为试材,研究其速冻前复合液烫漂处理中碳酸氢钠和氯化钠浓度、烫漂温度和时间等因素对小松菜冻藏贮运(-18℃)中色泽的影响;同时对处理条件进行优化。结果表明,小松菜速冻加工中适宜的护绿处理条件为:0.10%碳酸氢钠+0.10%氯化钠复合液,在90℃条件下漂烫1.2 min,并结合0.20%氯化钙溶液室温浸泡30 min+PE包装+速冻等综合措施,对产品冻藏期色泽护绿效果较好。

关键词:速冻小松菜;护绿;品质;贮运

Abstract: To investigate the optimal preserving green measures for export komatsuna during processing, frozen storage and transportation, the 'Sally' komatsuna was blanched by the blanching complex solution before quick-freezing process. The preserving green effects of sodium bicarbonate and sodium chloride concentrations in the blanching complex solution, blanching temperature and time were determined as a single factor during frozen pack storage, respectively. Moreover, blanching conditions were also optimized by orthogonal experiment. The results showed that the best preserving-green technology for the export 'Sally' komatsuna in processing and frozen storage was blanching them with 0.10% sodium bicarbonate and 0.10% sodium chloride concentrations at 90℃ for 1.2 min, and

then soaking them in 0.20% calcium chloride solution at room temperature for 30 min before quick frozen and frozen pack storage.

Keywords: quick-frozen komatsuna; green preservation; quality; storage & transportation

小松菜(*Brassica campestris ssp. Chinensis* (L.) Makino)又名菘菜,属十字花科芸苔属白菜亚种普通白菜的变种^[1],原产于中国,19世纪70年代引入日本^[2],由于其营养价值高且钙含量丰富,适宜加工^[3],现在日本广泛栽种。近年中国引进多个品种,并经过速冻加工出口至日本等海外市场^[2,4]。但小松菜在加工过程中受光、温和酸等不当环境影响,叶绿素易褪色为黄褐色^[5],严重影响其出口品质与经济价值^[2,6]。

目前对小松菜防褐护绿技术方面,中国研究人员从采后原料存放^[2]、种植因素^[7]等环节进行了相关研究。但从加工环节方面,仅见以铜、锌离子处理途径护绿的1篇报道^[6],而加工中采用铜、锌离子处理护绿,受食用安全性影响,近年已被限用^[8]。例如,日本对铜、锌离子添加剂在蔬菜加工方面使用早已明确限制(不得超过0.1 g/kg产品)^[6];与铜、锌离子护绿途径相比,碱液烫漂处理护绿,尚未见在食用安全性方面有不良影响的报道。本课题组前期研究^[9]也表明,小松菜速冻前,采用碱性小苏打复合液护绿途径处理,比锌离子复合液护绿途径,对食用安全性和色泽保存效果要好。本研究拟在此基础上采用常用安全食品添加剂小苏打为主剂,结合氯化钠组成的复合液漂烫、氯化钙浸泡保脆等协同效应综合处理^[10-11],确定莎莉速冻小松菜加工贮运中护绿保鲜最佳处理条件,旨在为该出口主栽品种安全有效的防褐护绿技术应用提供参考依据。

基金项目:苏州市科技计划项目(编号:SYN201517);常熟市农业科技计划资助项目(编号:CN201417);常熟理工学院2016届本科毕业论文重点资助课题(编号:LG1648)

作者简介:程喜红,女,江苏大学在读硕士研究生。

通信作者:朱东兴(1977—),男,常熟理工学院副教授,硕士。

E-mail: eastar@csig.edu.cn

收稿日期:2016-07-27

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

小松菜:品种为莎莉,采自台太兴业(常熟)食品有限公司生产基地,选择新鲜脆嫩、无腐烂及枯叶的小松菜及时运回实验室处理;

小苏打(NaHCO_3)、氯化钠(NaCl)、氯化钙(CaCl_2):食品级,市售。

1.1.2 主要仪器设备

紫外可见分光光度计:PerkinElmer Lambda 25型,美国铂金埃尔默公司;

电子天平:EL104型,梅特勒—托利多仪器有限公司;

纯水处理系统:TW-PWP200型,上海沃迪自动化装备股份有限公司;

蔬菜脱水机:ES-150型,西班牙SAMMIG公司;

全自动风冷速冻箱:SDX-1型,天津市特达食品机械科技有限公司;

冷冻冷藏箱:BD/C-230型,江苏白雪电器股份有限公司。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程

原料去杂挑选、清洗与切分→小苏打复合液漂烫护绿处理→快速降温冷却并沥干→氯化钙溶液保脆浸泡→沥干、包装→快速预冷及模拟冻藏贮运→样品定期评估

1.2.2 操作要点

(1)小苏打复合液漂烫护绿处理:将处理好的小松菜放在一定浓度的小苏打复合液(不同 NaHCO_3 、 NaCl 配比液)中,在不同漂烫温度下处理不同时间。

(2)氯化钙溶液保脆浸泡:将经过护绿小松菜放入 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 的 0.20% 氯化钙溶液中浸泡 30 min 。

(3)快速预冷及冻藏:处理组小松菜放入速冻箱($-30\text{ }^\circ\text{C}$)速冻后,转入 $-18\text{ }^\circ\text{C}$ 的冷柜模拟冻藏贮运 15 d ,进行相应护绿指标测定与效果评估。

1.2.3 单因素试验设计

(1)小苏打浓度对小松菜护绿效果的影响:在烫漂复合液中氯化钠浓度 0.15% ,小苏打浓度分别为 0.05% 、 0.20% 、 0.35% 、 0.50% 、 0.65% 时, $90\text{ }^\circ\text{C}$ 下漂烫 1.8 min 后冷却沥干,之后进行相应保脆、冻藏等后处理,冻藏期分别测定其总叶绿素含量。

(2)氯化钠浓度对小松菜护绿效果的影响:在烫漂复合液中小苏打浓度 0.20% ,氯化钠浓度分别为 0.05% 、 0.15% 、 0.25% 、 0.35% 、 0.45% 时, $90\text{ }^\circ\text{C}$ 下漂烫 1.8 min 后冷却沥干,之后进行相应保脆、冻藏等后处理,冻藏期分别测定其总叶绿素含量。

(3)烫漂时间对小松菜护绿效果的影响:在烫漂复合液中小苏打浓度 0.20% ,氯化钠浓度为 0.15% 时, $90\text{ }^\circ\text{C}$ 下分别漂烫 0.6 、 1.2 、 1.8 、 2.4 、 3 min 后冷却沥干,之后进行相应保脆、冻藏等后处理,冻藏期分别测定其总叶绿素含量。

(4)烫漂温度对小松菜护绿效果的影响:在烫漂复合液中小苏打浓度 0.20% ,氯化钠浓度为 0.15% 时,温度分别为 80 、 85 、 90 、 95 、 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 下漂烫 1.8 min 后冷却沥干,之后进行相应保脆、冻藏等后处理,冻藏期分别测定其总叶绿素含量。

1.2.4 正交试验设计 在单因素试验基础上,以样品总叶绿素含量为评估指标,进行 $L_9(3^4)$ 正交试验,优化莎莉小松菜复合液护绿条件。

1.2.5 指标及测定方法

(1)总叶绿素含量的测定:参照文献[12]。

(2)叶绿素a/脱镁叶绿素a比值的测定:参照文献[13]采用双光比色法分别测定小松菜中叶绿素a(Chla)含量、脱镁叶绿素a含量,再计算二者的比值。

1.3 数据统计与分析

本试验测定指标取样以各自处理包装袋为单位,重复 3 次,取平均值,所得数据采用Excel软件进行数据处理、分析与作图。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 小苏打浓度对护绿效果的影响 由图1可知,随着小苏打处理浓度增加,小松菜总叶绿素含量呈先略升后下降趋势,当小苏打浓度为 0.20% 时,样品总叶绿素含量值最高,可能是该浓度小苏打与叶绿素反应生成鲜绿稳定叶绿素钠盐的程度最充分,使总叶绿素免遭脱镁分解^[14],因此烫漂复合液中选 0.20% 小苏打为后续优化试验中心点。

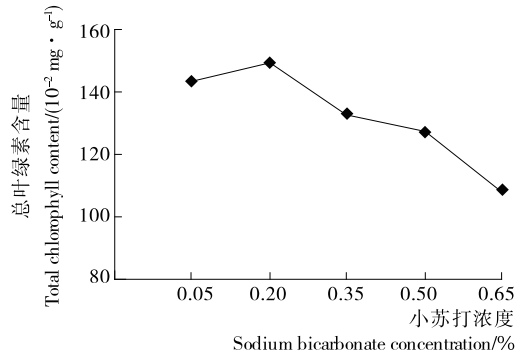


图1 不同浓度小苏打烫漂处理小松菜总叶绿素含量变化
Figure 1 Effect of sodium bicarbonate concentration on total chlorophyll content of Komatsu vegetable

2.1.2 氯化钠浓度对护绿效果的影响 氯化钠主要通过渗入蔬菜细胞,保护菜体组织并抑制色素氧化酶等对叶绿素的降解作用^[15-16]。由图2可知,在一定范围内随氯化钠浓度增加,小松菜总叶绿素含量呈先上升后略降的变化趋势,氯化钠浓度为 0.15% 时,样品总叶绿素含量值最佳,因此选烫漂复合液中氯化钠浓度 0.15% 为后续试验优化中心点。

2.1.3 烫漂时间对护绿效果的影响 由图3可知,随烫漂时间的延长,小松菜总叶绿素含量呈先升后降的变化趋势。烫漂 1.2 min 时总叶绿素含量最佳,之后叶绿素含量明显下降。可能是复合液漂烫时间太短时,色素氧化酶灭活程度、渗入细胞的钠离子太低^[15-16],且叶绿素与碱反应不充分^[14,17];时

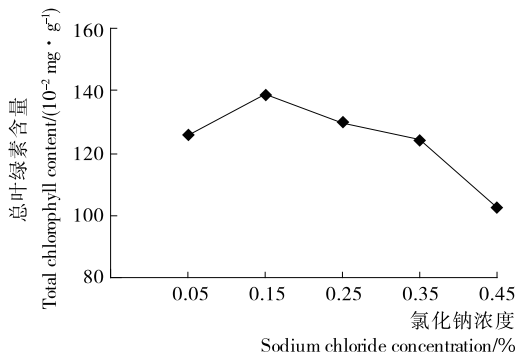


图 2 不同浓度氯化钠烫漂处理小松菜总叶绿素含量变化

Figure 2 Effect of sodium chloride concentration on total chlorophyll content of Komatsu vegetable

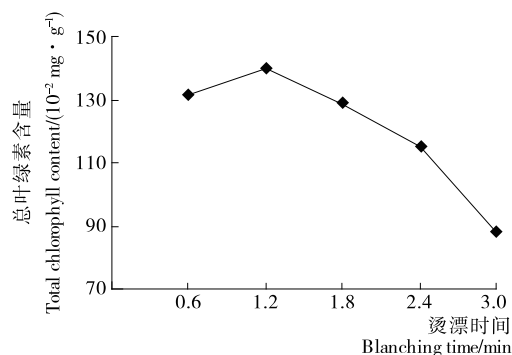


图 3 不同时间烫漂处理小松菜总叶绿素含量变化

Figure 3 Effect of blanching time on total chlorophyll content of Komatsu vegetable

间太长时,又容易造成组织中绿色成分渗出损失,反而使叶绿素含量降低^[18]。综合上述结果,选择烫漂 1.2 min 为后续优化试验中心点。

2.1.4 烫漂温度对护绿效果的影响 由图 4 可知,在一定范围内随烫漂温度提高,样品总叶绿素含量逐渐升高。烫漂温度为 90 ℃ 时,总叶绿素含量达到最大值,护绿效果最佳,之后总叶绿素含量值明显下降。可能是温度过低,氧化酶等灭活不彻底容易褪色,且温度过高,组织易被破坏及脂蛋白凝固失去对叶绿素的保护等原因,造成叶绿素分解及脱镁加剧^[14,17]。因此,烫漂温度选 90 ℃ 为后续优化试验中心点。

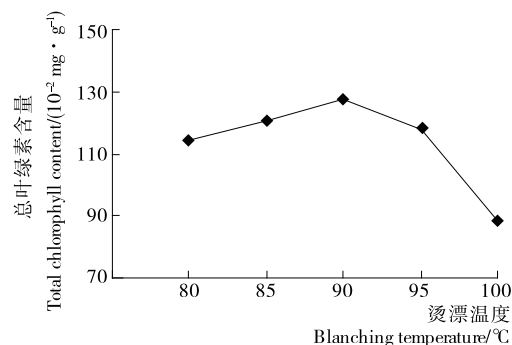


图 4 不同温度烫漂处理小松菜总叶绿素含量变化

Figure 4 Effect of blanching temperature on total chlorophyll content of Komatsu vegetable

2.2 小松菜护绿正交试验结果与分析

根据上述单因素结果,采用正交试验研究各因素对莎莉小松菜总叶绿素含量的影响,正交因素水平设计见表 1,试验结果与方差分析见表 2、3。

由表 2 可知,各因素对样品总叶绿素含量影响的主次顺序为 B>C>A>D,最佳条件为 A₁B₁C₂D₂,即:小苏打浓度 0.1%,氯化钠浓度 0.1%,烫漂温度 90 ℃,烫漂时间 1.2 min。

由表 3 方差分析可知,各处理因素对供试样品总叶绿素含量影响,在各自不同处理水平间均达到显著性差异(P<0.01),说明因素水平的选取对评估指标影响较大,各因素也均为影响小松菜叶绿素含量的显著性因素,需严格控制处理水平。

表 1 正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal test

水平	A 小苏打 浓度/%	B 氯化钠 浓度/%	C 漂烫 温度/°C	D 漂烫 时间/min
1	0.10	0.10	85	0.60
2	0.20	0.15	90	1.20
3	0.30	0.20	95	1.80

表 2 正交试验与极差分析结果

Table 2 Results of orthogonal design and range analysis

试验号	A	B	C	D	总叶绿素含量/(10 ⁻² mg · g FW)			
					I	II	III	平均值
1	1	1	1	1	141.26	140.82	146.25	142.78
2	1	2	2	2	157.28	161.14	160.80	159.74
3	1	3	3	3	121.07	116.27	128.95	122.10
4	2	1	2	3	146.19	139.13	140.90	142.07
5	2	2	3	1	109.22	123.53	113.51	115.42
6	2	3	1	2	117.81	119.73	122.75	120.10
7	3	1	3	2	152.36	147.48	151.13	150.32
8	3	2	1	3	141.18	142.94	130.32	138.15
9	3	3	2	1	135.68	137.64	134.54	135.95
k ₁	141.54	145.06	133.67	131.38				
k ₂	125.86	137.77	145.92	143.39				
k ₃	141.47	126.05	129.28	134.11				
R	15.68	19.01	16.64	12.01				

表 3 总叶绿素含量方差分析结果

Table 3 Results of variance analysis of total chlorophyll content

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值
A	1 467.21	2	733.61	35.65**
B	1 654.21	2	827.11	40.19**
C	1 337.80	2	668.90	32.50**
D	712.19	2	356.10	17.30**
误差	370.44	18	20.58	
总变异	5 541.85	26		

† ** 表示差异极显著; $F_{0.05(2,18)} = 3.55$, $F_{0.01(2,18)} = 6.01$ 。

2.3 验证实验

根据上述正交试验确定的小苏打复合液护绿最优烫漂条件,进行3次重复验证性实验,得到的样品总叶绿素含量平均值为166.21 mg/100 g FW,高于正交表中各组处理总叶绿素含量,证实了此优化结果的可靠性。在此最优处理条件下,测得的样品叶绿素 a/脱镁叶绿素 a 比值为 5.91,护绿效果较好。

3 结论

从引起小松菜总叶绿素降解的两种主要影响因素(自身酶分解,酸等不当环境脱镁)入手,采用复合液烫漂护绿,研究了小苏打浓度、氯化钠浓度、烫漂温度、烫漂时间对小松菜总叶绿素保留量的影响,通过单因素与正交试验,获得了莎莉小松菜速冻加工中复合液烫漂处理及最佳护绿条件为:0.10%小苏打与0.10%氯化钠复合液,在90℃条件下漂烫1.2 min后,并结合0.20%氯化钙溶液25℃下浸泡30 min,再PE包装,速冻后于-18℃下模拟冻藏贮运15 d,产品鲜绿色保持良好,护绿效果安全有效,可为该品种出口速冻小松菜加工与贮运中安全护绿保鲜提供技术参考。

参考文献

[1] 陈国海,许映君,蔡娜丹,等.出口小松菜生产技术规程[J].中国园艺文摘,2013(7):167-168.
 [2] 陈纪算,张懋,容小红,等.采后原料贮藏方式对速冻小松菜褐变的影响[J].食品与生物技术学报,2013,32(10):1 075-1 078.
 [3] 孟秋峰,王毓洪,任锡亮,等.南方多雨地区小松菜周年栽培适宜品种及关键技术[J].中国蔬菜,2011(3):47-48.
 [4] 王伟东.出口小松菜的无公害生产技术[J].上海蔬菜,2005

(1): 23.

[5] VAN BOEKEL M A J S. Kinetic modeling in food science: a case study on chlorophyll degradation in olives[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80(1): 3-9.
 [6] 郭新发,胡传银,吴红星,等.出口冷冻小松菜的护绿工艺[J].冷饮与速冻食品工业,2001,7(3):8-10.
 [7] 陈纪算,张懋,许映君,等.种植因素控制小松菜速冻加工产品褐变试验[J].长江蔬菜,2013(10):69-72.
 [8] 中华人民共和国卫生部.GB 2760—2011 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].北京:中国标准出版社,2011:162-163.
 [9] 朱东兴,刘天鹤,仲伟,等.不同处理方法对小松菜冻藏期保鲜品质的影响[J].北方园艺,2016(10):131-134.
 [10] 吕心泉,甘洪,朱国建,等.米邦塔仙人掌风味软罐头的生产工艺[J].食品与机械,2003(1):41-42.
 [11] 谢元,蒋中香.方便芹菜食品的加工技术[J].食品与机械,1997(3):22.
 [12] 韩雅珊.食品化学实验指导[M].北京:中国农业大学出版社,1996:195-196.
 [13] 王建,王骥.浮游植物叶绿素与脱镁叶绿素的测定方法[J].武汉植物学研究,1984,2(2):321-328.
 [14] 戴桂芝.果蔬食品脱绿失脆的原因及其控制方法[J].食品研究与开发,2004,25(5):87-89.
 [15] 柯乐芹.香椿护色工艺研究[J].食品科技,2007(7):107-109.
 [16] 王丽琼.果蔬贮藏与加工[M].北京:中国农业大学出版社,2008:174.
 [17] 焦凌梅,袁唯.绿色蔬菜加工中护绿技术的研究及进展[J].保鲜与加工,2004,4(1):11-14.
 [18] 王向阳,蔡政军,许朝霞.青菜脱水工艺护色的研究[J].科技通报,2000,16(z1):107-110.

(上接第70页)

3 结论

磁流体静密封水的耐压值和其静密封气体的耐压值均随密封间隙的增加而减小。同一间隙磁流体静密封水的耐压能力,与其静密封气体的耐压能力基本相同。动密封时,磁流体密封气体时的临界转速很高,因此磁流体用于密封气体时的耐压能力一般不受转轴转速影响。磁流体用于密封水时,转轴转速高于临界值情况下耐压值明显下降。

参考文献

[1] MIZUTANI Y, SAWANO H, YOSHIOKAH, et al. Magnetic fluid seal for linear motion system with gravity compensator[J]. Procedia Cirp, 2015, 33: 581-586.
 [2] 牛晓坤,钟伟.磁性液体的应用[J].化学工程师,2004(12):45-47.
 [3] RADIONOV A V. Application of magnetic fluid seals for improving reliability of air coolers[J]. Chemical & Petroleum Engineering, 2015, 51(7/8): 481-486.
 [4] ANTHONY W, MELVYN K, DAVID B L. Studies of the double surfactant layer stabilization of water-based magnetic fluids [J]. Journal of Colloid Interface Science, 1991, 144(1): 236-242.
 [5] RONALD E Z, JAMES R M. Dynamics and stability of ferroflu-

ids; surface interactions[J]. Journal of Fluid Mechanics, 1969, 39(1): 1-24.

[6] WILLIAMS R A, MALSKY H. Some experience using a ferrofluid seal against a liquid[J]. IEEE Transactions on magnetic, 1980, 16(2): 379-381.
 [7] 王虎军,李德才,何新智.转轴转速对磁流体液体动密封耐压能力影响的实验研究[J].真空科学与技术学报,2016,28(2):179-181.
 [8] KURFESS J MULLER H K. Sealing liquids with magnetic liquids[J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 1990, 85: 246-252.
 [9] 王媛,樊玉光.相对速度对磁流体液体动密封界面稳定性的影响[J].流体机械,2007,35(1):18-20.
 [10] MITAMURA Y, YANO T, NAKAMURA W, et al. A magnetic fluid seal for rotary blood pumps; behaviors of magnetic fluids in a magnetic fluid seal[J]. Bio-medical Materials and Engineering, 2013, 23(1/2): 63-74.
 [11] 李德才.磁性液体的理论及应用[M].北京:科学出版社,2003:190-197.
 [12] 黄卫星,陈文梅.工程流体力学[M].北京:化学工业出版社,2001:113-115.
 [13] ROSENSWEIG R E. Ferrohydrodynamics[M]. New York: Dover Publications INC, 2002: 307-323.
 [14] 李德才.磁性液体密封理论及应用[M].北京:科学出版社,2010:373-375.