

文章编号:1673-1689(2005)02-0073-05

预处理和贮藏条件对脱水甘蓝表面返霜的影响

张春华¹, 张 慊¹, 孙金才², 周乐群²

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036; 2. 海通食品有限公司, 浙江 慈溪 315300)

摘 要: 添加葡萄糖的脱水甘蓝在贮藏过程中葡萄糖极易从甘蓝内部迁移到表面. 实验结果表明, 渗糖处理时添加一定量的乳糖和高麦芽糖浆代替葡萄糖, 对延长脱水甘蓝的返霜期有良好的效果, 高麦芽糖浆对延长脱水甘蓝返霜的效果明显好于乳糖. 实验还研究了热烫时间、贮藏环境的相对湿度对葡萄糖迁移影响的规律. 热烫 90 s、贮藏在较低的环境湿度下均有利于延长脱水甘蓝的返霜天数.

关键词: 脱水甘蓝; 糖处理; 返霜; 贮藏

中图分类号: S 609

文献标识码: A

Effects of Pre-Treatment and Storage Condition on Glucose Accumulation of Dehydrated Cabbage

ZHANG Chun-hua¹, ZHANG Min¹, SUN Jin-cai², ZHOU Le-qun²

(1. School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China; 2. Haitong Food Group Co., Ltd, Cixi 315300, China)

Abstract: Dehydrated cabbage pre-treated with glucose before drying easily become dim and then white in color during storage, due to glucose crystal transferring from inside to its surface. Fructose and high maltose syrup are used as the substitutes for part of glucose in the process of glucose pretreatment before drying. In both conditions good results are obtained in extending the period of the glucose accumulation on the surface of dehydrated cabbage, particularly at the presence of high maltose syrup. In this work the impacts of blanching time and relative storage humidity surrounding on glucose accumulation were also studied. The results showed that less glucose surface accumulation can be achieved when dehydrated cabbage was blanched for 90 s and stored in the condition of low humidity. As a result, the period of glucose accumulation was extended.

Key words: dehydrated cabbage; glucose pre-treatment; glucose accumulation; storage

自上世纪 90 年代以来,我国脱水蔬菜的出口逐年递增,产品主要销往日本、美国和西欧^[1],脱水甘蓝为其中的一个品种.甘蓝在脱水前添加一定量

的葡萄糖,可起到下列作用:(1)脱水作用;(2)降低干制品的水分活度;(3)改善脱水蔬菜的风味;(4)干燥过程中阻止组织的大幅度收缩,有利于保持蔬

收稿日期:2004-07-02; 修回日期:2004-09-07.

作者简介:张春华(1977-),女,山东威海人,农产品加工硕士研究生.

万方数据

菜原有的组织状态,提高脱水蔬菜的复水率^[2].

果蔬干燥前用蔗糖、葡萄糖、麦芽糖等进行预处理的报道国内外很多.国内研究主要集中在选择合适的渗透脱水率,以达到保持产品品质、减轻干燥过程水负荷的目的.国外研究较多的是糖类预处理对渗透中传质过程和干燥中水分迁移过程的影响,并建立模型.也有关于糖类渗透脱水过程对果蔬组织影响的报道^[3],而对脱水果蔬在贮藏过程的品质变化研究很少.为此,本实验对添加葡萄糖的脱水甘蓝在贮藏过程中返霜现象的主要影响因素和影响规律进行了研究,并用乳糖、高麦芽糖浆代替部分葡萄糖,对延长脱水甘蓝贮藏期取得了良好的效果.

1 材料与方法

1.1 材料

甘蓝(*brassica olerace*):品种为“南方平头”,购于无锡青山市场;高麦芽糖浆:山东诸城兴贸玉米开发有限公司生产;葡萄糖、乳糖均为分析纯.

1.2 设备

101-1-BS 电热恒温鼓风干燥箱:宁波机电工业研究设计院生产;FA1104 电子天平:上海天平仪器厂生产;WYA 阿贝折光仪:上海精密科学仪器有限公司生产;Novasina 水分活度快速测定仪:瑞士华嘉(香港)有限公司生产;SPX 恒温智能培养箱:南京实验仪器厂生产;WSC-C 测色色差计:上海精密科学仪器有限公司生产.

1.3 方法及测定指标

1.3.1 脱水甘蓝加工工艺流程 鲜甘蓝→去根、茎、芯→切割 45 mm×45 mm→2 g/dL 盐水浸泡 30 min→清水冲洗→沥干→NaHCO₃ 溶液热烫[pH 值 7.5~8.0,温度(96±2)℃]→自来水冷却→沥干表面水分→加固体糖→静置渗透 1 h→热风干燥一烘[(80±5)℃,2 h]→二烘[(75±5)℃,2.5 h]→三烘[(65±5)℃,6 h]→冷却装袋.

1.3.2 要点

1)用于替代糖的甜度不大于葡萄糖,以免改变产品风味.乳糖、高麦芽糖浆甜度皆小于葡萄糖,适合作预处理用糖.

2)葡萄糖、乳糖和高麦芽糖浆的添加量,均指所添加的糖占热烫并且沥干表面水分后甘蓝的质量分数.

3)乳糖在水中的溶解度较其它糖类小,其在甘蓝中的渗透性和脱水性均差,单独用乳糖渗透时,添加量超过质量分数 10%,甘蓝的可溶性固形物含

量增长不明显,其脱水率也增加缓慢,远低于葡萄糖对甘蓝脱水率的贡献.因此,在与葡萄糖混合添加时,乳糖的最高添加量定于质量分数 8%.同时为保持脱水甘蓝的得率不明显低于添加质量分数 25%葡萄糖的脱水甘蓝,实验要求控制总糖含量一定,即维持在质量分数 25%左右.

甘蓝在 pH 值 7.5~8.0 的 NaHCO₃ 溶液中热烫 180 s 后,根据实验要求,分别添加质量分数 25%葡萄糖,20%葡萄糖和 4%乳糖,16%葡萄糖和 8%乳糖,进行渗透.热风干燥后的脱水甘蓝分别在 20℃、相对湿度(RH,一定总压下,湿空气中水汽分压 p 与同温度下水的饱和蒸气压 p_s 之比的百分数)为 80%,50%,30%的环境下贮藏.

4)高麦芽糖浆价格低廉,其主要成分为麦芽糖,它在甘蓝中的渗透性近似于葡萄糖,而脱水率远优于乳糖.用一定量的高麦芽糖浆代替葡萄糖进行渗透,与添加质量分数 16%葡萄糖和 8%乳糖的脱水甘蓝比较,观察高麦芽糖浆对脱水甘蓝返霜的影响.实验仍要求控制得率,但是当高麦芽糖浆的添加量达到质量分数 8%时,脱水甘蓝色泽透明、暗绿,因此本实验将高麦芽糖浆的最大添加量定在质量分数 6%.

甘蓝在 pH 值 7.5~8.0 的 NaHCO₃ 溶液中热烫 90 s 后,根据实验要求,分别添加质量分数 25%葡萄糖,16%葡萄糖和 8%乳糖,16%葡萄糖和 6%高麦芽糖浆,进行渗透.热风干燥后的脱水甘蓝分别在 20℃、相对湿度为 80%,50%,30%环境下贮藏.

1.3.3 返霜程度的评分 样品表面葡萄糖结晶程度的评分标准见表 1.

表 1 脱水甘蓝中葡萄糖返霜级别的评分
Tab. 1 Color grade demonstrating the extent of glucose accumulation on the surface of dehydrated cabbage

返霜级别	现象描述
0	5~10℃、RH(30±5)%条件下贮藏的脱水甘蓝,色泽鲜绿
1	肉眼可以觉察到的色泽变化
2	肉眼可以明显辨别的色泽变化,暗绿
3	颜色呈灰绿色
4	颜色泛白,但表面看不到白霜
5	可以看到表面的白霜

1.3.4 返霜天数的确定 脱水甘蓝在贮藏期间,每 2 d 观察记录一次.

1.3.5 L^* , a^* 值的测定 WSC-C 测色色差计测

定。 L^* 代表样品明度； $+a^*$ 代表样品偏绿； $-a^*$ 代表样品偏红。

2 结果与分析

2.1 脱水甘蓝在贮藏过程的返霜现象

甘蓝热烫 90 s 后添加质量分数 25% 葡萄糖渗透处理,脱水干燥后在 20 ℃、湿度 80% 条件下贮藏,贮藏过程中的色泽变化 L^* , a^* 值见图 1, 2。贮藏的前 21 d 脱水甘蓝色泽变化不明显, L^* , a^* 值增长平缓;第 21 天后甘蓝色泽开始变暗,此后 L^* , a^* 值迅速增长。2 d 后色泽灰绿,第 28 天脱水甘蓝表面有一层可见的白霜。继续贮藏,甘蓝表面的白霜不断增多,直至整个甘蓝全为白色。

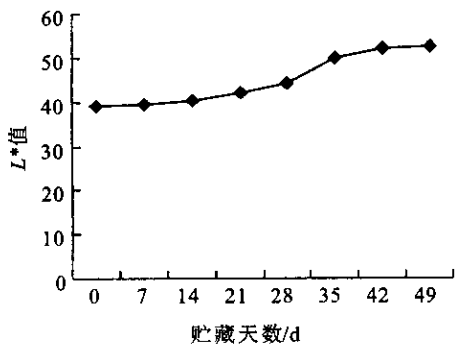


图 1 20 ℃、相对湿度 80% 条件下贮藏的脱水甘蓝 L^* 值变化

Fig. 1 Changes of L^* value of dehydrated cabbage in storage at temperature 20 ℃ and relative humidity(RH)80%

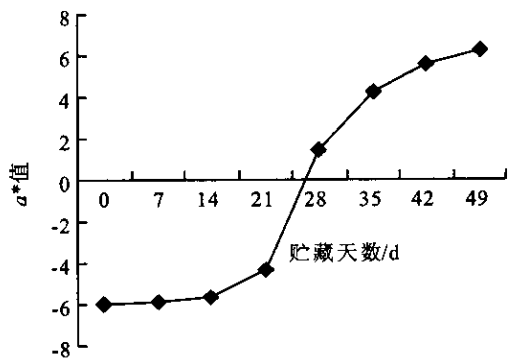
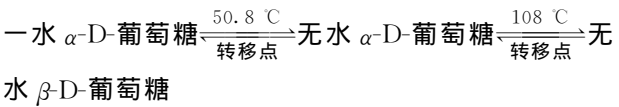


图 2 20 ℃、相对湿度 80% 条件下贮藏的脱水甘蓝 a^* 值变化

Fig. 2 Changes of a^* value of dehydrated cabbage in storage at temperature 20 ℃ and relative humidity(RH)80%

甘蓝返霜现象可能是由于葡萄糖存在多种异构体及其较强的吸湿性。葡萄糖结晶有 3 种形式异构体:一水 α -D-六环葡萄糖、无水 α -D-六环葡萄糖和无水 β -D-六环葡萄糖。葡萄糖结晶随温度的改变

晶体构型也随着改变,转移点如下^[3]:



甘蓝在脱水过程中以无水 α -D-六环葡萄糖的形式存在,晶体呈斜方半面形,这种构型在水中有较高的溶解度(25 ℃, 62%),粘度小于蔗糖。甘蓝脱水过程中烘干温度控制在 65 ℃ 以上,因此烘干终了时其中的葡萄糖以 α -D-六环葡萄糖的形式存在。当干制品在干燥的环境即 $\text{RH} \leq (30 \pm 5)\%$ 的条件下冷却时,脱水甘蓝中的葡萄糖仍以无水 α -D-六环葡萄糖的形式存在。

无水葡萄糖在相对湿度 80% 以上时吸潮性很强,吸收水分向一水 α -D-六环葡萄糖转化,约 30~60 min 转变完成。无水葡萄糖结晶吸收一分子水,形成薄片六角形的一水葡萄糖结晶,溶解度降到 30%。在 20 ℃ 高湿条件 [$\text{RH}(80 \pm 5)\%$] 下贮藏的脱水甘蓝,水分质量分数 13%~16%,环境湿度高于干制品内部湿度,此时分布于脱水甘蓝内部的无水结晶葡萄糖处于热力学不稳定状态,无水葡萄糖吸收水分向一水葡萄糖转化,同时为了减小表面张力,结晶体逐渐从甘蓝干制品内部向干制品表面迁移,并聚集在一起。这些结晶是单斜、半面晶型的一水葡萄糖结晶。湿度为 $(80 \pm 5)\%$ 条件下贮藏的添加质量分数 25% 葡萄糖脱水甘蓝,第 20 天即开始色泽变暗,葡萄糖吸水速度很快,8 d 内便在干制品表面形成一层明显的白霜。

2.2 热烫时间对脱水甘蓝返霜的影响

热烫有助于破坏细胞膜和细胞壁,从而减少细胞内外物质迁移和热传递的阻力^[4]。热烫 180 s 蔬菜组织破坏的程度较大,细胞组织对葡萄糖迁移的阻力减小,因此脱水甘蓝更容易返霜。从图 3(图中 1~5 为脱水甘蓝的返霜级别)可以看出,热烫时间对脱水甘蓝返霜的影响是很显著的。热烫时间从 180 s 降到 90 s,返霜天数从 12 d 延长到 20 d。热烫对渗透过程中糖的渗入量也有影响,对不同的果蔬组织影响不一样,如热烫可以提高苹果组织的葡萄糖渗入量,而对草莓几乎没有影响^[5]。热烫对甘蓝中葡萄糖的渗入也没有明显的影响,可能是因为甘蓝在热烫 90 s 时渗糖量就已达饱和。

2.3 湿度对脱水甘蓝返霜的影响

降低湿度也可以延长脱水甘蓝的返霜时间。图 4 所示,环境湿度为 $(80 \pm 5)\%$ 和 $(50 \pm 5)\%$ 时,脱水甘蓝的水分质量分数分别为 13%~16% 和 12%~14.5%,此时湿度对 3 个样品返霜天数的影响相差不大,返霜天数皆延长 2 d。但是当湿度降低至 $(30 \pm 5)\%$ 时,返霜天数显著减少。

$\pm 5\%$ 时,脱水甘蓝的返霜天数延长显著,用质量分数 25%葡萄糖预处理的脱水甘蓝延长了 30 d,其它 2 个样品均延长了 36 d. 葡萄糖的吸湿及转化过程在湿度($50\pm 5\%$)时速度已经很快.

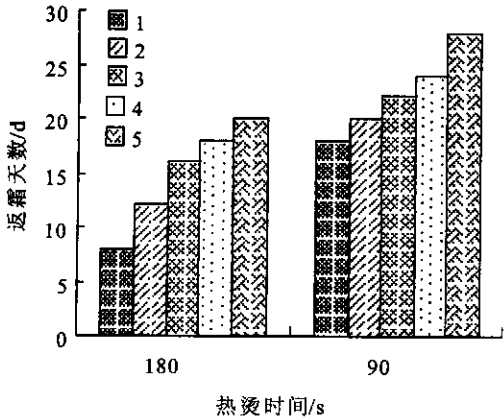


图3 热烫时间对脱水甘蓝返霜的影响

Fig. 3 Effects of blanching time on glucose accumulation of dehydrated cabbage

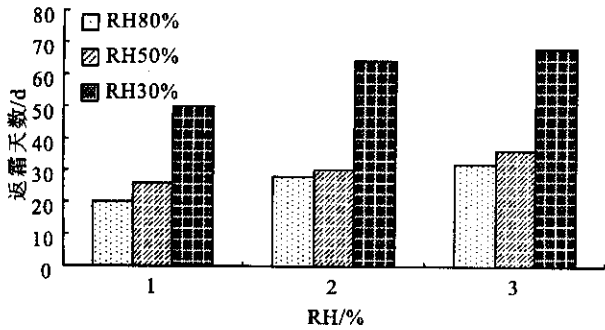


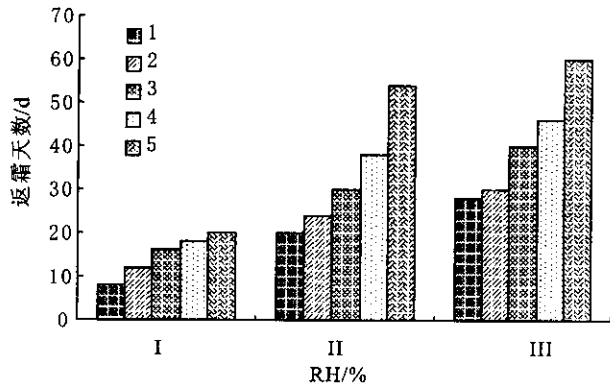
图4 湿度对脱水甘蓝返霜的影响

Fig. 4 Effects of relative humidity of storage condition glucose accumulation of dehydrated cabbage

2. 4 总糖固定条件下 3 种糖配方(葡萄糖+乳糖)对脱水甘蓝返霜的影响

脱水甘蓝在 20℃、RH($80\pm 5\%$)条件下贮藏,返霜天数见图 5(图中 1~5 为脱水甘蓝的返霜级别). 从图 5 可知,甘蓝前处理中添加质量分数 25%的葡萄糖,干制品表面极易出现白霜,脱水甘蓝由鲜艳绿色变为灰绿色,影响产品质量. 用一定量的乳糖代替葡萄糖对延长返霜时间有明显的作用. 20℃高湿[RH($80\pm 5\%$)]条件下贮藏的脱水甘蓝,葡萄糖添加量为质量分数 25%的样品在第 12 天颜色即开始暗淡,可明显看到脱水甘蓝表面覆有一层白霜(葡萄糖结晶). 添加质量分数 4%乳糖取代葡萄糖后,返霜时间由 12 d 延至 24 d,而乳糖添加量达到质量分数 8%时返霜时间可延长至 28 d,结晶速度也显著减慢. 添加质量分数 25%葡萄糖的样品颜色变化从级别 2 到 5 整个过程仅需要 8 d,而

用质量分数 4%乳糖和 8%乳糖取代的样品,皆延长了 30 d.



I. 质量分数 25%葡萄糖; II. 质量分数 20%葡萄糖+4%乳糖; III. 质量分数 16%葡萄糖+8%乳糖

图5 乳糖替代部分葡萄糖进行预处理对脱水甘蓝表面返霜的影响

Fig. 5 Effects of using fructose as substitute on glucose accumulation of dehydrated cabbage

乳糖为一分子 D-葡萄糖和一分子 D-半乳糖以 β -(1-4)糖苷键结合而成的双糖. 由于葡萄糖 C-1 位置上的—OH 和 H—结合位置不同,从而构成了水溶性低的 α -乳糖和溶解度高的 β -乳糖,溶解度分别为 8%、55%(20℃). α -乳糖和 β -乳糖在一定条件下会发生转变,并达到平衡,其平衡条件取决于温度. 当温度大于 93.5℃时,形成无定形乳糖和 β -乳糖无水物;温度低于 93.5℃时,结晶成 α -乳糖水合物^[6].

乳糖在脱水甘蓝加工及贮藏过程中比较稳定,以 α -乳糖水合物形式存在,与其它糖类比较,溶解度很低,受环境湿度的影响较小,同时很少改变干制品得率及色泽. 乳糖对葡萄糖迁移的抑制机理,一方面是因为降低了葡萄糖的含量,另一方面可能是因为 α -乳糖水合物的存在阻碍了葡萄糖的迁移.

2. 5 高麦芽糖浆与乳糖对脱水甘蓝返霜影响的比较

用乳糖代替葡萄糖可以显著延长脱水甘蓝的返霜天数,但是乳糖的价格是葡萄糖的近 3 倍. 高麦芽糖浆成分有葡萄糖、麦芽糖、麦芽三糖和麦芽四糖,其中葡萄糖质量分数 1.2%~1.3%,麦芽糖质量分数在 50%以上,麦芽三糖质量分数 11%~13%,麦芽四糖在 40%以下^[7]. 高麦芽糖浆对脱水甘蓝贮藏过程中表面返霜的抑制效果见图 6(图中 1~5 为脱水甘蓝的返霜级别). 湿度($80\pm 5\%$)条件下,高麦芽糖浆对脱水甘蓝表面葡萄糖结晶的抑制效果略好于乳糖.

麦芽糖有 α 、 β 两种异构物,有 β -含水结晶, α -含水结晶, α 、 β -络合结晶. 麦芽糖在水中的溶解度 55℃

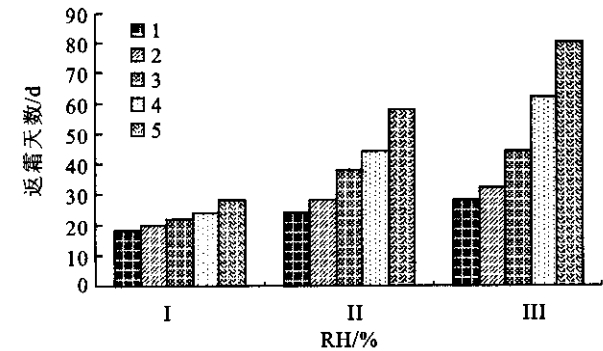
以下小于葡萄糖,温度升高后麦芽糖的溶解度比葡萄糖大,属于二糖类麦芽糖的粘度非常接近蔗糖,但含有低聚糖纯度质量分数 85%的麦芽糖比蔗糖稍大^[7];麦芽糖的络合结晶、 β -麦芽糖含水结晶分别在相对湿度为 71%和 84%时没有吸湿性,而呈稳定

的状态.在含有低聚糖或其它糖时,吸湿性会增加.麦芽糖对葡萄糖迁移的抑制机理与乳糖相似,此外麦芽糖还有较高的粘度,对葡萄糖的迁移也有阻碍作用.

3 结 论

环境湿度对葡萄糖的迁移影响显著.脱水甘蓝贮藏 in 湿度 $(30\pm 5)\%$ 的条件下,能显著延长甘蓝干制品的返霜时间;热烫时间 1.5 min 对脱水甘蓝返霜的影响效果好于 3 min.

用质量分数 8%的乳糖与葡萄糖混合预处理甘蓝能有效抑制葡萄糖的迁移.但是,乳糖的成本很高,并且脱水能力极差.麦芽糖对脱水甘蓝返霜的影响略好于乳糖,脱水效果与葡萄糖相似而优于乳糖,有利于减轻干燥过程的水负荷,并且其成本远低于乳糖.因此,研究用高麦芽糖浆部分取代乳糖很有意义,但高麦芽糖浆添加量超过质量分数 6%时,脱水甘蓝色泽变暗,不宜添加过多.



I. 质量分数 25%葡萄糖; II. 质量分数 16%葡萄糖+8%乳糖; III. 质量分数 16%葡萄糖+6%高麦芽糖浆
图 6 高麦芽糖浆替代部分葡萄糖进行预处理对脱水甘蓝表面返霜的影响

Fig. 6 Effects of using high maltose syrup as substitute on glucose accumulationon of dehydrated cabbage

参考文献:

[1] 腾葳,柳琪,郭栋梁,等. 我国脱水蔬菜的生产和产品水平标准分析[J]. 食品研究与发展,2003,24(4):97—99.
[2] 张慙. 特种脱水蔬菜加工贮藏和复水学专论[M]. 北京:科学出版社,1997. 3.
[3] 尤新. 淀粉糖品生产与应用手册[M]. 北京:中国轻工业出版社,1997.
[4] Nieto A, Castro M A. Kinetics of moisture transfer during air drying of blanched and/of osmostically dehydrated mango [J]. *Journal of Food Engineering*, 2001,50:175—185.
[5] Nieto A B, Salvatori D M. Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration ;shrinkage, porosity, density and microscopic features [J]. *Journal of Food Engineering*, 2004,61:269—278.
[6] 顾瑞霞. 乳与乳制品的生理功能特性[M]. 北京:中国轻工业出版社,2000.
[7] 杨婀娜. 淀粉糖工艺学[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1990.

(责任编辑:杨 勇)