

文章编号: 0253-4339(2011)06-0074-05

DOI编码: 10.3969/j.issn.0253-4339.2011.06.074

微波处理对甜玉米中碳水化合物的影响

王春辉 刘松 钱文文 李洁 严守雷 王清章

(华中农业大学食品科技学院 武汉 430070)

摘要 试验研究了经过微波处理的甜玉米以聚乙烯袋包装后在2℃下冷藏,其碳水化合物含量及其与调控糖分合成相关酶活性的变化。试验结果表明:经微波处理的甜玉米贮藏15天后,呼吸强度比对照组低25%以上,但含水量与对照组相比没有明显的差异;微波处理样品的可溶性糖含量比对照组高29.47%,还原糖含量比对照组高19.32%,淀粉含量比对照组低10.97%;微波处理还促进了甜玉米中蔗糖磷酸合成酶和磷酸酯酶在贮藏后期的活性,有效延缓了甜玉米贮藏期间糖分的散失。

关键词 食品包装与贮藏;甜玉米;微波;糖分;淀粉

中图分类号: TS205.9; S379

文献标识码: A

Effects of Microwave on Carbohydrate of Postharvest Sweet Corn

Wang Chunhui Liu Song Qian Wenwen Li Jie Yan Shoulei Wang Qingzhang

(College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan, 430070, China)

Abstract Effects of treatment with microwave on carbohydrate content and regulation of sugar synthesis enzyme activity of sweet corn were studied. Sweet corn was packaged with polyethylene films after treatment with microwave and stored at 2℃. The results showed that after being processed by microwave the respiration rate of sweet corn was decreased almost 25%, but the moisture content has no significant differences compared with control group. After being stored for 15 days, the soluble sugar content, reducing sugar content and starch content in microwave treatment samples was 29.47% higher, 19.32% higher and 10.97% lower respectively than that in control group. The microwave also promotes the activity of sucrose phosphate synthase and phosphatase in the late storage, and effectively delays the sugar loss during sweet corn storage.

Keywords Food package and preservation; Sweet Corn; Microwave; Sugar; Starch

甜玉米以良好的外观、质地、口感及独特的风味和丰富的营养日益受到人们的青睐,但甜玉米含糖量高、呼吸旺盛,是一种易腐农产品。甜玉米采摘后籽粒中的糖分逐渐向淀粉转化,同时脆性消失,嫩度降低,导致甜玉米食用品质下降。目前,贮藏甜玉米常用的方法是速冻冷藏^[1-2]、真空包装^[3]和气调^[4-5]。冻藏甜玉米能保持较高的糖含量,但是在解冻时籽粒硬度降低、脆性和嫩度完全丧失;气调能使甜玉米保持一定的质地,但贮藏期间甜玉米呼吸旺盛,有可能产生让人难以接受的异味。

使用微波处理能使甜玉米果穗在短时间内迅速均匀受热,从而达到灭菌灭酶的目的,且不会引入任何添加剂,操作安全简单,是一种安全、无残留毒素的绿色保鲜技术。微波作用原理的热效应已经被普遍接受^[6-7],但非热效应仍在进一步的探索阶段^[8]。在此以“华甜玉3号”甜玉米为试验材料,主要研究微波处理后的甜玉米在低温贮藏期间

蔗糖磷酸合成酶(SPS)、磷酸酯酶活性的变化及其与可溶性糖、还原糖和淀粉含量的联系,为甜玉米的采后保鲜提供理论依据和技术方法。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

“华甜玉3号”甜玉米:采自华中农业大学试验田;PLC智能控制微波炉:南京瑞港机械工程有限公司;紫外可见分光光度计:天津普瑞斯仪器有限公司;聚乙烯袋:厚度0.18mm,面积10cm×30cm。

1.2 试验方法

从试验田采收乳熟期“华甜玉3号”甜玉米,立即运往试验室,除去苞叶和花丝,挑选籽粒饱满、大小均一的果穗。用750W的微波处理50s,以未经微波处理的甜玉米为对照,将甜玉米分别封装

于聚乙烯袋内, 每种处理方法做三个重复, 置于0℃下预冷约2h, 然后在温度2℃条件下贮藏。贮藏期间每3d检测一次指标。

1.3 测定项目

水分含量测定: 直接干燥法^[9]; 呼吸强度的测定: 静置法^[9]; 淀粉含量测定: 酸水解法^[9]; 可溶性糖含量测定: 蒽酮试剂法^[9]; 还原糖含量测定: 菲林试剂法^[9]; 蔗糖磷酸合成酶活性测定: 参照齐红岩等的方法^[10], 有改动; 磷酸酯酶活性测定: 参照费美娟等的方法^[11], 单位为0.01 $\Delta OD_{405}/(\text{min} \cdot \text{g})$, 以U表示。

2 结果与分析

2.1 微波处理对甜玉米水分含量的影响

由图1可以看出, 随着贮藏时间的延长, 甜玉米的含水量逐渐下降, 两组样品的变化趋势相似, 贮藏15天时, 微波处理样品和对照组的失重率分别为2.14%和2.27%。方差分析的结果显示, 两组处理样品之间的失重率差异均不显著($p>0.05$)。试验表明, 微波处理没有能够阻止甜玉米在贮藏期间的轻微的水分散失, 微波处理的甜玉米与对照样品之间没有显著的差异。

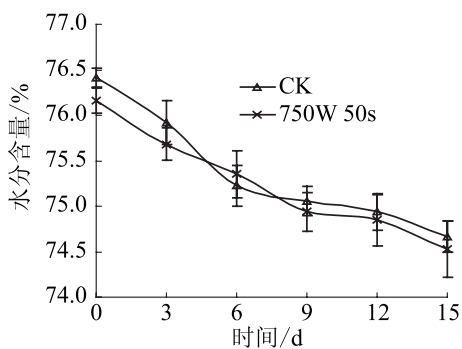


图1 微波处理对水分含量的影响

Fig.1 Effects of microwave treatment on moisture content of sweet corn

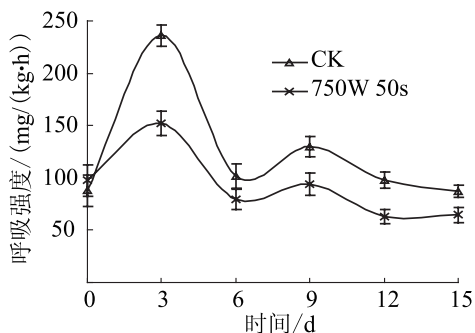


图2 微波处理对呼吸强度的影响

Fig.2 Effects of microwave treatment on respiration rates of sweet corn

2.2 微波处理对甜玉米呼吸强度的影响

由图2可以看出, 微波处理样品和对照样品的呼吸强度在贮藏期间变化趋势相近, 都在贮藏第3天出现呼吸高峰, 这说明甜玉米可能属于呼吸跃变型果蔬; 但微波处理样品的呼吸高峰比对照样品低35.57%, 这可能是由于微波处理抑制了甜玉米的呼吸作用。贮藏9d后呼吸强度持续降低, 微波处理样品的呼吸强度始终低于对照样品25%以上, 这说明微波对抑制甜玉米呼吸作用效果显著。

2.3 微波处理对甜玉米淀粉含量的影响

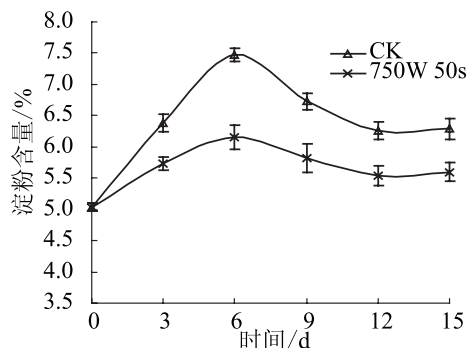


图3 微波处理对淀粉含量的影响

Fig.3 Effects of microwave treatment on starch content of sweet corn

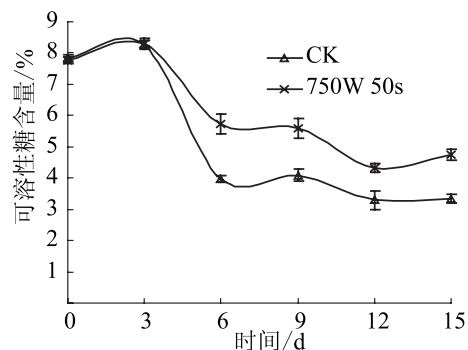


图4 甜玉米中可溶糖含量的变化

Fig.4 Effects of microwave treatment on soluble sugar content of sweet corn

由图3可以看出, 两组甜玉米样品的淀粉含量在贮藏前期都迅速升高, 并在第6天左右达到高峰, 这可能是因为甜玉米采收时正处于乳熟期, 籽粒中淀粉积累呈线性增长, 果穗采后淀粉积累继续增加; 但是甜玉米贮藏第6天时微波处理样品淀粉含量比对照样品低17.54%, 这可能是由于微波处理抑制了合成淀粉的关键酶, 减少了淀粉的积累。贮藏6天后, 两组甜玉米样品均逐渐下降, 但贮藏15天时微波处理样品比对照样品低10.97%, 这可能是由于淀粉降解以使脱离植株后甜玉米果穗维持呼吸等生命活动; 这与同一时期蔗糖磷酸合成酶

(SPS)活性恢复相吻合(见图6), SPS活性增强, 蔗糖合成量增加, 淀粉因被消耗而含量下降。甜玉米贮藏期间微波处理样品的淀粉含量始终低于对照样品, 这说明微波对降低甜玉米贮藏期间淀粉积累效果显著。

2.4 微波处理对甜玉米可溶性糖含量的影响

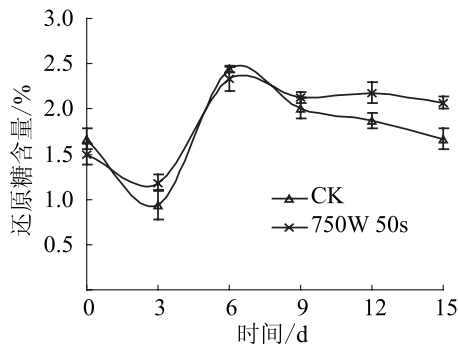


图5 微波处理对还原糖的影响

Fig.5 Effects of microwave treatment on reducing sugar content of sweet corn

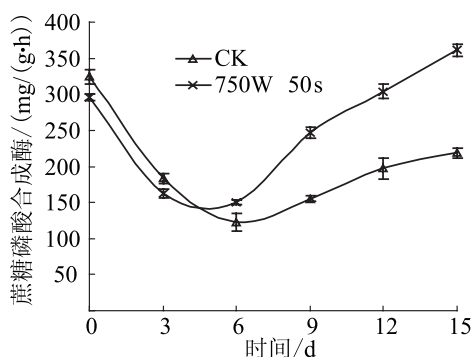


图6 微波处理对蔗糖磷酸合成酶的影响

Fig.6 Effects of microwave treatment on SPS of sweet corn

有研究表明, 收获的鲜食玉米脱离植株, 没有光合产物供呼吸消耗, 呼吸需要的能量只能分解糖分和有机物, 因而呼吸量越大, 引起的糖分分解速度就越快^[12]。甜玉米中糖分含量是评价甜玉米品质的最重要因素之一。图4可以看出, 甜玉米贮藏的前3天左右, 可溶性糖含量呈略微上升的趋势, 这可能是由于甜玉米采后多糖降解为可溶的小分子糖; 但微波处理样品的可溶性糖含量稍低于对照样品, 这可能是因为微波处理抑制了磷酸酯酶的活性(见图7), 糖分的合成量减少。在甜玉米贮藏的第3天到第6天之间, 可溶性糖含量急剧下降, 除甜玉米呼吸作用的消耗之外, 糖分转化为淀粉也是重要的原因; 但第6天时微波处理样品的可溶性糖含量比对照样品高30.71%, 这可能是微波处理抑制了调控合成淀粉的酶活性, 减少了糖分的散失。贮藏

第6天以后, 两组甜玉米可溶性糖含量趋于平稳, 这可能是由于甜玉米呼吸作用的降低并相对稳定, 糖分消耗减少, 同时部分淀粉降解以维持甜玉米果实生命活动。贮藏15天时微波处理样品比对照样品高29.47%, 结果表明, 微波处理有效减少了甜玉米可溶性糖的散失。

2.5 微波处理对甜玉米中还原糖含量的影响

由图5可以看出, 在贮藏前3天左右两组甜玉米还原糖含量都迅速下降, 这可能是因为呼吸作用的消耗, 这与甜玉米在第3天达到呼吸高峰相吻合(见图2); 但微波处理样品的还原糖比对照样品高20.30%, 这可能是由于微波处理样品的呼吸强度受到抑制, 消耗降低。从甜玉米贮藏的第3天到第6天, 两组样品的还原糖含量都急剧上升, 而这一时期的可溶性糖含量急剧下降(见图4), 这可能是由于可溶性糖中低聚糖的降解生成葡萄糖、果糖等。第6天以后两组样品的还原糖含量均缓慢下降, 这可能是因为生命活动的不断消耗; 其中微波处理样品的还原糖的含量比对照样品高19.32%, 可能是由于微波处理抑制甜玉米的呼吸作用和糖分转化相关酶活。

2.6 微波处理对甜玉米蔗糖磷酸合成酶活性的影响

蔗糖磷酸合成酶(SPS)催化以尿苷二磷酸葡萄糖和果糖-6-磷酸为底物合成尿苷二磷酸和蔗糖-6-磷酸的可逆反应^[13]。Huber(1983)曾指出蔗糖磷酸合成酶活性与淀粉积累呈现负相关, 而与蔗糖形成呈正比关系, SPS的活力大小直接影响光合产物在淀粉与蔗糖之间的分配, 还在光合产物蔗糖和淀粉的分配中起关键的调控作用^[14]。由图6和图3可以看出, 淀粉含量和SPS活性呈负相关, 与Huber的论断吻合的很好。从图6可以看出, 在贮藏的前6天, 微波处理样品SPS活性低于对照样品但两组样品的变化趋势一致, 这说明甜玉米SPS活性的迅速下降或是甜玉米自身规律或是低温所致, 与微波处理无关; 微波处理样品SPS活性低于对照样品可能是由于微波的抑制作用。贮藏6天以后, SPS活性逐渐升高, 但微波处理样品的SPS活性明显高于对照样品, 这可能是由于微波处理样品的SPS在贮藏后期活性回恢复。试验结果表明, 甜玉米SPS活性与调控糖分和淀粉含量密切相关, 微波处理使甜玉米在贮藏后期保持较高的SPS活性, 减少糖分的散失。

2.7 微波处理对甜玉米磷酸酯酶活性的影响

参考文献

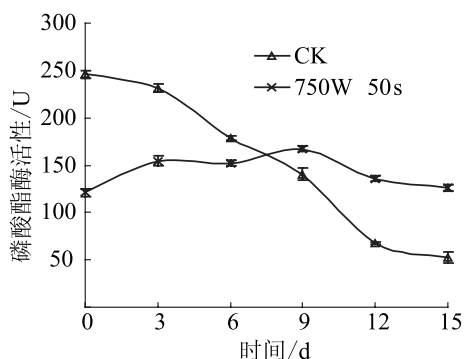


图7 微波处理对磷酸酯酶的影响

Fig.7 Effects of microwave treatment on phosphatase of sweet corn

甜玉米经SPS催化合成的蔗糖-6-磷酸在磷酸酯酶作用下生成蔗糖,这是一步不可逆反应^[15]。由图7可以看出,贮藏开始时微波处理样品的磷酸酯酶活性比对照样品低50.82%,这可能是由于微波处理抑制了磷酸酯酶活性,这与同一时期微波处理样品的可溶性糖含量稍低于对照样品相吻合(见图4)。甜玉米贮藏期间,微波处理样品的磷酸酯酶活性变化较为平缓,对照样品的磷酸酯酶活性则持续快速下降,贮藏15天后的磷酸酯酶活性比对照样品高57.94%。这说明微波处理钝化了磷酸酯酶的活性,减缓了磷酸酯酶活性的下降,有利于甜玉米糖分的保持。

3 结论

综上所述,微波处理对抑制甜玉米贮藏期间的呼吸强度效果显著,但对贮藏期间含水量的变化没有影响;微波处理促进了蔗糖磷酸合成酶和磷酸酯酶在贮藏后期的活性,与之相对应,糖分含量也高于对照样品,淀粉含量低于对照样品,这些都对甜玉米贮藏期间减少糖分散失和延缓衰老有利;同时试验也验证了前人关于蔗糖磷酸合成酶和磷酸酯酶直接调控蔗糖的合成,蔗糖磷酸合成酶活性与淀粉积累呈现负相关,而与蔗糖形成呈正比关系的结论。

试验中采用单个甜玉米果穗分别微波处理,由于甜玉米果穗之间存在个体差异,导致微波作用于不同甜玉米的剂量有差别。另外,甜玉米形状的不同和在微波炉中所在位置的不同都会造成甜玉米所受剂量的差异。若能增大取样量,并采用更精密的微波炉,可以减小剂量误差。微波处理便捷、高效,尤其是安全等优势,注定其将在食品保鲜应用中的巨大发展潜力。

- [1] 王玉兰, 乔春贵, 孙占林, 等.速冻保鲜甜玉米的营养品质分析[J].玉米科学, 1994, 2(2): 74-76. (Wang Yulan, Qiao Chungui, Sun Zhanlin, et al. Nutrition analysis of the fresh-keeping sweet corn in fast-freezing storage[J]. Maize Science, 1994, 2(2): 74-76.)
- [2] 王秀英.食品速冻保鲜研究与测试分析[J].制冷学报, 1994, 4: 45-48. (Wang Xiuying. The measurement and research on preserving freshness of quick frozen foods[J]. Journal of refrigeration, 1994, 4: 45-48.)
- [3] 石小琼, 邓金星, 张映斌.真空预冷技术在茶树菇冷藏保鲜上的应用研究[J].制冷学报, 2001, 3: 41-45. (Shi Xiaoqiong, Deng Jinxing, Zhang Yingbin. Study on the technology of vacuum pre-cooling to keep the qudemansiella radicata being fresh in cold[J]. Journal of refrigeration, 2001, 3: 41-45.)
- [4] Gamal S Riad, Jeffrey K Brecht, et al. Perforation-mediated modified atmosphere packaging of sweet corn[J]. Proc. Fla. State Hort. Soc. 2002, 115: 71-75.
- [5] 李鹏霞, 王炜, 梁丽松, 等.气调包装对松籽常温贮藏生理和品质变化的影响[J].农业工程学报, 2009, 25(11): 324-329. (Li Pengxia, Wang Wei, Liang Lisong, et al. Effects of modified atmosphere packaging on changes of physiology and quality of pine nut at ambient temperature[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(11): 324-329.)
- [6] 夏祖学, 刘长军, 闫丽萍.微波化学的应用研究进展[J].化学研究与应用, 2004, 16(4): 441-444. (Xia Zuxue, Liu Changjun, Yan Liping. Progress in microwave chemistry research and applications[J]. Chemical Research and Application, 2004, 16(4): 441-444.)
- [7] 朱德文, 岳鹏翔, 袁弟顺.不同杀青方法对绿茶品质的影响[J].农业工程学报, 2009, 25(8): 275-279. (Zhu Dewen, Yue Pengxiang, Yuan Dishun. Effects of different fixation methods on the quality of green tea[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 275-279.)
- [8] 李里特, 马莉.微波在食品加工中应用的问题和特殊效果[J].食品工业科技, 1992, (2): 3-6. (Li lite, Ma li. Microwave applications in food processing problems and special effects[J]. Food Science and Technology, 1992, (2): 3-6.)
- [9] 曹健康, 姜微波, 赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].中国轻工业出版社, 2007: 31-79.
- [10] 齐红岩, 李天来, 陈元宏, 等.叶面喷施磷酸二氢钾与葡萄糖对番茄光合速率和蔗糖代谢的影响[J].农业工程学报, 2005, 21(S): 137-142. (Qi Hongyan, Li Tianlai, Chen Yuanhong, et al. Effects of foliage applications of KH_2PO_4 and glucose on photosynthesis and sucrose metabolism of tomato[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(Supp): 137-142.)
- [11] 费美娟, 陈建省, 王晓云.小麦叶片磷酸酯酶生化特性

- 的研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(1): 110-116. (Fei Meijuan, Chen Jiansheng, Wang Xiaoyun. Biochemical properties of phosphatase in the leaves of wheat[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2006, 26(1): 110-116.)
- [12] 翟广谦, 陈永欣, 田福海. 糯玉米速冻加工技术研究[J]. 山西农业科技, 1998, 26(1): 76-79. (Zhai Guangqian, Chen Yongxin, Tian Fuhai. A study on techniques of waxy corn fast-freezing and processing[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 1998, 26(1): 76-79.)
- [13] 刘凌霄, 沈法富, 卢合全, 等. 蔗糖代谢中蔗糖磷酸合成酶 (SPS) 的研究进展[J]. 分子植物育种, 2005, 3(2): 275-281. (Liu Lingxiao, Shen Fafu, Lu Hequan, et al. Research Advance on Sucrose Phosphate Synthase in Sucrose Metabolism[J]. Molecular Plant Breeding, 2005, 3(2): 275-281.)
- [14] Steven C, Huber, Joan L. Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology[J]. Role and regulation of sucrose-phosphate synthase in higher plants, 1996, 47:

431-444.

- [15] 陈俊伟, 张上隆, 张良诚. 果实中糖的运输代谢与积累及其调控[J]. 植物生理与分子生物学报, 2004, 30(1): 1-10. (Chen Junwei, Zhang Shanglong, Zhang Liangcheng. Sugar transport, metabolism, accumulation and their regulation in fruits[J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2004, 30(1): 1-10.)

作者简介

王清章, 男(1953—), 教授, 食品科技学院, 湖北省武汉市华中农业大学, 430070, (027)87281953, Email: qingzw@mail.hzau.edu.cn. 研究方向: 农产品贮藏及加工。

About the author

Wang Qingzhang, (1953—), male, professor, College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University Wuhan City Hubei Province, 430070, (027)87281953, Email: qingzw@mail.hzau.edu.cn. Research fields: Processing and storage of agriculture products.

制 冷 学 报

(1979年创刊, 双月刊)

2011年12月16日 第32卷 第6期

Journal of Refrigeration

(Started in 1979, Bimonthly)

2011-12-16 Vol.32 No.6

主管单位: 中国科学技术协会

主办单位: 中国制冷学会

出版单位: 《制冷学报》编辑部

主 编: 吴元炜

印刷单位: 河北欣航测绘院印刷厂

发 行: 中国制冷学会秘书处

Responsible Institution: China Association for Science and Technology

Sponser: Chinese Association of Refrigeration

Published by: "Journal of Refrigeration" Editorial Department

Chief Editor: Wu Yuanwei

Printing by: Printing plant of Hebei Xinhang Surveying and Mapping Institute

Distributed by: Chinese Association of Refrigeration

ISSN0253-4339
CN11-2182/TB

境内定价: 人民币7.5元

境外定价: 美元5元