DOI：10. 13718/j. cnki. xdzk. 2014. 12. 001

杨梅采后低温贮藏期间蔗糖代谢酶活性与果实花色苷合成关系的研究①

汪开拓[1,2]， 廖云霞[1]， 阚建全[2]， 韩 林[1]， 马 莉[1]， 许 凯[1]

1. ， 404100；2. ， 400715

摘要：以“乌种”杨梅果实为试材，在不同低温下测定果实腐烂率、硬度、可溶性糖组分、蔗糖代谢酶活性、尿苷二磷酸葡萄糖、总花色苷以及矢车菊-3-葡萄糖含量，分析低温贮藏期间杨梅果实蔗糖代谢酶活性变化与花色苷合成的关系. 结果表明：1 ℃贮藏较 5 ℃或 10 ℃贮藏更为显著地延缓了杨梅果实在贮藏期间腐烂率的上升和果实硬度的下降，从而有效延长了果实贮藏期；此外，1 ℃下贮藏可有效降低杨梅果实贮藏期间 AI，SPS 和 SS2 活性并显著诱导 SS1 活性的上升，果实中葡萄糖和蔗糖含量显著低于 5 ℃或 10 ℃贮藏下的果实. 而果糖、尿苷二磷酸葡萄糖、总花色苷和 C3G 含量则显著高于 5 ℃或 10 ℃贮藏下的果实. 由此推测，1 ℃下的低温贮藏可有效调控杨梅果实中蔗糖代谢酶的活性，促进蔗糖逐渐水解为尿苷二磷酸葡萄糖，从而为果实花色苷合成提供充足底物.

关 键 词：杨梅；低温；品质；蔗糖代谢酶；花色苷

中图分类号：**TS255. 3** **文献标志码**：**A** **文章编号**：1673-9868(2014)12-0001-07

(*Myrica rubra* Seib & Zucc.) , ,
、 , , [1].
, , , 1～3 d
. , ,
[2-3].
,
、 , ,
、 , [4]. ,
(phenylpropnaoid pathway, PPP) ,
(UDPG) [5]. UDPG ,
[6]. ,
, UDPG , ,
, UDPG [7].
, , ,
(1 ℃,5 ℃ 10 ℃) 、 、UDPG
, ,

① ：2014-04-30
： (31201440)； (212141)；
(2014M552300)； (CSTC2011jjA80018)； (KJ121120)；
(201302) .
： (1983-)， ， ， ， ， .

.

1 材料与方法

1.1 材 料

“ ”(*Mycira rubra* Sieb. et Zucc. Cv Wumei) (16.7±1.6) g, , 2～3 h , , . , a* 10 , , [3].

1.2 处理方法

, 10 ℃ [8], 1 ℃,5 ℃ 10 ℃. : 3 , (20 cm×12 cm×8 cm) , (1±0.5) ℃、(5±0.5) ℃ (10±0.5) ℃、(90～95)% RH , 30% ( ). (0 d) 2 d , ; −60 ℃ , . 8 kg , 30 , 3 .

1.3 指标测定

1.3.1 腐烂率

/%=(/)×100

1.3.2 硬 度

TAPlus , 5 mm, 1 mm/s, N/cm² .

1.3.3 蔗糖磷酸合成酶(SPS)、蔗糖酸性转化酶(AI)、分解方向的蔗糖合成酶(SS1)和合成方向的蔗糖合成酶(SS2)活性的测定

[9]. AI SPS Lowell Hubbard [10-11]、SS1 SS2 [12], U/mg .

1.3.4 可溶性糖组分和UDPG含量的测定

5 g 20 mL 0.05 mol/L Tris-HCl (pH7.5) , 20 min(10 000×g、2 ℃), 10 mL 10 min. 30 mL , 20 min(10 000×g、2 ℃) , 25 mL HPLC . UDPG Cao [13-14] , , UDPG μmol/g FW .

1.3.5 花色苷及矢车菊-3-葡萄糖苷(C3G)含量的测定

pH [15]; HPLC C3G [16]. -3- C3G mg/g FW .

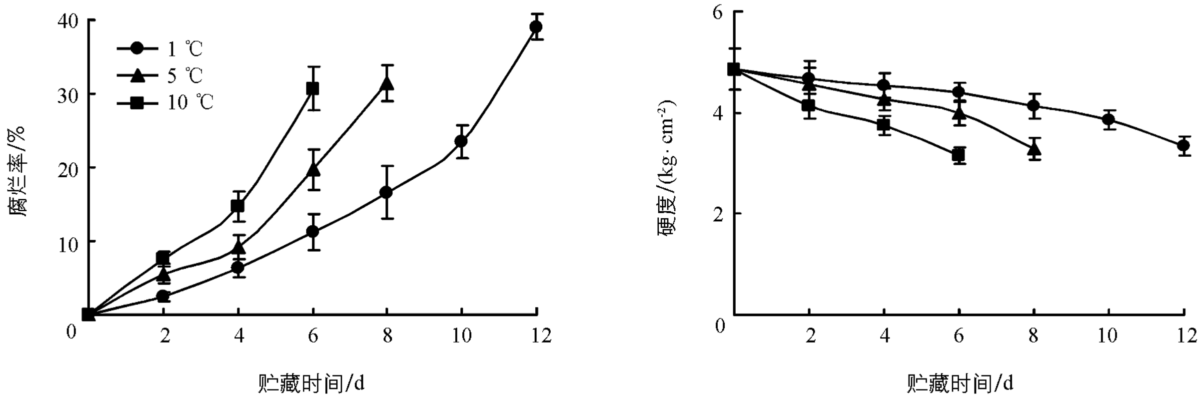
1.4 数据分析

SAS 8.2 , ,5% . 10 , 3 .

2 结果与分析

2.1 不同温度下贮藏对杨梅果实腐烂率和硬度的影响

, , . 10 ℃ 6 d、5 ℃ 8 d 1 ℃ 12 d , 30.8%,32.1% 39.2%, 35.7%,32.9% 34.2%, . 1 ℃ , (1).



A B

图 1 杨梅果实在不同温度贮藏期间腐烂率(A)和硬度(B)的变化

2.2 不同温度下贮藏对杨梅果实蔗糖代谢相关酶活性的影响

10 ℃ ， AI SS1 ($p>0.05$) ， SPS SS2 ， 10 ℃ . 5 ℃ ， AI，SPS SS2 ($p<0.05$) 10 ℃ ， SS1 2 d ， 10 ℃ 42.5%， ； 1 ℃ ， AI，SPS SS2 ， 5 ℃ ， ， SS1 2 d ， 5 ℃

2.3 不同温度下贮藏对杨梅果实可溶性糖含量的影响

1～10 ℃ , , 1 ℃ 5 ℃ 10 ℃ . 5 ℃ 10 ℃ , , 5 ℃ ($p<0.05$) 10 ℃ ; 1 ℃ , ($p<0.05$) 5 ℃ 10 ℃ (3).

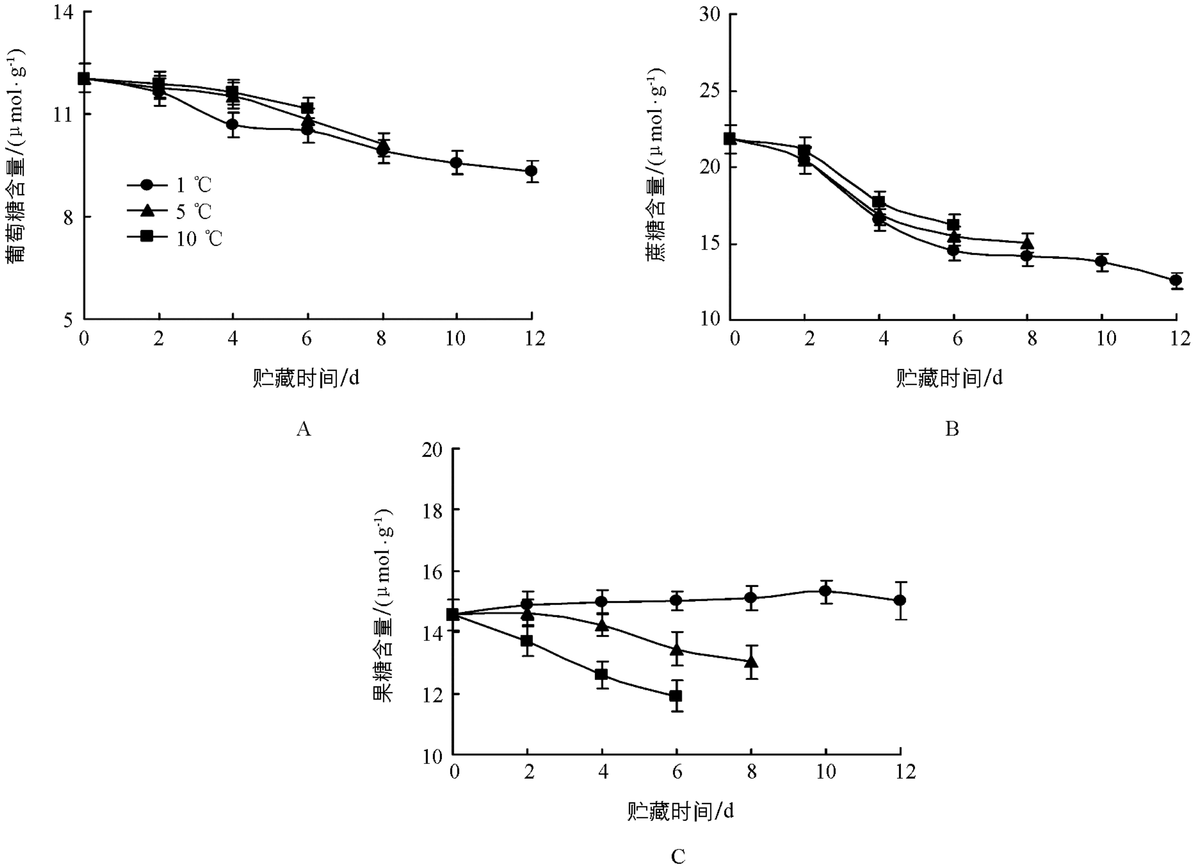


图3 杨梅果实在不同温度贮藏期间葡萄糖(A)、蔗糖(B)和果糖(C)含量的变化

2.4 不同温度下贮藏对杨梅果实UDPG含量的影响

UDPG , [7]. 4 , 5 ℃ 10 ℃ , UDPG , 10 ℃ UDPG ($p<0.05$) 5 ℃ ; 1 ℃ 4 d, UDPG , 4 d , 1.31 , .

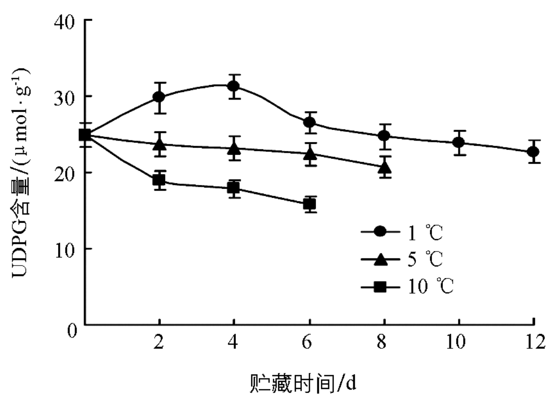
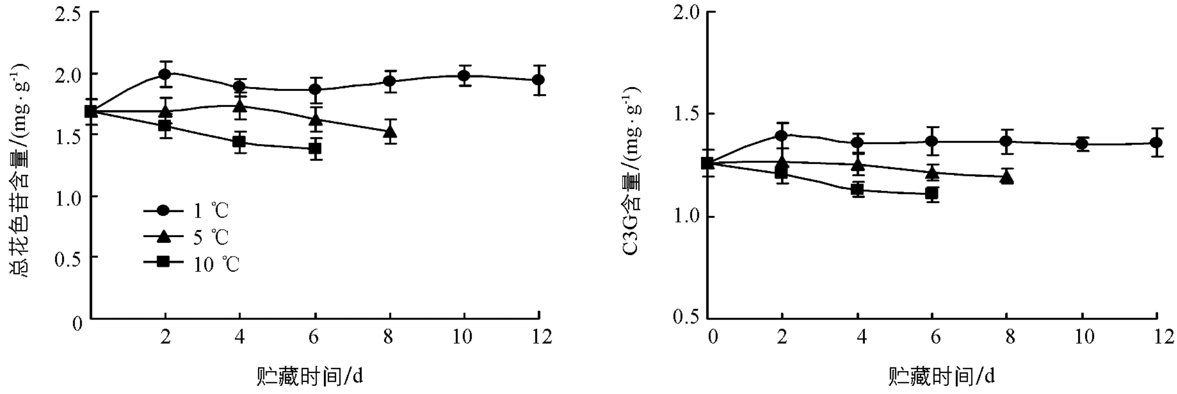


图4 杨梅果实在不同温度贮藏期间UDPG含量的变化

2.5 不同温度下贮藏对杨梅果实总花色苷和C3G含量的影响

, C3G [4]. 5 , , C3G . 5 ℃ 10 ℃ , C3G , 5 ℃ C3G ($p<0.05$) 10 ℃ ; 1 ℃

C3G , C3G 2 d ,
.



A　B

图 5　杨梅果实在不同温度贮藏期间总花色苷(A)和 C3G(B)含量的变化

3　讨　论

, 、
[17]; , ,
, [2].
, , [8],
, [18-19]. , 1 ℃
5 ℃ 10 ℃ ; 1 ℃ 12 d , 30% ,
5 ℃ 8 d 10 ℃ 6 d 30%(1), 1 ℃
. (−0.5 ℃ 0 ℃) , 1 ℃
.

、 ,
, UDPG :
UDPG 、
$C_6-C_3-C_6$,
[20]; UDPG AI, SPS SS :
SPS SS1( ) , SPS 6 - UDPG
6 - , 6 - ; SS1 UDPG
; AI SS2( ) , AI
, ; SS2 UDPG[21]. ,
1 ℃ AI, SPS SS2 , 5 ℃ 10 ℃
, SS1 2 d , 5 ℃ 10 ℃ (2);
5 ℃ 10 ℃ 2 d 1 ℃ , UDPG
1 ℃ (3 4); ,
C3G 1 ℃ 5 ℃ 10 ℃ (5). ,
1 ℃ , SPS SS2 , AI ,
SS1 UDPG , 1 ℃
UDPG , UDPG
. , 1 ℃ ,

, UDPG , UDPG,
. , UDPG
[22].
.

4 结 论

1) 1 ℃ 5 ℃ 10 ℃ ,
.

2) 1 ℃ , AI,SPS SS2 , SS1 ,
UDPG, .

参考文献:

[1] BAO J S, CAI Y Z, SUN M, et al. Anthocyanins, Flavonols and Free Radical Scavenging Activity of Chinese Bayberry (*Myrica rubra*) Extracts and Their Color Properties and Stability [J]. J Agric Food Chem, 2005, 53(6): 2327-2332.

[2] , , , . [J]. , 1994, 21(3): 213-216.

[3] ZHANG W S, CHEN K S, ZHANG B, et al. Postharvest Responses of Chinese Bayberry Fruit [J]. Postharvest Biol Technol, 2005, 37(3): 241-251.

[4] DING M, FENG R, WANG S Y, et al. Cyanidin-3-Glucoside, a Natural Product Derived from Blackberry, Exhibits Chemopreventive and Chemotherapeutic Activity [J]. J Biol Chem, 2006, 281(25): 17359-17368.

[5] , , , . [J]. , 2011, 37(9): 221-225.

[6] GUO R F, YUAN G F, WANG Q M. Effect of Sucrose and Mannitol on the Accumulation of Health-Promoting Compounds and the Activity of Metabolic Enzymes in Broccoli Sprouts [J]. Sci Hort, 2011, 128(3): 159-165.

[7] FERRI M, RIGHETTI L, TASSONI A. Increasing Sucrose Concentrations Promote Phenylpropanoid Biosynthesis in Grapevine Cell Cultures [J]. J Plant Physiol, 2011, 168(3): 189-195.

[8] YANG Z F, CAO S F, JIN P, et al. Quality and Physiological Responses of Chinese Bayberry Fruit to Storage Temperature [J]. J Hortic Sci Biotechnol, 2012, 85(4): 271-276.

[9] , , , . [J]. , 2006, 32 (4): 438-444.

[10] LOWELL C A, TOMLINSON P T, KOCH K E, et al. Sucrose Metabolizing Enzymes in Transport Tissue and Adjacent Sink Structures in Developing Citrus Fruit [J]. Plant physiol, 1989, 90(4): 1394-1402.

[11] HUBBARD N L, HUBER S C, PHARR D M. Sucrose Phosphate Synthase and Acid Invertase as Determinants of Sucrose Concentration in Developing Muskmelon (*Cucumis melo* L.) Fruits [J]. Plant Physiol, 1989, 91(4): 1527-1534.

[12] , , , . [J]. , 2001, 28(2): 112-118.

[13] CAO S F, ZHENG Y H, YANG Z F, et al. Effect of Methyl Jasmonate on Quality and Antioxidant Activity of Postharvest Loquat Fruit [J]. J Sci Food Agric, 2009, 89(12): 2064-2070.

[14] , , , . [J]. , 2003, 21(6): 580-583.

[15] CHENG G W, BREEN P J. Activity of Phenylalanine Ammonia Lyase (PAL) and Concentration of Anthocyanins and Phenolics in Developing Strawberry Fruit [J]. J Am Soc Hortic Sci, 1991, 116(5): 865-869.

[16] WANG K T, JIN P, SHANAG H T, et al. Effect of Methyl Jasmonate in Combination with Ethanol Treatment on Postharvest Decay and Antioxidant Capacity in Chinese Bayberries [J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(17): 9597-9604.

[17] , . [J]. , 2011, 32(8): 291-295.

[18] ， ， ， . [J]. ： ，2012，34(6)：30－35.

[19] ， ， . [J]. ： ，2012，34(8)：025－029.

[20] HAHLBROCK K，SCHEEL D. Physiology and Molecular Biology of Phenylpropanoid Metabolism [J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol，1989，40(1)：347－369.

[21] JANG J C，SHEEN J. Sugar Sensing in Higher Plants [J]. The Plant Cell，1994，6(11)：1665－1679.

[22] SOLFANELLI C，POGGI A，LORETI E，et al. Sucrose-Specific Induction of the Anthocyanin Biosynthetic Pathway in Arabidopsis [J]. Plant Physiol，2006，140(2)：637－646.

A Study on Relationship Between Changes in Activities of Sucrose Metabolism-Related Enzymes and Anthocyanin Synthesis in Harvested Chinese Bayberries During Low Temperature Storage

WANG Kai-tuo[1,2]，LIAO Yun-xia[1]，KAN Jian-quan[2]，Han Lin[1]，MA Li[1]，XU Kai[1]

1. College of Life Science and Engineering，Chongqing Three Gorges University，Wanzhou Chongqing 404100，China；

2. School of Food Science，Southwest University，Chongqing 400715，China

Abstract：The harvested Chinese bayberries cv. ‘Wumei’ were stored at 1 ℃，5 ℃ and 10 ℃ and decay incidence，firmness，activities of sucrose metabolism-related enzymes，contents of soluble sugars，UDPG，total anthocyanin and cyanidin-3-glucoside in the fruit were measured at 2-day intervals in order to analyze the relationship between change in activities of fruit sucrose metabolism-related enzymes and anthocyanin synthesis during low temperature storage. The results demonstrated that compared with the fruit stored at 5 ℃ or 10 ℃，storage at 1 ℃ significantly inhibited decay occurrence and firmness softening，thus resulting in remarkable extension of fruit storing period. Again，compared with the fruit stored at 5 ℃ or 10 ℃，storage at 1 ℃ effectively lowered the activities of AI，SPS and SS2 and increased SS1 activity in the stored fruit；and had lower glucose and sucrose contents and higher fructose，UDPG，total anthocyanins and C3G contents. It is，therefore，speculated that storage at 1 ℃ can effectively regulate the activities of sucrose metabolism-related enzymes and promote a gradual hydrolyzation of sucrose to UDPG，thus supplying abundant substrate for anthocyanin synthesis.

Key words：Chinese bayberry；low temperature；quality；sucrose metabolism-related enzyme；anthocyanin

责任编辑　欧　宾