

# 不同贮藏温度对磴口华莱士蜜瓜质构特性、理化指标、感官品质变化及相关性分析

刘聪<sup>1</sup>, 李亚珍<sup>1</sup>, 尹嘉敏<sup>1</sup>, 邓云<sup>2</sup>, 孙静<sup>1</sup>, 王吉力特<sup>1</sup>

(1. 河套学院农学系 内蒙古巴彦淖尔 015000; 2. 上海交通大学农业与生物学院 上海 200240)

**摘要:**以磴口华莱士蜜瓜为试材,研究不同贮藏温度对其采后果实质构特性、理化指标、感官品质变化及相关性分析。选用成熟度一致的果实随机分为2组,放置于常温(28℃)和低温(6℃)条件,每隔1d进行感官评定,常规理化指标检测、质地多面分析(TPA)及整果穿刺试验。结果显示,低温贮藏能有效减缓果实可溶性固形物和有机酸含量的下降,有效延缓果皮硬度、果肉硬度和咀嚼性等的下降,并抑制果实的软化,较常温贮藏延长贮藏期12d。相关性分析表明,质构参数之间、质构参数与感官品质指标之间存在不同程度的相关性。综上所述,磴口华莱士蜜瓜果皮硬度、咀嚼性和内聚性等均能较好地反映果实品质的变化,可作为其品质评价指标;该结果为开发磴口华莱士蜜瓜的贮藏保鲜技术提供了科学依据。

**关键词:**磴口华莱士蜜瓜;质构特性;质地多面分析(TPA);低温贮藏

中图分类号:S652 文献标志码:A 文章编号:1673-2871(2022)01-047-07

## Correlation analysis of changes in texture characteristics, physical and chemical indexes and sensory quality of Dengkou Hualaishi melon at different storage temperatures

LIU Cong<sup>1</sup>, LI Yazhen<sup>1</sup>, YIN Jiamin<sup>1</sup>, DENG Yun<sup>2</sup>, SUN Jing<sup>1</sup>, WANG Jilite<sup>1</sup>

(1. Department of Agriculture, Hetao College, Bayannur 015000, Inner Mongolia, China; 2. School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

**Abstract:** In this study, Dengkou Hualaishi melon was used to evaluate the effect of different storage temperature on the textural properties, physical and chemical indexes, and sensory quality change after postharvest. The melons were divided into two groups and then stored at 28℃ and 6℃ respectively. Each group has same maturity. Sensory assessment, physical and chemical indexes analysis, textural profile analysis (TPA), and puncture detection experiments were quantified every two days. The results indicated that cryopreservation can effectively slow down the content decrease of soluble solids and organic acid, and maintain the nutrition and flavor, even prolong the storage time more than 12 days. Moreover, hardness of peel and pulp, chewiness and softening of melons changed slowly under a low temperature. Correlation analysis results showed that there were different degrees of correlation within the texture parameters and between texture parameters with sensory quality indicators. In conclusion, hardness of peel and pulp, chewiness, elasticity and cohesion could better reflect the changes in melon quality, and could be used as evaluation index for the quality of Dengkou Hualaishi melon; the results provided scientific data support for storage and preservation of Dengkou Hualaishi melon.

**Key words:** Dengkou Hualaishi melon; Structure characteristics texture; Textural profile analysis (TPA); Storage low temperature

磴口华莱士蜜瓜属于葫芦科甜瓜属的厚皮甜瓜,是内蒙古巴彦淖尔市磴口县的著名特产,河套地区地处黄河沿岸,日照时间长,昼夜温差大,气候干旱少雨,为其提供了优越的生长环境<sup>[1-2]</sup>。磴口华

莱士蜜瓜因具有香气浓郁、醇香甘甜、风味独特等特征已成为国家名优特产品之一,久负盛名<sup>[2-3]</sup>。磴口华莱士蜜瓜属典型的呼吸跃变型果实,其采收期正值高温季节,呼吸作用增强,成熟加快,极易腐败

收稿日期:2021-07-23;修回日期:2021-12-14

基金项目:内蒙古自治区高校“青年科技英才”支持计划(NJYT-20-B12);巴彦淖尔市科技创新驱动专项项目(k202115);河套学院院级项目(HYZY202008, HYZX202165)

作者简介:刘聪,女,讲师,研究方向为食品营养与功能因子研究。E-mail:liucong520wang@163.com

通信作者:王吉力特,男,副教授,研究方向为食品营养与功能因子研究。E-mail:wangjilite@126.com

变质,严重影响其贮藏品质及食用价值<sup>[4]</sup>。因此,研究采后质构变化及理化品质,探索有效贮藏保鲜方法,对减少其采后损失、提高经济效益、加速“天赋河套”农畜产品区域品牌<sup>[5]</sup>的推广具有重要意义。

果蔬在采后加工、运输、贮藏和销售等环节中其品质不可避免地会受到不利因素的影响<sup>[6]</sup>,质构是衡量果蔬产品品质的重要指标之一。徐飞等<sup>[7]</sup>探讨低温贮藏对菠萝蜜质构特性及理化品质的影响,结果表明,果苞贮藏模式在低温贮藏期内品质较好。宋肖琴等<sup>[8]</sup>对枇杷果实采后质地变化进行研究,结果表明,在 20℃和 0℃贮藏温度下 4 种果实的硬度、黏着性等质构参数随贮藏时间延长而增加,而出汁率均明显下降。刘莉等<sup>[9]</sup>采用质地多面分析(TPA)、穿刺和剪切 3 种方法,对 6 个品种的甜瓜果肉质构进行测定,并进行相关性分析,结果表明,由 TPA 获得的硬度、黏着性、咀嚼性及穿刺获得的脆性和平均硬度,能反映不同品种甜瓜果肉的质地差异。潘好斌等<sup>[10]</sup>分析了 10 种薄皮甜瓜的 8 个质构指标、6 个质地相关的化学指标,并通过相关性分析、因子分析、系统聚类分析,建立了一套综合评价薄皮甜瓜果实质地品质的方法。

目前,对磴口华莱士蜜瓜的研究,主要集中于栽培<sup>[11]</sup>,气候适宜度分析<sup>[12]</sup>,果实采后成熟、衰老以及生理等方面<sup>[12]</sup>。而对不同贮藏温度对华莱士瓜质构特性的研究鲜见报道。本试验中,分析了不同贮藏温度条件下磴口华莱士蜜瓜贮藏期间的质地参数变化,以期为其采后贮藏保鲜技术的开发提供科学依据。

## 1 材料与方方法

### 1.1 材料

试验用蜜瓜均为磴口华莱士蜜瓜,成熟度为八成熟、大小均匀、无机械损伤的果实。2020 年 7 月 28 日购置于内蒙古巴彦淖尔市磴口县田地。

### 1.2 试验仪器

TMS-Pilot 质构仪(美国 FTC 公司);PAL-1 便携式手持折光仪(日本爱岩石公司);超纯水机(英国 ELGA Micra);YC-1 层析柜(北京博医康实验仪器有限公司);PR-124ZH 分析天平(奥豪斯仪器有限公司);ST3100 pH 计(奥豪斯仪器有限公司)。

### 1.3 方法

1.3.1 样品处理 采摘当天运至实验室,选择大小均匀、成熟度一致、无机械损伤的果实随机分为两组,分别进行常温和低温贮藏试验,常温为内蒙古

巴彦淖尔市 7—8 月份室内温度 28℃;参照房世杰等<sup>[13]</sup>的基础上略作改动,选定低温为 6℃。第 2 天开始取样(记作贮藏 0 d),每隔 1 d 随机各取 3 颗华莱士瓜,进行外部感官评定后,分别对果实(如图 1 所示)柄周、中部赤道和果顶部位进行穿刺测试;其次,将果实分别纵向均匀切分为两半,进行内部感官评定;再用圆柱形打孔器( $\phi=1.8\text{ cm}$ )沿果实纵径中间部位(如图 2 所示)由果肉内部向外打孔,切取圆柱形果肉;最后进行相关的质地多面分析(TPA)测试及理化检测。

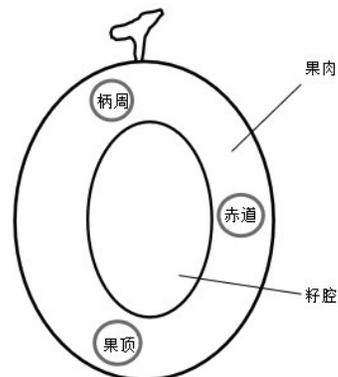


图 1 穿刺部位示意图

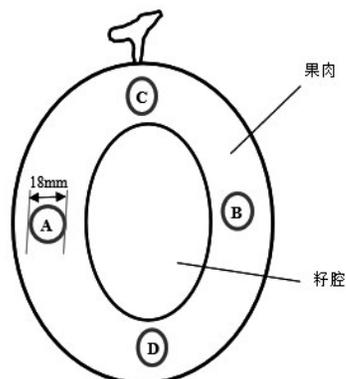


图 2 果肉取样的部位

1.3.2 感官评定 先将磴口华莱士蜜瓜依次编号并放置在白色板上,邀请 5 名经过一定感官培训的人员对其外观、内部进行感官评定。评价内容包括果皮特征、果实硬度、整果气味、果肉质地、果肉气味、甜度等。在感官品评时,评价员彼此之间不能讨论交流,随机品尝已编号的样品,3 次重复,并对照感官评价评分标准(表 1)进行打分,取其平均值。

1.3.3 质构仪整果穿刺测定 参照文献[14]方法的基础上略作改动,将试样置于 MS-Pilot 质构仪 TMS 6( $\phi=2\text{ mm}$ )探头下做穿刺试验。参数设置为:测试速度  $1.0\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ ,穿刺深度为 20 mm,触发力为 5 g。由质地特征曲线得到表征质地状况的评价参数:果皮硬度。

表1 瓯口华莱士蜜瓜感官评价评分标准

感官指标	2~4分	5~7分	8~10分
果皮特征	金黄、表面凹凸、有霉斑点	黄、表面少许凹凸、有少许斑点	黄微绿、表面光滑、无斑点
果实硬度	柔软	较硬	坚硬
整果气味	瓜皮外闻不到瓜香	瓜皮外可闻到淡淡的瓜香	瓜皮外即可闻到很浓的瓜香
果肉气味	果肉略有香味	果肉可闻到香味	果肉可闻到很浓的香甜味
果肉质地	质地绵软、汁液干扁、粗糙	质地松软、汁液偏少、稍有收缩	质地酥脆、汁液饱满、有弹性
甜度	微甜	甜	甘甜

1.3.4 果肉出汁率的测定 根据潘秀娟等<sup>[15]</sup>方法进行测定。在果实赤道面,用圆形打孔器取1.8 cm×1.8 cm圆柱形果肉,挤压1次,用称重法计算果实受压变形90%的失重率。

1.3.5 可溶性固形物含量测定 从每个华莱士瓜赤道部位均匀选取4个位点取果肉,用纱布过滤打浆后的蜜瓜汁,采用手持折光仪测定可溶性固形物含量。

1.3.6 有机酸含量测定 采用酸碱滴定法<sup>[16]</sup>测定,3次重复,取其平均值。

1.3.7 质构仪质地多面分析(TPA)的测定方法 沿果梗,将果实纵向均匀切分为两半,使用内径1.8 cm的打孔器按图2所示测点A、B、C、D取果肉试样。将其置于MS-Pilot质构仪TMS 38( $\phi=60$  mm)探头下做TPA试验。参考刘翔等<sup>[17]</sup>的实验参数,并稍作调整,压缩速度 $1.0\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ ,压后上行速度 $1.0\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ ,2次压缩中间停顿5 s,试样受压变形

30%,触发力为5 g。由质地特征曲线得到表征果肉质地状况的评价参数:硬度、咀嚼性、内聚性、黏附性和弹性。

1.3.8 数据处理与分析 采用Excel进行数据统计,采用SPSS 20.0软件进行相关性分析及方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同贮藏温度对瓯口华莱士蜜瓜感官品质的影响

由表2可知,随着贮藏时间的增加,蜜瓜各项感官品质呈下降趋势。常温贮藏4 d后,果皮特征、果实硬度、整果气味、果肉质地分值都急速下降,甜度下降缓慢;贮藏10 d感官品质严重下降,丧失商品价值;而低温贮藏0~10 d期间,感官品质基本无显著性变化,较好地保持了鲜果的感官品质。低温贮藏18 d开始,果皮颜色迅速加深,呈红褐色并伴

表2 不同贮藏温度对瓯口华莱士蜜瓜感官品质得分的影响

贮藏时间/d	果皮特征		果实硬度		果肉质地		果肉气味		甜度		整果气味	
	28℃	6℃	28℃	6℃	28℃	6℃	28℃	6℃	28℃	6℃	28℃	6℃
0	8.7±0.17 a	8.6±0.18 a	8.3±0.33 a	9.0±0.00 a	8.8±0.15 a	8.7±0.17 a	7.9±0.20 ab	8.0±0.17 ab	8.1±0.20 a	8.0±0.24 a	8.2±0.15 a	8.0±0.24 a
2	8.1±0.20 a	8.0±0.17 ab	7.8±0.15 a	8.8±0.15 a	8.1±0.11 ab	8.3±0.17 a	8.2±0.15 ab	7.8±0.15 ab	8.2±0.15 a	7.8±0.15 a	7.8±0.15 ab	7.7±0.24 ab
4	8.6±0.24 a	7.7±0.17 b	8.8±0.15 a	8.6±0.18 a	7.8±0.15 b	8.1±0.11 ab	8.7±0.17 a	8.3±0.17 a	7.9±0.29 ab	7.3±0.17 ab	7.4±0.18 ab	7.9±0.20 a
6	5.3±0.17 b	8.2±0.22 ab	5.8±0.32 b	8.4±0.18 a	6.8±0.22 c	7.8±0.15 ab	7.4±0.18 b	7.1±0.20 bc	6.2±0.22 bc	7.2±0.22 ab	7.0±0.24 b	7.1±0.26 ac
8	5.2±0.15 b	7.9±0.20 ab	5.7±0.29 b	8.4±0.18 a	5.4±0.18 d	7.3±0.24 bc	6.3±0.24 c	7.1±0.39 bc	6.3±0.17 bc	8.0±0.24 a	5.1±0.20 c	7.0±0.29 ac
10	3.2±0.15 c	5.3±0.17 cd	4.4±0.24 c	5.6±0.24 b	4.1±0.26 e	6.8±0.15 cd	6.2±0.36 c	6.2±0.40 c	5.4±0.24 c	6.8±0.22 b	4.1±0.26 d	6.7±0.17 bc
12		5.6±0.18 c		5.7±0.17 b		6.0±0.24 de		6.6±0.24 c		7.1±0.20 ab		6.4±0.18 cd
14		5.6±0.18 c		5.6±0.18 b		5.8±0.32 e		6.8±0.22 c		6.8±0.22 b		6.6±0.18 cd
16		5.3±0.17 cd		5.3±0.17 b		5.6±0.18 e		6.2±0.22 c		5.6±0.18 c		5.7±0.17 de
18		4.7±0.17 de		4.7±0.22 c		5.3±0.24 ef		6.6±0.18 c		5.3±0.24 cd		5.0±0.24 ef
20		4.2±0.15 e		4.2±0.24 cd		4.4±0.18 fg		6.4±0.29 c		4.4±0.18 de		4.4±0.24 f
22		3.3±0.17 f		3.9±0.22 e		3.6±0.24 g		5.0±0.24 d		3.6±0.24 e		4.2±0.22 f

注:平均值±标准差,同列均值有不同小写字母表示在0.05水平差异显著。后同。

有灰色或黑色的霉斑;整果香气变淡,果肉颜色变为黄白色;质地绵软、微甜、果肉开始溃败腐烂,22 d失去商品价值。有趣的是,果肉气味下降速度缓慢,变化不大。该结果可能与蜜瓜果皮厚度、果肉组织等有关系,需要进行更深层的研究。以上结果表明,不同贮藏温度对瓞口华莱士蜜瓜的感官品质和商品价值有较大的影响,低温贮藏的保鲜效果优于常温贮藏,可延长12 d。

## 2.2 不同贮藏温度对瓞口华莱士蜜瓜理化指标的影响

## 影响

由表3可知,随着贮藏时间的增加,可溶性固形物含量均呈先下降、后上升、再下降的变化趋势。常温贮藏10 d可溶性固形物含量与0 d相比较显著下降24.00%,而低温贮藏10 d下降了13.35%,与0 d之间无显著性差异。该结果表明,低温贮藏可以延缓瓞口华莱士蜜瓜后熟进程,使可溶性固形物含量长时间维持在较高水平,能保持果实的营养和风味。

表3 不同贮藏温度对瓞口华莱士蜜瓜理化指标的影响

贮藏时间/d	w(可溶性固形物)/%		w(苹果酸)/%		w(柠檬酸)/%		w(酒石酸)/%		出汁率/%	
	6℃	28℃	6℃	28℃	6℃	28℃	6℃	28℃	6℃	28℃
0	10.19±0.21 ab	10.04±0.19 a	0.084±0.007 a	0.087±0.008 a	0.080±0.007 a	0.083±0.008 a	0.094±0.008 a	0.097±0.009 a	1.73±0.07 a	1.84±0.37 a
2	10.11±0.35 ab	8.43±0.23 bc	0.058±0.004 bcd	0.060±0.002 b	0.056±0.004 cd	0.051±0.002 b	0.066±0.006 cd	0.060±0.002 bc	1.64±0.07 ab	1.65±0.13 a
4	9.84±0.18 ab	9.21±0.28 ab	0.053±0.006 cd	0.050±0.007 b	0.051±0.006 d	0.056±0.007 b	0.060±0.007 cd	0.065±0.008 b	1.70±0.08 ab	1.49±0.16 a
6	9.40±0.32 b	7.73±0.26 c	0.063±0.005 bc	0.050±0.006 b	0.060±0.005 bcd	0.048±0.006 b	0.071±0.006 bcd	0.056±0.007 bc	1.66±0.13 ab	1.47±0.10 a
8	11.30±0.23 a	7.66±0.16 c	0.078±0.007 ab	0.040±0.006 b	0.075±0.007 ab	0.043±0.006 bc	0.087±0.008 abd	0.050±0.007 bc	1.72±0.22 a	1.39±0.10 a
10	8.83±0.31 bc	7.63±0.29 c	0.069±0.003 b	0.020±0.003 c	0.066±0.003 abc	0.030±0.002 c	0.077±0.003 abc	0.040±0.003 c	1.61±0.10 abc	1.39±0.12 a
12	10.39±0.26 ab		0.080±0.004 ab		0.076±0.006 ab		0.089±0.002 ab		1.63±0.06 ab	
14	10.34±0.19 ab		0.074±0.007 ab		0.071±0.007 ab		0.083±0.008 abc		1.51±0.11 abc	
16	7.78±0.21 cd		0.067±0.009 bc		0.064±0.002 abc		0.075±0.003 bcd		1.60±0.11 abc	
18	7.30±0.36 cd		0.059±0.003 bcd		0.056±0.002 cd		0.066±0.005 cd		1.49±0.15 bcd	
20	7.58±0.28 cd		0.064±0.005 bc		0.062±0.005 bcd		0.072±0.004 bcd		1.35±0.12 d	
22	6.92±0.16 d		0.046±0.004 d		0.060±0.003 bcd		0.060±0.008 d		1.38±0.17 cd	

酸味作为果实的主要风味之一,是由苹果酸、柠檬酸、酒石酸等主要的有机酸组成。

由表3可知,蜜瓜果肉组织中,酒石酸含量略高于柠檬酸和苹果酸含量。常温贮藏条件下,果实中有机酸含量直线下降,贮藏10 d,苹果酸、柠檬酸和酒石酸含量分别下降了77.01%、63.86%和58.76%;与0 d之间均存在显著差异。低温贮藏条件下,有机酸含量均呈先下降后上升、再下降的变化趋势;贮藏10 d,果实中柠檬酸和酒石酸含量分别下降了17.50%和18.09%,与0 d之间均无显著性差异。以上结果表明,贮藏温度对果实有机酸含量的影响较大,低温贮藏可有效抑制有机酸被消耗。

由表3可知,不同温度贮藏条件下,10 d的果肉出汁率均无显著性变化,低温贮藏16 d与0 d相比较果肉出汁率无显著性差异,均较好地保持了果肉水分含量。该结果表明,不同贮藏温度对瓞口华

莱士蜜瓜出汁率影响不明显,其良好的保水能力,可能与果皮厚度和细胞组织有关系。

## 2.3 不同贮藏温度对瓞口华莱士蜜瓜质构特性的影响

由表4可以看出,常温贮藏条件下,10 d果皮硬度、果肉硬度为初始值的44.47%、38.83%,而低温贮藏10 d为初始值的75.20%、93.46%。该结果说明,低温贮藏能有效抑制果实的软化。常温贮藏4 d开始,果肉弹性显著下降,内聚性明显下降,而低温贮藏无显著性变化,贮藏22 d,内聚性下降了13.33%。该结果说明,低温贮藏能有效地抑制果实内部结合力的下降和组织软绵,较好地保持果实完整性。4 d开始常温组果肉黏附性下降较快,幅度较大,最低达到0.22 mJ,而低温组0~10 d期间黏附性无显著性变化。该结果表明,低温贮藏能有效地抑制果实代谢活动及失水,抑制黏附性增加。4 d

表4 不同贮藏温度对瓯口华莱士蜜瓜质构特性的影响

贮藏时间/d	果皮硬度/N		果肉硬度/N		黏附性/mJ		内聚性		弹性/mm		咀嚼性/mJ	
	6℃	28℃	6℃	28℃	6℃	28℃	6℃	28℃	6℃	28℃	6℃	28℃
0	152.48±18.73 d	130.72±18.36 a	24.02±0.90 ab	24.70±1.12 a	0.35±0.039 bc	0.45±0.031 a	0.15±0.012 a	0.15±0.028 a	2.45±0.18 a	2.45±0.16 a	8.02±1.98 b	8.02±1.23 b
2	154.75±19.28 c	108.61±21.42 c	24.30±0.94 ab	24.52±1.23 a	0.31±0.042 bc	0.37±0.025 ab	0.14±0.031 a	0.15±0.019 a	2.33±0.13 a	2.31±0.18 a	8.56±1.56 a	11.38±0.98 a
4	99.00±22.63 h	117.06±23.14 b	26.04±1.72 a	19.11±1.34 b	0.24±0.049 bc	0.32±0.029 b	0.16±0.008 a	0.14±0.025 a	1.99±0.09 b	2.25±0.20 a	7.65±1.85 c	6.54±0.18 c
6	122.50±13.91 e	85.93±16.21 d	25.40±2.93 a	15.07±3.17 b	0.30±0.047 bc	0.22±0.054 c	0.13±0.007 a	0.13±0.023 ab	2.06±0.22 b	1.62±0.12 b	8.13±5.18 b	3.47±1.89 d
8	169.33±28.36 a	76.07±15.96 e	19.34±1.68 ab	10.01±2.96 c	0.28±0.110 bc	0.29±0.073 bc	0.15±0.005 a	0.10±0.022 ab	2.19±0.16 ab	1.42±0.19 c	8.20±1.92 b	1.65±2.31 e
10	114.67±15.96 f	58.13±18.12 f	22.45±2.32 ab	9.59±1.91 c	0.21±0.023 c	0.26±0.034 bc	0.16±0.018 a	0.08±0.015 b	2.34±0.05 a	1.42±0.11 bc	7.93±3.78 bc	1.21±1.36 e
12	160.73±19.68 b		22.05±0.93 ab		0.39±0.101 b		0.13±0.011 a		2.06±0.04 b		6.28±0.96 d	
14	121.61±18.35 e		20.19±3.41 ab		0.34±0.025 bc		0.13±0.017 a		1.97±0.14 b		5.91±1.50 e	
16	116.24±19.71 f		19.36±2.17 ab		0.52±0.027 a		0.12±0.022 a		2.06±0.11 b		5.07±1.67 g	
18	99.48±18.32 h		18.23±1.33 b		0.56±0.095 a		0.13±0.009 a		1.92±0.12 b		5.04±1.16 g	
20	102.82±18.36 g		17.71±3.21 c		0.58±0.074 a		0.12±0.008 a		1.93±0.22 b		5.39±2.65 f	
22	67.52±19.68 i		17.43±0.97 c		0.63±0.099 a		0.13±0.019 a		1.29±0.09 c		5.42±0.98 f	

开始常温组果肉咀嚼性显著性下降,而低温组贮藏0~10 d期间基本无显著性变化,较好地维持了果实的食用口感。

#### 2.4 不同贮藏温度下瓯口华莱士蜜瓜质构参数间相关性分析

不同贮藏温度下瓯口华莱士蜜瓜果实质构参数间的相关性分析结果(表5)显示,各项质构指标间均呈现较好的相关性。低温贮藏过程中果皮硬度与果肉弹性之间呈极显著正相关,而与其他质构指标之间无相关性;果肉硬度与咀嚼性之间呈极显

著正相关;黏附性与果肉硬度、咀嚼性、内聚性之间呈极显著负相关,而弹性与果肉硬度、内聚性之间无相关性,与咀嚼性呈显著正相关。常温贮藏过程中,果皮硬度与果肉硬度、内聚性、弹性、咀嚼性之间呈显著正相关性;果肉硬度与内聚性、弹性、咀嚼性之间呈极显著正相关,相关系数为0.940、0.966、0.957;内聚性与弹性、咀嚼性之间呈显著正相关,黏附性与弹性之间呈极显著正相关。表明质构指标表现出对温度更加敏感的特点。

#### 2.5 不同贮藏温度下瓯口华莱士蜜瓜质构参数与感官品质指标间相关性分析

不同贮藏温度对瓯口华莱士蜜瓜质构参数与感官品质指标间相关性分析结果(表6)显示,质构指标与感官品质指标间存在不同程度的相关性。低温贮藏条件下,果皮硬度与果皮特征、甜度、整果气味呈显著正相关;果肉硬度与果肉质地、果皮特征、甜度、整果气味呈显著正相关;果皮特征、果肉质地、甜度、整果气味与内聚性、弹性、咀嚼性均呈显著正相关,与黏附性均呈极显著负相关。由此可知,果肉风味与任何质构指标间均无显著相关。常温贮藏条件下,果皮硬度与甜度以外其他感官品质指标间均呈显著正相关;果肉硬度、内聚性、弹性、咀嚼性与果肉质地、果肉气味、整果气味均呈显著正相关;结果表明,甜度与质构指标间均无显著相关性,黏附性与感官品质指标间均无显著相关。上述结果表明,不同贮藏温度对瓯口华莱士蜜瓜质构

表5 不同贮藏温度下瓯口华莱士蜜瓜质构参数间的相关性

质构参数	处理	果皮硬度	果肉硬度	内聚性	黏附性	弹性	咀嚼性
果皮硬度	6℃	1					
	28℃	1					
果肉硬度	6℃	0.257	1				
	28℃	0.917*	1				
内聚性	6℃	0.317	0.613*	1			
	28℃	0.946**	0.940**	1			
黏附性	6℃	-0.539	-0.713**	-0.758**	1		
	28℃	0.795	0.048	0.660	1		
弹性	6℃	0.751**	0.458	0.552	-0.694*	1	
	28℃	0.956**	0.966**	0.920**	0.920**	1	
咀嚼性	6℃	0.571	0.743**	0.808*	-0.858**	0.755*	1
	28℃	0.814*	0.957**	0.891*	0.741	0.814* 1	

注:\*表示在0.05水平差异显著,\*\*表示在0.01水平差异极显著。后同。

表6 不同贮藏温度下磴口华莱士蜜瓜质构参数与感官品质间相关性分析

指标	温度	果皮硬度	果肉硬度	黏附性	内聚性	弹性	咀嚼性
果皮特征	6℃	0.66*	0.66*	-0.74**	0.61*	0.70*	0.84**
	28℃	0.80*	0.65	0.67	0.70*	0.71*	0.65
果实硬度	6℃	0.57	0.65	-0.65*	0.65*	0.63	0.82**
	28℃	0.74*	0.54	0.62	0.67	0.63	0.53
果肉质地	6℃	0.60	0.77**	-0.82**	0.68*	0.76**	0.87**
	28℃	0.88*	0.78*	0.70	0.88*	0.77*	0.72*
果肉气味	6℃	0.51	0.62	-0.63	0.59*	0.69	0.61
	28℃	0.87*	0.78*	0.50	0.92**	0.83*	0.79*
甜度	6℃	0.70**	0.66*	-0.90**	0.61*	0.82**	0.80**
	28℃	0.64	0.61	0.73*	0.63	0.58	0.64
整果气味	6℃	0.63*	0.73**	-0.83**	0.66*	0.75**	0.79**
	28℃	0.85*	0.77*	0.61	0.89*	0.73*	0.71*

参数与感官品质指标之间具有不同程度的相关性。果皮硬度、果肉硬度、咀嚼性、弹性和内聚性均能作为反映果实质构性能指标判定的主要参数。

### 3 讨论与结论

内蒙古巴彦淖尔市磴口县被国务院批准授予“中国华莱士蜜瓜之乡”。磴口华莱士蜜瓜是全市经济支柱产业,传统上人们用触觉和味觉来判断其商品价值,难免会有很大的误差。果实品质与营养成分以及贮藏时间、贮藏环境等紧密相联<sup>[18]</sup>,温度是生鲜果蔬采后贮藏保鲜的重要影响因素,适宜的温度能有效保持采后果蔬的品质<sup>[19]</sup>。谢林君等<sup>[20]</sup>研究表明,低温处理能有效减缓阳光玫瑰葡萄果实好果率、耐拉力值、硬度和可滴定酸含量的下降,保持果面色泽及果实形态。本试验常温贮藏4 d开始,蜜瓜各项感官品质急速下降,贮藏10 d丧失了商品价值,而低温贮藏0~10 d,感官品质无显著性下降,较好地保持了鲜果的感官品质,低温条件相比于常温条件更能有效减缓磴口华莱士蜜瓜果肉可溶性固形物和有机酸含量的下降,较好地保持营养与风味,有效延长货架期12 d。这个结果与巴良杰等<sup>[21]</sup>的结果较一致,果实的衰老与温度具有显著相关性,适当的低温可有效保持果实形态和色泽,抑制果实的衰老。但贮藏温度对出汁率的影响不显著,良好的保水能力,可能与果皮厚度和细胞组织有关系,需要进行更深层的研究。

果肉组织的机械特性与果肉细胞组织结构及内含物成分、状态有关,特别是细胞壁果胶在诸多果蔬的结构特性方面发挥了重要作用<sup>[22]</sup>。马媛媛等<sup>[23]</sup>研究表明,较高的果胶含量可导致更高的硬度、黏性、弹性和咀嚼性。本试验中低温贮藏有效

延缓磴口华莱士蜜瓜果皮硬度、果肉硬度、咀嚼性、内聚性等质构指标的下降,抑制果实的软化,维持原有的口感。相关性分析结果表明,常温贮藏条件下,果肉硬度和果皮硬度呈显著正相关,而低温贮藏条件显示无相关性。不同温度也有可能对细胞间的连接紧密程度有较大的影响,需要进一步研究。

综上所述,低温贮藏能有效减缓果实可溶性固形物和有机酸含量的下降,有效延缓果皮硬度、果肉硬度和咀嚼性等的下降,并抑制果实的软化,延长贮藏期12 d。相关性分析表明,质构参数之间、质构参数与感官品质指标之间存在不同程度的相关性。磴口华莱士蜜瓜果皮硬度、咀嚼性和内聚性等均能较好地反映果实品质的变化,可作为其品质评价指标;该结果为开发其贮藏保鲜技术提供了科学数据。

### 参考文献

- [1] 崔颖,王秀娟,高会英,等.不同的磁场处理时间对河套蜜瓜贮藏品质的影响[J].内蒙古科技大学学报,2015,34(3):305-308.
- [2] 陆占东,高培德.磴口县华莱士蜜瓜气候适宜度分析[J].中国瓜菜,2019,32(8):129-133.
- [3] 刘莹,刘艳,白立华,等.‘河套’蜜瓜果实采后活性氧代谢及软化特性的研究[J].中国农学通报,2014,30(10):152-157.
- [4] 刘莹,刘艳,包敖民,等.‘河套’蜜瓜果实品质与采后生理的关系[J].北方园艺,2014(20):1-5.
- [5] 吴红霞,周菲,张登,等.内蒙古巴彦淖尔市“天赋河套”农产品区域公用品牌建设研究[J].内蒙古科技与经济,2020(17):7-10.
- [6] 廖新福,孙玉萍,张瑞,等.新疆厚皮甜瓜贮藏和保鲜现状及发展对策[J].中国瓜菜,2010,23(2):52-53.
- [7] 徐飞,刘启泽,何素明,等.两种模式贮藏过程中菠萝蜜质构特性及理化品质变化[J].食品工业科技,2020,41(18):272-279.
- [8] 宋肖琴,张波,徐昌杰,等.采后枇杷果实的质构变化研究[J].

- 果树学报,2010,27(3):379-384.
- [9] 刘莉,高星,华德平,等.不同的质构检测方法对甜瓜果肉质构的评价[J].天津大学学报(自然科学与工程技术版),2016,49(8):875-881.
- [10] 潘好斌,刘东,邵青旭,等.不同品种薄皮甜瓜成熟期果实质地品质分析及综合评价[J].食品科学,2019,40(21):35-42.
- [11] 王瑞萍,夏玉红,刘雅君,等.不同生育阶段水分亏缺对河套蜜瓜产量和品质的影响分析[J].节水灌溉,2017(1):38-40.
- [12] 张焯,韩育梅,付艳茹,等.采后热处理对河套蜜瓜贮藏品质的影响[J].食品工业,2015,36(5):136-138.
- [13] 房世杰,徐斌,潘俨,等.两种哈密瓜不同贮藏温度果实质地变化关系[J].新疆农业科学,2019,56(9):1626-1634.
- [14] 许玲,魏秀清,章希娟,等.质构仪整果穿刺法评价3个毛叶枣品种果实质地参数[J].福建农业学报,2018,33(6):621-625.
- [15] 潘秀娟,屠康.质构仪质地多面分析(TPA)方法对苹果采后质地变化的检测[J].农业工程学报,2005,21(3):166-170.
- [16] 陈屏昭,杜红波,秦燕芬,等.果蔬品含酸量测定方法的改进及其应用[J].浙江农业科学,2013(4):451-453.
- [17] 刘翔,张平,徐伟欣,等.TPA测试条件对甜瓜质构参数的影响[J].中国蔬菜,2015(3):38-44.
- [18] 许惠金兰,吴培文,陈仁池,等.贮藏温度对巨峰葡萄采后生理和贮藏品质的影响[J].食品研究与开发,2018,39(21):192-197.
- [19] 贾丽娥,何伟明,刘庞源,等.1-甲基环丙烯处理对甜瓜贮藏特性影响的研究进展[J].中国瓜菜,2021,34(10):1-7.
- [20] 谢林君,成果,周咏梅,等.贮藏温度对阳光玫瑰葡萄采后贮藏品质的影响[J].中国果菜,2020,40(11):1-7.
- [21] 巴良杰,张丽敏,蔡国俊,等.低温对西番莲采后贮藏品质的影响[J].包装工程,2021,42(15):49-55.
- [22] AL-HINAI K Z, GUIZANI N, SINGH V, et al. Instrumental texture profile analysis (TPA) of datetamarind fruit leather with different types of hydrocolloids[J]. Food Science & Technology Research, 2013, 49(4): 531-538.
- [23] 马媛媛,陆玲鸿,古咸彬,等.基于TPA的猕猴桃质地差异分析及贮藏性评价[J].果树学报,2021,38(9):1579-1589.