

琯溪蜜柚果实贮藏期间 果肉汁胞质地变化研究

程五林 吴光斌 陈发河*

(集美大学生物工程学院, 福建厦门 361021)

摘要:应用质地多面分析法,研究了琯溪蜜柚果实贮藏期间果肉汁胞质地变化规律。结果表明:在5和25℃两个贮藏温度下,琯溪蜜柚果实粒化指数均随贮藏时间的延长而上升,果肉汁胞的硬度、弹性、凝聚性、胶性、咀嚼性随贮藏时间的延长而增加。经相关性分析,黏着性与其它质构参数相关性较差,硬度、弹性、凝聚性、胶性、咀嚼性两两之间呈显著正相关($R=0.723\sim0.983$),琯溪蜜柚果实粒化指数与各项TPA参数(除黏着性)均具有较好的相关性($R=0.793\sim0.988$)。因此,硬度、弹性、凝聚性、胶性和咀嚼性可以较好地反映果肉汁胞质地的变化,并能定量表征琯溪蜜柚果实贮藏期间果肉汁胞的粒化程度。

关键词:琯溪蜜柚,质地多面分析法(TPA),粒化指数,质地参数,贮藏

Study on texture properties changes of Guanxi honey pomelo juice sacs during storage

CHENG Wu-lin, WU Guang-bin, CHEN Fa-he*

(Bioengineering College of Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Changes of texture properties of Guanxi honey pomelo juice sacs were studied by using texture profile analysis. Granulation index of Guanxi honey pomelo increased during both 5 and 25℃ storage, meanwhile there was also an obvious increase in firmness, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness. The correlation coefficients analysis indicated that Adhesiveness did not show any correlation with other texture parameters, while significant positive correlation ($R=0.723\sim0.983$) were observed among firmness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness. Granulation index of Guanxi honey pomelo had positive correlation with all texture parameters, except adhesiveness ($R=0.793\sim0.988$). Therefore, firmness, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness can be used to evaluate texture changes of pulp juice sacs and identify the granulation level of Guanxi honey pomelo juice sacs during storage.

Key words: Guanxi honey pomelo; texture profile analysis (TPA); granulation index; texture parameters; storage

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)11-0324-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2014.11.063

果实的硬度、松脆度和黏弹性是评价果实品质的重要因素。果实采后仍是一个有机体,蒸腾作用,呼吸代谢等生命活动还在不断进行,在贮藏过程中会发生组织衰老、品质劣变的现象,其中质地也会发生显著变化^[1]。质地多面分析法(Texture profile analysis, TPA)又称两次咀嚼测试(Two bite test, TBT),主要通过模拟人体口腔的咀嚼运动,对样品进行两次压缩的机械过程以反映质地参数变化^[2-3]。TPA测试模式已广泛应用于各种水果的品质评价中^[4-6]。研究表明,果实的硬度、弹性、咀嚼性、凝聚性等质地参数变化与果实品质密切相关,TPA法

可以客观地反映采后果实质地变化规律^[7-14]。TPA测定法具有客观性、灵敏性、重现性等优点,但目前尚无法模拟人口腔咀嚼时的综合感觉。

琯溪蜜柚(*Citrus grandis* L. Osbeck cv. Guanxi honey pomelo)原产福建省平和县琯溪河畔,该品种已有400多年的栽培历史,为我国柚类第二大主栽优良品种。琯溪蜜柚以果硕、皮薄、汁丰、瓢甜而闻名中外^[15]。然而果实采后在贮藏期间易发生果肉汁胞粒化现象,表现为汁胞变硬、细胞壁加厚、木质纤维化、出汁率下降、风味变淡^[16],造成品质下降。目前有关琯溪蜜柚果实汁胞粒化研究主要集中在活性氧代谢^[16]、木质素代谢^[17]、细胞壁代谢^[18]等方面,而关于果肉汁胞粒化过程中质地变化的研究尚未见报道,本文利用TPA实验法,研究琯溪蜜柚果肉汁胞TPA各参数间的相关性,旨在探讨TPA法在果肉汁胞质地特征评价中的有效性,并为从质构角度评价琯溪蜜柚果实

收稿日期: 2013-10-23 * 通讯联系人

作者简介: 程五林(1986-),男,在读硕士,研究方向:园艺产品采后生理与贮藏保鲜。

基金项目: 厦门市科技计划项目(350Z20103024)。

汁胞粒化进程对品质的影响提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

实验材料 琯溪蜜柚 (*Citrus grandis* L.Osbeck cv.Guanxi honey pomelo) 漳州平和县。选择大小均匀、成熟度一致、无机械损伤和病虫害的果实。随机分为两组,分别放置在 5℃ 和 25℃、88%~92% 相对湿度下做贮藏实验。

TMSPRO 质构仪 美国 FTC 公司生产。

1.2 实验方法

1.2.1 样品制备 贮藏期间每隔 10d 取果实 3 个,果实去果皮后分别沿对角线方向各取果肉一瓣,去囊衣,将果肉汁胞逐粒分开,在洗净的托盘中混匀。每次随机取汁胞 20 粒用于质地参数测定,重复三次,求平均值。

1.2.2 果肉汁胞质地分析 将汁胞置于 TMSPRO 质构仪 P/10 型探头下做 TPA 实验。参数设置如下:探头下降起始高度为 5mm,测试前速度为 60mm/min,测试速度为 30mm/min,测试后速度为 60mm/min,触发力为 0.3N,断裂度为 60%,延迟时间为 5S。由质地特征曲线(见图 1)可得到果肉汁胞质地的参数,硬度是指 TPA 实验第一次压缩周期内试样所受最大力。弹性是指样品受到彻底挤压后在一段时间内变形恢复的能力,在图 1 中表现为第二次下压时间与第一次下压时间的比值,即 t_2/t_1 。凝聚性是指牙齿咀嚼果肉时,果肉抵抗牙齿咀嚼破坏,保持自身完整的性质。凝聚性在图 1 表现为(面积 4+面积 5)/(面积 1+面积 2)的比值,该参数用于反映组织细胞间结合力的大小。胶性为硬度和凝聚性的乘积。咀嚼性为硬度、凝聚性以及弹性的乘积,该参数反映的是将食品咀嚼到吞咽时需要做的功。

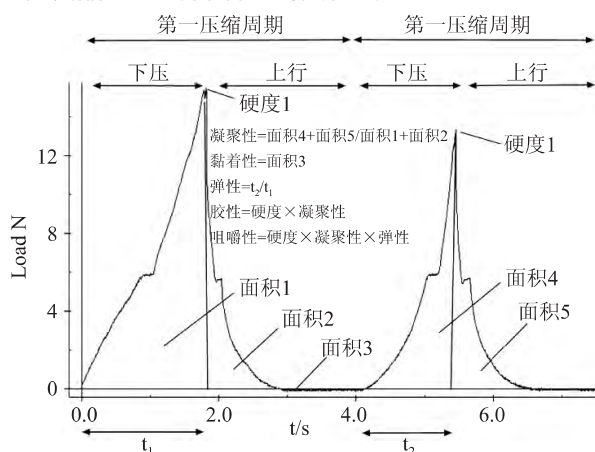


图1 琯溪蜜柚果肉汁胞 TPA 实验质地特征曲线

Fig.1 Typical texture profile analysis cure of Guanxi honey pomelo juice sacs

1.2.3 粒化指数测定 粒化指数参照余文琴等^[18]方法,稍作改进。将果实去皮后分成若干瓣,去囊衣后依照果肉汁胞粒化范围划分为 4 级。0 级:汁胞柔软有弹性,没有粒化的瓣数;1 级:汁胞粒化范围 < 1/3 瓣长;2 级:1/3 瓣长 ≤ 汁胞粒化范围 < 1/2 瓣长;3 级:1/2 瓣长 ≤ 汁胞粒化范围 < 2/3 瓣长;4 级:汁胞

粒化范围 ≥ 2/3 瓣长;粒化指数 = $\sum(\text{粒化指数} \times \text{该级别瓣数}) / (4 \times \text{检查瓣数})$ 。

1.2.4 数据处理 采用 Excel 对图表进行处理,利用 SPSS17.0 统计软件对实验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 TPA 实验各项质地参数的变化规律

2.1.1 硬度的变化 硬度是衡量果实采后质地变化最直观,同时也是最重要的指标之一。从图 2 中可以看出,在 5℃ 和 25℃ 贮藏的果实,果肉汁胞硬度均随贮藏时间的延长而呈上升趋势。且 25℃ 下果实果肉汁胞的硬度始终高于 5℃ 贮藏的果实,低温贮藏条件下可以延缓硬度上升。这与宋肖琴等^[19]报道的枇杷果实贮藏过程中也会出现硬度不断增加是一致的,这可能与二者有着相似的质地结构有关。

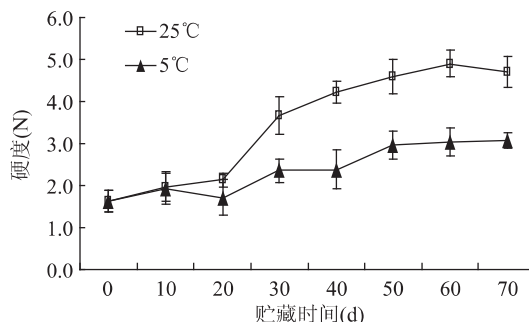


图2 琯溪蜜柚果肉汁胞硬度的变化

Fig.2 Changes of firmness of Guanxi honey juice sacs

2.1.2 弹性的变化 由图 3 可知 5 和 25℃ 下贮藏的果实,其弹性均随贮藏时间的延长整体呈上升趋势,且 25℃ 贮藏的果实果肉汁胞的弹性在 20d 后增加幅度明显大于 5℃ 下贮藏的果实。说明试样在 60% 受压程度下,果肉汁胞仍能表现出较好的生物弹性,且弹性与除黏着性以外的其它质构参数均呈显著正相关 ($R = 0.747 \sim 0.983$) (表 1)。

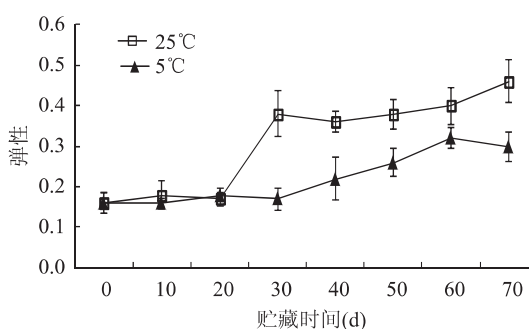


图3 琯溪蜜柚果肉汁胞弹性的变化

Fig.3 Changes of springiness of Guanxi honey juice sacs

2.1.3 凝聚性的变化 由图 4 可知 5 和 25℃ 下贮藏的果实 0~20d 期间,果实果肉汁胞凝聚性变化不明显;20d 后,果肉汁胞凝聚性有较明显上升,且 25℃ 下贮藏的果实上升幅度大于 5℃ 下贮藏的果实;贮藏至 50d 后果肉汁胞凝聚性变化趋于平缓,25℃ 下果实汁胞凝聚性始终高于 5℃ 下贮藏的果实,两者均维持在较高水平。说明 25℃ 下果肉汁胞的细胞间结合力较大,导致果肉组织致密,口感下降,5℃ 低温有利

于保持果实良好的口感。

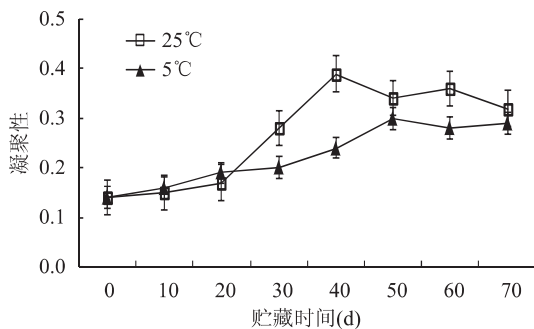


图4 琯溪蜜柚果肉汁胞凝聚性的变化

Fig.4 Changes of cohesiveness of Guanxi honey juice sacs

2.1.4 胶性的变化 从图5中可以看出5和25℃下贮藏的果实,20d前果肉汁胞胶性变化很小,20d后随贮藏时间的延长均呈上升趋势,但25℃下贮藏果实的果肉汁胞胶性上升幅度明显大于5℃下贮藏果实的上升幅度。相关性分析表明,胶性与硬度、凝聚性呈显著正相关($R=0.723\sim0.969$)。因此,三者可以共同反映果肉汁胞质地变化。

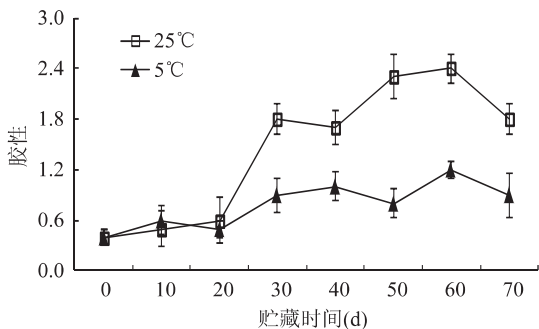


图5 琯溪蜜柚果肉汁胞胶性的变化

Fig.5 Changes of gumminess of Guanxi honey juice sacs

2.1.5 咀嚼性的变化 由图6可知,25℃下贮藏的果实20d前,5℃下贮藏的果实30d前,果肉汁胞咀嚼性变化很小;随后,咀嚼性随贮藏时间延长不断增加,25℃贮藏果实汁胞的咀嚼性增加幅度明显大于5℃下贮藏果实汁胞的咀嚼性增加幅度。说明随贮藏时间的延长,咀嚼果实所做的功逐渐增加,这是果肉汁胞粒化的一种表现。

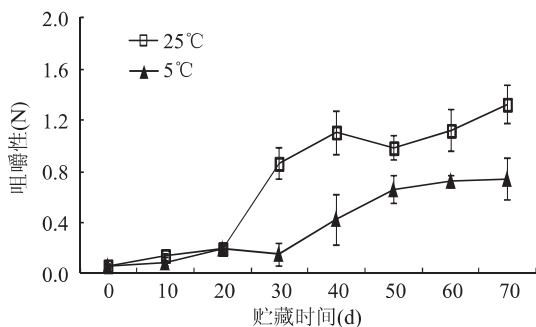


图6 琯溪蜜柚果肉汁胞咀嚼性的变化

Fig.6 Changes of chewiness of Guanxi honey juice sacs

2.1.6 粒化指数的变化 粒化指数反映的是琯溪蜜柚果肉汁胞的粒化程度,5和25℃下贮藏的果实,粒化指数均随贮藏时间的延长而增加。随着粒化指数

的增加,汁胞果肉硬度增加、出汁率下降、风味变淡,严重影响食用价值。25℃下,贮藏果实的粒化指数始终高于5℃下贮藏果实的粒化指数(图7)。说明低温可以抑制粒化指数的上升,更好地保持果实品质。相关性分析表明,粒化指数与除黏着性以外的其它质地参数呈显著正相关。

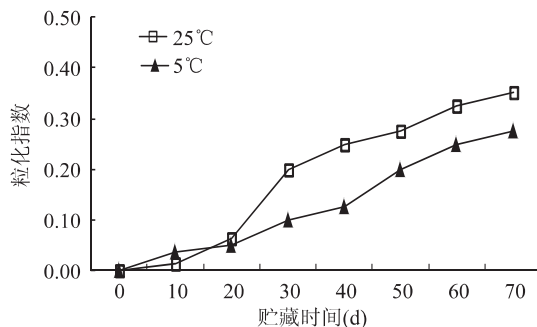


图7 琯溪蜜柚果肉汁胞粒化指数的变化

Fig.7 Changes of granulation index of Guanxi honey juice sacs

2.2 TPA实验所得各项参数间及其与粒化指数间的相关性分析

TPA实验测试所得各项质地参数及粒化指数相关性分析见表1。5和25℃下贮藏的果实,黏着性与硬度、弹性、凝聚性、胶性、咀嚼性间的相关性均较差。这可能是由于该参数测试较困难、偏差相对较大导致。硬度、弹性、凝聚性、胶性、咀嚼性之间均呈显著正相关($R=0.723\sim0.983$)。粒化指数是指琯溪蜜柚果实贮藏期间果肉汁胞的粒化程度,它与除黏着性以外的质构参数均呈较好的相关性($R=0.793\sim0.988$)。综合分析,硬度、弹性、凝聚性、胶性、咀嚼性适用于评价琯溪蜜柚果实贮藏期间果肉汁胞质地变化,并能较好的反映果肉汁胞粒化程度。

3 结论与讨论

陈青等^[20]研究表明,杨梅果实在贮藏期间,硬度、凝聚性、回复性和咀嚼性等质构参数随贮藏时间的延长而下降。潘秀娟等^[21]报道,随贮藏时间的延长苹果果肉会变得绵软,同时伴随着脆度、黏着性、凝聚性、回复性和咀嚼性等质地参数的下降。以上果实在贮藏过程中质地参数均随贮藏时间的延长而下降。这可能与贮藏期间果实细胞壁代谢相关酶(PG、PME、CX)活性升高,使细胞壁降解,导致果实质地软化有关^[22-23]。然而琯溪蜜柚果实果肉汁胞质地则呈现完全不同变化趋势,在贮藏期间表现为硬度、弹性、凝聚性、胶性和咀嚼性的增加。这与果肉汁胞自身的质地结构组成密切相关。余文琴^[15]和Shomer^[24]研究表明蜜柚果实在贮藏期间会发生汁胞粒化生理病害,表现为汁胞变硬、细胞壁加厚木质化。张振钰等^[25]通过解剖学观察,证明琯溪蜜柚果实粒化阶段有较多的细胞均出现细胞壁木质化加厚。因此质地呈现出与杨梅、苹果、葡萄等果实完全不同的变化规律。

本文研究结果表明,在贮藏期间,琯溪蜜柚果实汁胞粒化指数不断上升,表现为各项TPA质地参数(除黏着性)的增加。在贮藏20d内,硬度、弹性、凝

表1 琯溪蜜柚果肉汁胞各项质地参数及粒化指数相关性矩阵

Table 1 Correlation matrix of texture parameters and granulation index of Guanxi honey pomelo juice sacs

质构参数	温度(℃)	硬度	弹性	黏着性	凝聚性	胶性	咀嚼性	粒化指数
硬度	25	1						
	5	1						
弹性	25	0.965 **	1					
	5	0.894 **	1					
黏着性	25	0.356	0.197	1				
	5	0.174	0.086	1				
凝聚性	25	0.953 **	0.895 **	0.430	1			
	5	0.951 **	0.912 **	-0.066	1			
胶性	25	0.970 **	0.921 **	0.450	0.922 **	1		
	5	0.818 **	0.747 *	0.318	0.746 *	1		
咀嚼性	25	0.978 **	0.983 **	0.238	0.947 **	0.914 **	1	
	5	0.928 **	0.978 **	-0.010	0.970 **	0.723 *	1	
粒化指数	25	0.988 **	0.971 **	0.277	0.927 **	0.935 **	0.986 **	1
	5	0.969 **	0.961 **	0.080	0.952 **	0.793 *	0.968 **	1

注: * 表示 $p < 0.05$ 显著水平, ** 表示 $p < 0.01$ 极显著水平。

聚性、胶性、咀嚼性变化均很小,且处于较低水平。在贮藏 20~30d 内,硬度、弹性、凝聚性、胶性、咀嚼性急剧上升。贮藏 30d 后,各项 TPA 参数(除黏着性)变化平稳,且处于较高水平。说明琯溪蜜柚果实在贮藏 20d 内保持较好的果实品质,贮藏 20~30d 内开始出现汁胞粒化生理病害,贮藏 30d 后果实汁胞粒化较为严重。5℃ 贮藏温度可以抑制汁胞粒化指数的上升,延缓硬度、弹性、凝聚性、胶性和咀嚼性的增加,从而更好地保持果实品质。相关性分析表明,各项 TPA 质地参数(除黏着性)两两之间均呈显著正相关($R = 0.723 \sim 0.983$)。因此,硬度、弹性、凝聚性、胶性、咀嚼性可以客观准确地评价果肉汁胞质地变化。此外研究还表明,粒化指数与除黏度以外的质构参数呈较好的相关性($R = 0.793 \sim 0.988$),尤其与硬度、咀嚼性相关性最好,呈极显著正相关($R = 0.968 \sim 0.988$)。咀嚼性与硬度除定义相似外,两者都能反映果实坚实度的大小,对应人体口腔中触觉感受。因此,可以从质构角度评价琯溪蜜柚果实汁胞粒化程度和预测果实品质的变化。胡亚云等^[26]通过感官评价与质构参数之间的相关性分析表明,硬度和咀嚼性等主要质地参数可以用来预测圣女果的品质,TPA 分析法在采后果实品质分析和预测中将具有更广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 许彬,陈发河.果实成熟衰老过程中软化机理研究[J].农产品加工(学刊),2011(6):10-13.
- [2] 李里特.食品物性学[M].北京:中国农业出版社,1998:134-135.
- [3] 孙彩玲,田纪春,张永祥.TPA 质构分析模式在食品研究中的应用[J].实验科学与技术,2007,5(2):1-4.
- [4] 贾艳茹,魏建梅,高海生.质构仪在果实品质测定方面的研究与应用[J].食品科学,2011,32:184-186.
- [5] 纪宗亚.质构仪及其在食品品质检测方面应用[J].食品工程,2011(3):22-25.

[6] 刘亚平,李红波.物性分析仪及 TPA 在果蔬质构测试中的应用综述[J].山西农业大学学报,2010,30(2):188-192.

[7] 张昆明,张平,李志文,等.葡萄贮藏期间果肉质地参数变化规律的 TPA 表征[J].食品与生物技术学报,2011,30(3):353-358.

[8] 李志文,张平,张昆明,等.1-MCP 结合冰温贮藏对葡萄果实质地的影响[J].农业机械学报,2011,42(7):176-181.

[9] Ludvine B, Emira M, Galle R, et al. Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage[J]. Postharvest Biol Tec, 2008, 47(3): 315-324.

[10] Bourne M C. Texture profile of ripening pears[J]. Journal of Food Science, 1968, 33(2): 323-326.

[11] Kajuna S T A R, Bilanski W K, Mittal G S. Textural changes of banana and plantain pulp during ripening[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1997, 75(2): 244-250.

[12] Yang Z F, Zheng Y H, Gao S F, et al. Effects of storage temperature on texture properties of Chinese bayberry fruit[J]. Journal of Texture Studies, 2007, 38(1): 166-177.

[13] Muskouics G, Felfoldi J, Kouacs E, et al. Changes in physical properties during ripening of Hungarian sweet cherry cultivars[J]. Postharvest Biol Tec, 2006, 40(1): 56-63.

[14] Guillermo D M, Franco M L. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit[J]. Postharvest Bio Tec, 2004, 33(1): 11-26.

[15] 余文琴,潘东明,林河通.关系蜜柚果实成熟过程中汁胞粒化与活性氧代谢的关系[J].中国农业科学,2009,42(5):1737-1743.

[16] 张小红,赵依杰,潘东明,等.贮藏温度对琯溪蜜柚果实品质与相关酶活性的影响[J].云南农业大学学报,2011,26(3):348-353.

[17] 潘腾飞,朱学亮,潘东明,等.琯溪蜜柚贮藏期间汁胞粒化与木质素代谢的关系[J].果树学报,2013,30(2):294-298.

[18] 余文琴,赵晓玲,潘东明,等.细胞壁代谢与琯溪蜜柚果

(下转第 336 页)

学的指导作用。

3 结论

随粉碎粒度的减小,杏鲍菇菌柄基部粉体蛋白质质量分数总体呈下降趋势,总糖质量分数呈增加趋势。不同粒度杏鲍菇菌柄基部粉体氨基酸组成特性及营养价值相似,而总糖质量分数有差别。氨基酸中以Glu质量分数最高;呈味氨基酸居于主要地位,其次是抗氧化氨基酸和支链氨基酸;EAA/TAA和EAA/NEAA均超过模式标准。研究表明,杏鲍菇菌柄基部是一种值得开发和利用的资源。

参考文献

- [1] Mishra KK, Pal RS, Arunkumar R, *et al.* Antioxidant properties of different edible mushroom species and increased bioconversion efficiency of *Pleurotus eryngii* using locally available casing materials [J]. *Food Chem*, 2013, 138(2-3): 1557-1563.
- [2] Zeng X, Suwandi J, Fuller J, *et al.* Antioxidant capacity and mineral contents of edible wild Australian mushrooms [J]. *Food Sci Technol Int*, 2012, 18(4): 367-379.
- [3] Reis FS, Martins A, Barros L, *et al.* Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated mushrooms: a comparative study between *in vivo* and *in vitro* samples [J]. *Food Chem Toxicol*, 2012, 50(5): 1201-1207.
- [4] Lee TT, Ciou JY, Chiang CJ, *et al.* Effect of *Pleurotus eryngii* stalk residue on the oxidative status and meat quality of broiler chickens [J]. *J Agric Food Chem*, 2012, 60(44): 11157-11163.
- [5] Choi JH, Kim HG, Jin SW, *et al.* Topical application of *Pleurotus eryngii* extracts inhibits 2,4-dinitrochlorobenzene-induced atopic dermatitis in NC/Nga mice by the regulation of Th1/Th2 balance [J]. *Food Chem Toxicol*, 2013 Mar; 53: 38-45. doi: 10.1016/j.fct.2012.11.025. Epub 2012 Nov 29.
- [6] Ike K, Kameyama N, Ito A, *et al.* Induction of a T-Helper 1 (Th1) immune response in mice by an extract from the *Pleurotus eryngii* (Eringi) mushroom [J]. *J Med Food*, 2012, 15(12): 1124-1128.
- [7] Han EH, Hwang YP, Kim HG, *et al.* Inhibitory effect of *Pleurotus eryngii* extracts on the activities of allergic mediators in antigen-stimulated mast cells [J]. *Food Chem Toxicol*, 2011, 49(6): 1416-1425.
- [8] Reis FS, Barros L, Martins A, *et al.* Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: an inter-species comparative study [J]. *Food Chem*

Toxicol, 2012, 50(2): 191-197.

- [9] Doğan HH, Sanda MA, Uyanöz R, *et al.* Contents of metals in some wild mushrooms: its impact in human health [J]. *Biol Trace Elem Res*, 2006, 110(1): 79-94.
- [10] 颜明娟, 江枝和, 蔡顺香. 杏鲍菇营养成分的分析 [J]. *食用菌*, 2002(2): 11-12.
- [11] 谷延泽. 白灵菇和杏鲍菇的营养分析与比较 [J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(21): 9931-9932.
- [12] 况丹. 七种食用菌营养成分分析比较 [J]. *食用菌*, 2011, (4): 57-59.
- [13] 张水华. 食品分析实验 [M]. 北京: 化工工业出版社, 2006: 25-47.
- [14] Xiaoyan Zhao, Zaibin Yang, Guosheng Gai, *et al.* Effect of superfine grinding on properties of ginger powder [J]. *Journal of Food Engineering*, 2009, 91(2): 217-222.
- [15] 申瑞玲, 程珊珊, 张勇. 微粉碎对小麦麸皮营养组分和特性的影响 [J]. *河南农业科学*, 2008, 37(6): 128-131.
- [16] 赵晓燕, 杨连威, 杨玉芬, 等. 超微粉碎对当归物理化学特性影响的研究 [J]. *世界科学技术(中医药现代化)*, 2010, 12(3): 418-422.
- [17] 盛勇, 涂铭旌, 张世年, 等. 超微粉碎小麦的蛋白质变化探讨 [J]. *四川大学学报: 工程科学版*, 2003, 35(2): 84-86.
- [18] 潘思轶, 王可兴, 刘强. 不同粒度超微粉碎米粉理化特性研究 [J]. *中国粮油学报*, 2003, 18(5): 1-4.
- [19] 申瑞玲, 程珊珊, 张勇. 微粉碎对燕麦麸皮营养成分及物理特性的影响 [J]. *粮食与饲料工业*, 2008, (3): 17-18.
- [20] 李晓, 张士颖, 李玉. 灰离褶伞子实体营养成分测定与评价 [J]. *北方园艺*, 2010, (6): 198-201.
- [21] 刘俊利, 熊邦喜, 吕光俊, 等. 两种不同营养类型水库鲢、鳙肌肉营养成分的比较 [J]. *水产学报*, 2011, 35(7): 1098-1104.
- [22] Mamiya T, Kise M, Morikawa K, *et al.* Effects of polished and pregerminated brown rice [J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 78(7): 556-560.
- [23] 孙雷, 周德庆, 盛晓凤. 南极磷虾营养评价与安全性研究 [J]. *海洋水产研究*, 2008, 29(2): 57-64.
- [24] 郑素玲, 郭立英, 范永山. 杏鲍菇多糖对老龄小鼠抗疲劳能力的影响 [J]. *食品科学*, 2010, 31(7): 269-271.
- [25] Shang X, Tan Q, Liu R, *et al.* In Vitro Anti-Helicobacter pylori Effects of Medicinal Mushroom Extracts, with Special Emphasis on the Lion's Mane Mushroom, *Hericium erinaceus* (Higher Basidiomycetes) [J]. *Int J Med Mushrooms*, 2013, 15(2): 165-174.

(上接第327页)

- 实成熟过程汁胞粒化的关系 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2008, 16(6): 545-550.
- [19] 宋肖琴, 张波, 徐昌杰, 等. 采后枇杷果实的质变变化研究 [J]. *果树学报*, 2010, 27(3): 379-384.
- [20] 陈青, 励建荣. 杨梅果实在储存过程中质地变化规律的研究 [J]. *中国食品学报*, 2009, 9(1): 66-71.
- [21] 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.
- [22] Seymour G B, Colquhoun I J, Du Pont M S, *et al.* Composition and structural features of cell wall polysaccharides from tomato fruits [J]. *Phytochemistry*, 1990, 29(3): 725-731.

- [23] Dawson D M, Melyon L D, Watkin C B. Cell wall changes in nectarines: Solubilization and depolymerization of pectic and neutral polymers during ripening and in mealy fruit [J]. *Plant Physiology*, 1992, 100(3): 1203-1210.
- [24] Shomer I, Chaluta Z, Vasiliver R, *et al.* Scierification of juice sacs in pummelo (*Citrus grandis*) fruit [J]. *Can J Bot*, 1989, 67(3): 625-632.
- [25] 张振珏, 谢志南, 许文宝. 琯溪蜜柚汁囊分化和粒化过程中的解剖学观察 [J]. *植物学报*, 1999, 41(1): 16-19.
- [26] 胡亚云, 傅红飞, 寇莉萍. 模拟超市销售期间圣女果质构特性变化的研究 [J]. *食品工业科技*, 2012, 33(4): 383-386.