

各品种不同成熟度无花果质构特性分析

Texture characteristic analysis in different cultivars and maturity of fig

孙锐¹ 孙蕾² 马金辉¹ 和法涛³ 葛邦国³ 曹佳¹

SUN Rui¹ SUN Lei² MA Jin-hui¹ HE Fa-tao³ GE Bang-guo³ CAO Jia¹

(1. 齐鲁工业大学食品科学与工程学院, 山东 济南 250353; 2. 山东省林业科学研究院经济林研究所, 山东 济南 250014; 3. 济南果品研究院, 山东 济南 250014)

(1. Qilu University of Technology, School of Food Science and Engineering, Jinan, Shandong 250353, China;
2. Shandong Academy of Forestry, Economic Forest Research Institute, Jinan, Shandong 250014, China;
3. China Supply and Marketing Cooperatives, Jinan Fruit Research Institute, Jinan, Shandong 250014, China)

摘要:利用质构仪穿刺技术对无花果果实的 3 个不同部位分别进行了比较分析,同时采用配对 T 检验和相关性分析对不同成熟度果实品质差异进行了研究。结果表明:果实的近果柄端比果实中部和近果目端都比较硬,不同成熟度的果实破裂深度相差不大,随着成熟度的增加,果皮韧性和果肉硬度减小,其中金傲芬的果皮韧性、果实硬度和黏性在全熟与八成成熟果实对比中变化最大,适宜鲜食;青皮、绿早在八成成熟时的果皮破裂强度都很小,八成成熟的果实适合长途运输;布兰瑞克的成熟果实黏性最大,可能适宜加工成无花果泥和果酱。各品种的不同成熟期的质构特征可做为鲜食及后期加工方式的选择依据。

关键词:无花果;成熟度;质构;分析

Abstract: Three different parts of fig fruits were compared by texture analyzer. And the research was conducted about quality of fig fruits varying in maturity by pair T test and correlation analysis. The result showed that the firmness in the nearest parts of fig's stalk was greater than that in middle and top parts, usually a hole called fruit being here, of fig fruits, and that there was no significant difference in rupture depth of fig fruits varying in maturity, as resilience and firmness reduced with increasing maturity. And it would be better to use Orphan immediately once harvested, the resilience, firmness and viscosity showing great discrepancies in maturity of 80% to 100%; Qingpi and Conadria had a low level of rupture depth when reached 80% maturity in which they were suitable for transportation up to full maturity. The greatest viscosity existed in Branswick which was appropriate to produce fig puree and jam. The texture characteristics

of varied fig in different stages of maturity may be used to provide basis for processing and fresh edible use.

Keywords: fig; maturity; texture; analysis

无花果果实味道香甜、可口,营养价值极高,是一种具有开发潜力的鲜果^[1-3]。新鲜无花果果质柔软,销售货架期非常短(一般 2~3 d),如果收获期遇到阴雨天,或因不可预测的市场因素,均会造成滞销,对果农造成重大经济损失。另外无花果加工品种选取的不适当,会使产品的风味和口感参差不齐,故而中国无花果产品附加值低,进入市场的加工产品种类和数量都很少,严重影响无花果产业的持续发展。在无花果果实选择过程中,物性特征在很大程度上会影响鲜果的销售及后期加工^[4-6]。目前水果的质构特性多采用质构仪分析^[7],其中穿刺技术被广泛应用于水果如苹果^[8]、冬枣^[9]、石榴^[10]和杏^[11]等物性特征测定。国内外应用仪器检测无花果质构方面的研究很少。目前在无花果研究中,主要通过果实中理化成分来反应无花果的物性特征^[12],尚没有无花果不同成熟度之间的物性分析以及对果实不同部位的物性特征随成熟度变化的研究。本试验拟选取 9 个品种八成成熟与全熟两个时期的无花果果实,在前人研究^[13]的基础上通过穿刺法对不同成熟度的无花果的质构特性进行分析,在果皮破裂强度与深度、果皮韧性、果肉硬度与黏性方面进行对比,分析两个成熟度之间质构方面的差异与变化,分析果实不同部位质构特性变化,采用配对 T 检验方法,同时采用相关性分析研究品种间质构差异的相关性,得出不同成熟度无花果果实特性,以期为建立标准化的无花果质地评价方法及无花果的保鲜、贮藏、加工等提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

无花果果实:采摘自济宁市嘉祥县无花果种植基地,共 9

基金项目:山东省重点研发计划(编号:2015GNC110007);山东省农业重大应用技术创新项目(编号:鲁财农字[2015]16号)

作者简介:孙锐,男,齐鲁工业大学副教授,博士。

通信作者:孙蕾(1962—),女,山东省林业科学研究院经济林研究所研究员。E-mail:sun7776@163.com

收稿日期:2016—12—05

个品种，分别为布兰瑞克、金早、美利亚、金傲芬、紫蕾、波姬红、绿早、青皮、A1213。为了对不同成熟度的无花果进行各种分析，分别采摘八成熟和全熟的无花果果实（成熟度由种植技术人员及山东省林业科学院研究院经济林所划分，成熟度以 A 表示八成熟，以 B 表示全熟），挑选无机械损伤果实置 4℃ 低温冷藏保存；

质构仪：TA.XT plus 型，英国 Stable Micro Systems 公司。

1.2 试验方法

质构仪参数设定：前测速度为 1.00 mm/s；贯入速度为 2 mm/s；后测速度为 10 mm/s；穿刺距离为 15 mm；最小感知力为 5.0 g；探头为 p/2。

样品采样位置：如图 1 所示，在无花果的距离果目端 0.5 cm，下文统称为近果目端（前）；距离果柄端 0.5 cm，下文统称为近果柄端（后）；果实中部下文统称为果实中部（中）进行穿刺。每种样品每个部位 3 次重复，分别进行果皮破裂强度，果皮破裂深度，果皮韧性，果皮硬度，果实黏度的数据测定。

所得刺试验（力/时间）曲线见图 2。

1.3 数据处理

采用 Excel 和 SPSS 20.0 整理数据，每个样品以果实前、中、后部位均值数据作堆积柱形图，同时对成熟度采用配对

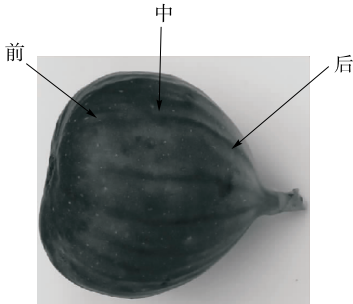
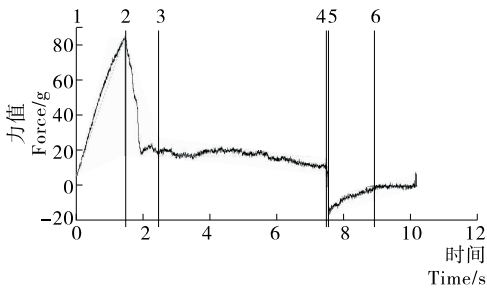


图 1 穿刺位置图示

Figure 1 Location of puncture



以曲线第一峰（锚 2）的力值作为果皮破裂时的力，即果皮破裂强度（g），第一峰的运行距离为果皮破裂深度（mm），第一峰的力值与运行距离的比值为果皮韧性（g/s）；第一峰 0.5 s 后的锚 3 与锚 4 之间的平均力值为果肉平均硬度（g）；锚 5 与锚 6 之间的平均力值为果肉黏性（g）

图 2 穿刺试验曲线（力/时间）

Figure 2 Illustration curve of the puncture test (force/time)

T 检验及相关性分析。

2 结果分析

2.1 无花果果实部位成熟度间质构特性变化

2.1.1 果皮破裂强度分析 由图 3 可知，八成熟的果皮中大部分的品种近果柄端的破裂强度明显大于果皮中部和近果目端，但绿早近果柄端的破裂强度略小于近果目端；从果皮变化趋势上看大部分品种果实越成熟果皮破裂强度均有所减少，但青皮的果皮破裂强度反而增大，说明除了青皮外，其他品种随着成熟度的增加，其果皮的硬度都减小；处于熟期时，除了金傲芬的果皮中部大于近果柄端和近果目端以外，其他品种的近果柄端仍比果皮中部和近果目端破裂强度大，说明大部分的品种在近成熟和成熟时近果柄端比果皮中部和近果目端都要硬。

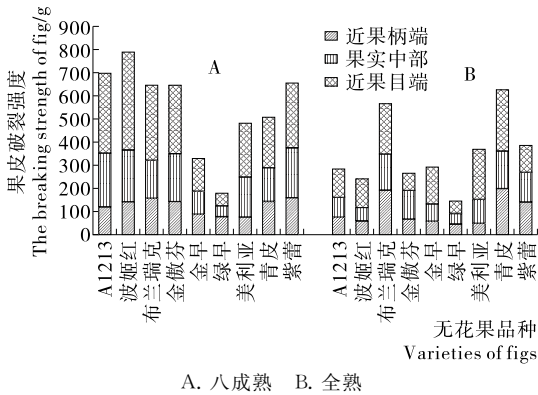


图 3 不同果实部位果皮破裂强度分析

Figure 3 Analysis on the breaking strength of different fruit position

2.1.2 果皮破裂深度分析 由图 4 可知，当果实处于八成熟时，近果柄端的果皮破裂深度大于近果目端和果实中部；当果实处于全熟期时，除了布兰瑞克和金早的近果目端的果皮破裂深度大于近果柄端和果实中部，其他品种的近果柄端仍大于其他两个部分；从总体变化趋势上看成熟度对果皮的破裂深度影响不大，其中金早、美利亚、青皮随着成熟度增加，其果皮破裂深度变大，而其他品种则变小。对比苹果的质构

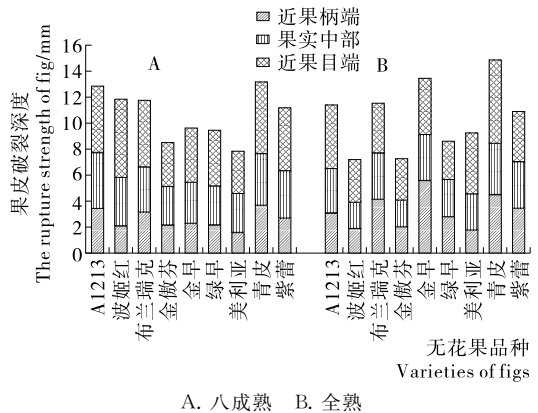


图 4 不同果实部位果皮破裂深度分析

Figure 4 Analysis on the rupture strength of different fruit position

分析可知,苹果果皮破裂深度随时间推移呈上升趋势^[14],而无花果果皮破裂深度总体呈下降趋势。

2.1.3 果皮韧性分析 由图 5 可知,当果实处于八成熟时,不同品种间的果皮韧性有一定差别,且大部分品种的近果柄端韧性大于果实中部和近果目端,但是金早的近果目端韧性强度大于近果柄端和果实中部,绿早、青皮和紫蕾的近果柄端与近果目端韧性相似,且大于中部;当果实处于全熟期时,只有金早和美利亚的近果柄端仍大于果实中部和近果目端,绿早、青皮和紫蕾的近果目端韧性大于果实中部和近果柄端,A1213、波姬红和布兰瑞克的近果柄端与进果目端相似。从整体上看,除青皮和布兰瑞克以外其他品种不同成熟度的果皮韧性变化差异较大,随着成熟度的增加,果皮韧性减小,其中金傲芬成熟后变化最为明显。

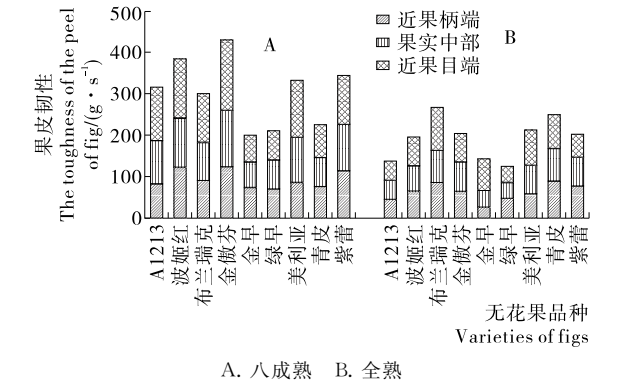


图 5 不同果实部位无花果品种与果皮韧性分析
Figure 5 Analysis on the toughness of the peel of different fruit position

2.1.4 果肉硬度分析 由图 6 可知,当果实在八成熟时除金傲芬外果实的整体硬度不是很大。不同品种间除 A1213 和绿早外其他品种的近果柄端硬度都大于果实中部和进果目端;当果实处于成熟期时,只有金早和美利亚的近果柄端硬度仍大于近果目端和果实中部,A1213、波姬红、布兰瑞克和绿早的近果柄端和近果目端硬度相似,而金傲芬、青皮和紫蕾的近果目端硬度大于其他部位;从整体变化上看,随着成熟度的增加果实的硬度有所减小,其中金傲芬变化最大。与

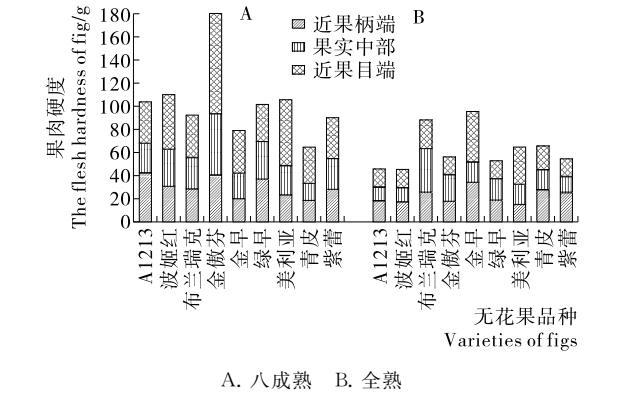


图 6 不同果实部位果肉硬度分析
Figure 6 Analysis of flesh hardness of different fruit position

甜瓜果实质构分析对比可知^[15],甜瓜在成熟过程中,果实韧性、硬度的下降程度显著增大;无花果果皮韧性和果肉硬度与上述研究有相同的结论。

2.1.5 果肉黏性分析 由图 7 可知,八成熟时不同品种果实的近果柄端的果肉黏性都大于果实中部和近果目端,在不同品种中金傲芬的果肉黏性变化最大,波姬红次之,青皮最小;当果实处于成熟期时,布兰瑞克黏性最大,除金早和美利亚外,其他品种的近果目端的果肉黏性都大于果实中部和近果柄端。从整体变化上看,随着成熟度的增加,果肉黏性减小。与猕猴桃质构特征变化对比分析可知,猕猴桃果肉随时间推移及成熟度变化硬度呈下降趋势,黏滞性呈上升的总趋势,柔韧性与黏滞性的相关性显著^[16],而无花果的果实黏性则减小,果实变得松软。

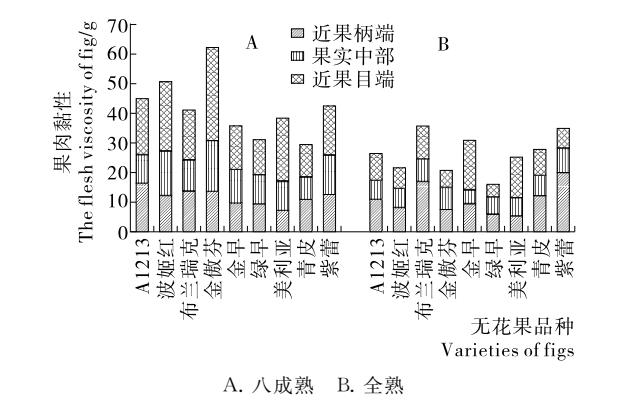


图 7 不同果实部位果肉黏性分析
Figure 7 Analysis on the flesh viscosity of different fruit position

2.2 各品种不同成熟度间对比

由表 1 可知:大多数品种成熟度对比中果皮破裂强度都有显著差异,布兰瑞克和金早无明显差异;果皮破裂深度仅波姬红有显著差异;多数品种果皮韧性差异明显,布兰瑞克和青皮差异不明显;果肉硬度上布兰瑞克、青皮和金早差异不明显,其他品种显著性差异;黏性上分析金早、青皮、布兰瑞克、紫蕾和绿早差异不明显,其他品种差异显著。

2.3 无花果质构特性相关性分析

由表 2 可知,无花果八成熟时,果皮破裂强度与果皮韧性和果实黏性呈显著相关,果皮韧性与果肉硬度呈显著相关,果实黏性与果皮韧性和果肉硬度呈极显著相关性。当无花果成熟度尚欠时,果皮韧性影响果肉硬度,果实黏性受果皮和果肉相关指标影响显著;当果实完全成熟后,果实黏性与果皮和果肉相关指标呈正相关性,但显著性下降,果实黏性仍与果皮破裂强度有显著正相关性,果皮韧性也不再与果肉硬度有显著相关性。

3 结论

本试验通过质构仪穿刺技术对多个品种无花果果实部位和成熟度物性特征的系统分析,可知质构特性显著影响无花果鲜食、贮藏和加工利用,本试验的质构分析可加深人们对无花果果实成熟度的把握,获取质构特性,应用于贮藏及

表 1 无花果不同成熟度间配对分析[†]

Table 1 Comparison of different varieties of different maturity

样品	成熟度	果皮破裂强度			果皮破裂深度			果皮韧性			果肉硬度			果肉黏度		
		t	df	P	t	df	P	t	df	P	t	df	P	t	df	P
A1213	八成熟—全熟	7.38	26	0.00	1.16	26	0.26	10.81	26	0.00	6.65	26	0.00	−4.23	26	0.00
波姬红	八成熟—全熟	6.82	26	0.00	4.60	26	0.00	6.44	26	0.00	5.11	26	0.00	−5.41	26	0.00
布兰瑞克	八成熟—全熟	0.78	26	0.44	0.27	26	0.79	1.65	26	0.11	0.23	26	0.82	−0.91	26	0.37
金傲芬	八成熟—全熟	9.27	26	0.00	2.68	26	0.01	13.56	26	0.00	11.15	26	0.00	−11.35	26	0.00
金早	八成熟—全熟	0.74	26	0.47	−1.16	26	0.26	2.06	26	0.05	−1.41	26	0.17	0.07	26	0.95
绿早	八成熟—全熟	8.91	26	0.00	−0.03	26	0.98	7.20	26	0.00	14.87	26	0.00	−1.88	26	0.07
美利亚	八成熟—全熟	2.33	26	0.03	−1.93	26	0.07	7.97	26	0.00	5.12	26	0.00	−3.67	26	0.00
青皮	八成熟—全熟	−2.67	26	0.01	−1.49	26	0.15	−2.05	26	0.05	−0.02	26	0.99	−0.61	26	0.55
紫蕾	八成熟—全熟	3.91	26	0.00	0.26	26	0.80	7.76	26	0.00	5.48	26	0.00	−1.29	26	0.21

† P 在 0.01 水平(双侧)上呈极显著相关;P 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

表 2 不同成熟度无花果质构指标相关性分析[†]

Table 2 Correlation analysis of texture index of different maturity

成熟度	质构指标	果皮破裂强度	果皮破裂深度	果皮韧性	果肉硬度
八成熟	果皮破裂深度	0.446			
	果皮韧性	0.778 *	−0.160		
	果肉硬度	0.279	−0.512	0.754 *	
	果实黏性	0.672 *	−0.191	0.908 **	0.865 **
全熟	果皮破裂深度	0.661			
	果皮韧性	0.838 **	0.163		
	果肉硬度	0.435	0.545	0.271	
	果实黏性	0.680 *	0.617	0.487	0.572

† ** 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关;* 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

加工指导分析^[17-18]。结合前人对其他果蔬在质构方面的研究经验^[19-20],采用穿刺技术对无花果不同部位和成熟度物性特征分析可获取如下结论:

(1) 多数品种无花果在八成熟时从近果柄端—近果目端果皮/果肉的物性特征数据逐渐减小,总体上果皮/果肉硬度、韧性较高,果实内部黏性高,从而果实形态紧凑;全熟时果实中部和近果目端果皮韧性、果肉硬度和黏性减少,从而多数品种果实变得松软,适宜新鲜食用。

(2) 全熟时金傲芬果皮韧性较小、果肉较软且黏度较低利于鲜食和加工;青皮果皮和果肉随成熟度变化不大且较硬更耐存放,利于运输与储藏;波姬红果皮韧性大且外观良好、果实硬度适中因而更适宜鲜食;布兰瑞克的成熟果实黏性大,可适宜加工成果酱。

(3) 本试验从果皮果肉的物性特征研究了无花果不同品种和不同成熟度的差异和相关性,对无花果质构方面研究进行了补充和扩展,为科学选择无花果的适宜采摘期和品种加工方向提供了理论依据。

(4) 现今对无花果品种的鲜食和加工归类仍在初级阶

段,本试验虽然对无花果物性方面进行了研究讨论,但还需与理化性质相结合,可能会更好地反映无花果品种的品质与应用方向。

参考文献

[1] 孙锐, 孙蕾, 贾明, 等. 山东引种无花果品种营养成分分析[J]. 经济林研究, 2014, 32(4): 63-67.

[2] BAROLO M I, MOSTACERO N R, LÓPEZ S N. Ficus carica, L. (Moraceae): An ancient source of food and health[J]. Food Chemistry, 2014, 164(3): 119-127.

[3] RUSSO F, CAPORASO N, PADUANO A, et al. Phenolic compounds in fresh and dried figs from Cilento (Italy), by considering breba crop and full crop, in comparison to turkish and greek dried figs[J]. Journal of Food Science, 2014, 79(7): C1 278-C1 284.

[4] SILVA L B D, QUEIROZ M B, FADINI A L, et al. Chewy candy as a model system to study the influence of polyols and fruit pulp (açai) on texture and sensorial properties[J]. LWT- Food Science and Technology, 2015, 65: 268-274.

[5] 刘旭, 杨丽, 张芳芳, 等. 酿酒葡萄成熟期间果实质地特性和花色苷含量变化[J]. 食品科学, 2015, 36(2): 105-109.

[6] SURYA P D, SATHEESH K J. Assessment of banana fruit maturity by image processing technique[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(3): 1 316-1 327.

[7] 朱丹实, 李慧, 曹雪慧, 等. 质构仪器分析在生鲜食品品质评价中的研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(7): 264-269.

[8] 杨玲, 张彩霞, 丛佩华, 等. 基于质地多面分析法对不同苹果品种果肉质构特性的分析[J]. 食品科学, 2014, 35(21): 57-62.

[9] 马庆华, 王贵禧, 梁丽松, 等. 冬枣的穿刺质地及其影响因素[J]. 林业科学研究, 2011, 24(5): 596-601.

[10] 赵登超, 贾明, 唐贵敏, 等. 质构穿刺检测石榴籽粒质地品质[J]. 热带作物学报, 2016, 37(7): 1 419-1 423.

[11] MISSANG C E, MAINGONNAT J F, CMGC R, et al. Texture variation in apricot: Intra-fruit heterogeneity, impact of thinning and relation with the texture after cooking[J]. Food Research International, 2011, 44(1): 46-53.

(下转第 30 页)

$n_{MCA}/n_{AGU}=1, n_{NaOH}/n_{AGU}=1.25$, 碱化温度 35 ℃, 碱化时间 1 h, 醚化温度 70 ℃, 醚化时间 2.5 h。红外光谱图在 1 300~1 600 cm^{-1} 处出现了新的吸收峰及衍射尖峰随着取代度的增加逐渐减弱直至消失, 证明羧甲基基团替换了大米淀粉中的羟基, 产物为羧甲基淀粉。

(2) 试验证明半干法制备羧甲基淀粉可行, 可得到取代度达 0.45 的羧甲基淀粉。用氯乙酸钠代替传统的氯乙酸做醚化剂, 一方面可以减小生产过程中对操作人员的危害, 另一方面又可以提高工厂设备的使用寿命, 采用设备更加简便, 操作更为容易的半干法制备得到适用于食品、医药行业的羧甲基淀粉。

(3) 和溶剂法、干法一样, 本试验反应结束后反应体系中有未反应的 NaOH、氯乙酸钠等杂质残留, 产品需用洗涤剂清洗, 但洗涤剂——甲醇用量偏大, 还需进一步研究找到更佳的洗涤剂或者通过其他手段降低甲醇用量。例如甲醇可以通过过滤后离子交换或者蒸馏的方法回收并重复利用。

参考文献

[1] 杨连生, 林勤保. 羧甲基淀粉的生产与性质[J]. 食品与机械, 1996(2): 33-33.

[2] 刘忠义, 彭丽, 包浩, 等. 羧甲基籼米淀粉的理化性质及其在冰淇淋中的应用[J]. 现代食品科技, 2015(3): 184-189.

[3] 乔丽娟, 刘忠义, 夏秋, 等. 籼米淀粉脂肪替代品在低脂乳化肠中的应用[J]. 食品与机械, 2016, 32(7): 18-22.

[4] 伍亚华, 石亚中. 交联—羧甲基淀粉糊性质研究[J]. 食品与机械, 2008, 24(6): 16-19.

[5] 彭丽. 羧甲基大米淀粉的制备、性质及应用研究[D]. 湖南: 湘潭大学, 2015.

[6] 杨敏丽, 胡奇林, 王千杰. 相转移法合成羧甲基淀粉[J]. 宁夏大学学报: 自然科学版, 1997, 18(3): 257-259.

[7] 张慧, 侯汉学, 董海洲, 等. 羧甲基淀粉干法制备工艺[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(1): 10-14.

[8] 黄静, 潘丽军. 一种快速准确测定羧甲基淀粉取代度的方法[J]. 食品工业科技, 2003, 24(3): 82-84.

[9] LUO Zhi-gang, XU Zhong-yue. Characteristics and application of enzyme-modified carboxymethyl starch in sausages[J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44(10): 1 993-1 998.

[10] LI Xia, GAO Wen-yuan, HUANG Li-jing et al. Preparation

and physicochemical properties of carboxymethyl *Fritillaria ussuriensis*, Maxim. starches[J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 80(3): 768-773.

[11] ANIRUDHAN T S, PARVATHY J. Novel semi-IPN based on crosslinked carboxymethyl starch and clay for the in vitro release of theophylline.[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2014, 67(3): 238-245.

[12] 谭义秋. 木薯淀粉交联羧甲基改性及工艺优化[J]. 食品与机械, 2013, 29(1): 9-12.

[13] ZOU Wei, YU Long, LIU Xing-xun, et al. Effects of amylose/ amylopectin ratio on starch-based superabsorbent polymers[J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 87(2): 1 583-1 588.

[14] KLEIN B, VANIER N L, MOOMAND K, et al. Ozone oxidation of cassava starch in aqueous solution at different pH[J]. Food Chemistry, 2014, 155: 167-173.

[15] SELAMAT M E, SULAIMAN O, HASHIM R, et al. Measurement of some particleboard properties bonded with modified carboxymethyl starch of oil palm trunk [J]. Measurement, 2014, 53: 251-259.

[16] SABOKTAKIN M R, MAHARRAMOV A, RAMAZANOV M A. Synthesis and characterization of superparamagnetic nanoparticles coated with carboxymethyl starch (CMS) for magnetic resonance imaging technique[J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 78(2): 292-295.

[17] LIU Jia, CHEN Jia, DONG Nan, et al. Determination of degree of substitution of carboxymethyl starch by Fourier transform mid-infrared spectroscopy coupled with partial least squares[J]. Food Chemistry, 2012, 132(4): 2 224-2 230.

[18] LIU Jia, JIAN Ming, LI Wei-jin, et al. Synthesis, characterization and in vitro, digestibility of carboxymethyl potato starch rapidly prepared with microwave-assistance [J]. Food Chemistry, 2012, 133(4): 1 196-1 205.

[19] VRINTEN P L, SHIMBATA T, YANASE M, et al. Properties of a novel type of starch found in the double mutant “sweet wheat”[J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 89(4): 1 250-1 260.

[20] BENLACHTAR Y, KILLEY R I, BAYVEL P. Optimization of Reaction Conditions for Carboxymethylated Sago Starch[J]. Iranian Polymer Journal, 2011, 2(20): 195-204.

(上接第 25 页)

[12] 张雪丹, 安森, 张倩, 等. 无花果采后生理和贮藏保鲜研究进展[J]. 食品科学, 2013, 34(23): 363-369.

[13] 唐霞, 张明, 马俊莲, 等. 适宜贮藏温度保持鲜食无花果品质[J]. 农业工程学报, 2015, 31(12): 282-287.

[14] 李江阔, 林洋, 张鹏, 等. 采后不同时期 1-MCP 处理对苹果果实质地的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(20): 277-281.

[15] 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.

[16] 吴旻丹, 陈瑜, 金邦荃. 储藏期猕猴桃质构变化的研究及人工咀嚼的建立[J]. 食品工业科技, 2010(12): 146-148.

[17] RUIZ M S, YASUOR H, BEN-GAL A, et al. Salinity induced

fruit hypodermis thickening alters the texture of tomato (*Solanum lycopersicum*, Mill) fruits [J]. Scientia Horticulturae, 2015, 192: 244-249.

[18] SOUZA V R D, PINHEIRO A C M, LIMA L C D O, et al. Analysis of the subtropical blackberry cultivar potential in jelly processing [J]. Journal of Food Science, 2014, 79(9): 1 776-1 781.

[19] 王瑜, 蒋小雅, 郑炯. 热风干燥过程中麻竹笋质构特性变化研究[J]. 食品与机械, 2014, 30(4): 43-45.

[20] SOTERIOU G A, KYRIACOU M C, SIOMOS A S, et al. Evolution of watermelon fruit physicochemical and phytochemical composition during ripening as affected by grafting[J]. Food Chemistry, 2014, 165(20): 282-289.