

基于质地剖面分析的干制红枣品质评价

闫忠心^{1,2}, 鲁周民¹

(1. 西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100) (2. 青海省畜牧兽医科学院, 青海西宁 810016)

摘要: 为探索不同温度下干制红枣品质的评价方法, 采用 TPA 分析法(质地剖面分析)和化学分析法分别测定了 50 (27 h)、60 (18h)、70 °C (12h) 热风干燥, 自然阴干 (35 d) 和糖心枣 (ck) 5 种样品的质地参数(硬度、黏着性、弹性、内聚性、咀嚼性、回复性)及糖酸比, 通过相关性分析并对质地参数进行聚类分析。结果表明: 干制显著改变了红枣的质地性状, 硬度显著降低、而黏附性显著升高 ($P < 0.05$); 60 °C (18 h) 热风干制红枣样品保持了较好的硬度、黏附性、咀嚼性、弹性和糖酸比参数, 具有较好的质地性状和口感风味, 优于 50 °C (27 h) 和 70 °C (12 h) 热风干制及自然阴干 (35 d) 红枣的品质。质地参数间有较好的相关性, 聚类分析可实现对不同条件下干制红枣质地品质的区分, 为干制红枣的质地性状等级评价提供了理论参考。

关键词: 品质评价; 红枣; 质地剖面分析; 相关性分析; 聚类分析; 质地参数; 糖酸比

文章编号: 1673-9078(2014)7-237-241

Quality Evaluation of Dried Chinese Jujube based on Texture Profile Analysis

YAN Zhong-xin^{1,2}, LU Zhou-min¹

(1. College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

(2. Qinghai Academy of Animal Science and Veterinary Medicine, Xining 810016, China)

Abstract: In the present study, the quality of dried Chinese jujube was evaluated. Texture profile analysis (TPA) and chemical analysis were applied to evaluate texture parameters and TS-to-TA ratio of hot-air drying (at 50 °C for 27 h, 60 °C for 18 h and 70 °C for 12 h), natural drying (35 d) and sugar-preserved jujube, through correlation and cluster. These results demonstrated that texture parameters were significantly changed with drying. The hardness were significantly reduced and the adhesiveness were improved ($P < 0.05$). Hot-air drying at 60 °C (18 h) was better than those at 50 °C (27 h), 70 °C (12 h) and natural drying (35 d). The cluster analysis could be used to distinguish the texture quality of Chinese jujube with different drying conditions. It also provides a theoretical reference to distinguish the quality level of dried Chinese jujube.

Key words: quality evaluation; Chinese jujube; texture profile analysis; correlation analysis; cluster analysis; texture parameters; TS-to-TA ratio

质地是构成并影响果品品质及消费者可接受性的重要因子^[1]。果实的硬度、脆性、粘性、咀嚼性、弹性等与其质地品质直接相关^[2]。质地剖面分析 (TPA) 是模拟食品质地的感官评价而开发的新型评价质地品质的力学测试方法, 广泛用于果蔬质地变化的客观评定, 是食品质地的感观评价和仪器分析间的桥梁^[3]。Camps C 等^[4]以质构仪采用整果穿刺法的试验

收稿日期: 2014-03-03

基金项目: 财政部“以大学为依托的农业科技推广体系建设项目”(XTG 2013-02)

作者简介: 闫忠心 (1987-), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 西部特色资源利用

通讯作者: 鲁周民 (1966-), 男, 研究员, 主要从事经济林果品保鲜贮藏与加工利用研究

研究, 实现了对苹果果皮韧性、脆性及果肉硬度等食用品质的客观评价。潘秀娟等^[5]采用质地剖面分析 (TPA) 法研究了红富士和嘎啦两种苹果质地参数的变化及相关性, 评价了两种苹果采后质地品质的差别。Schiffman^[6]研究表明采用质构特性并结合风味特性分析能正确地将混合食品分辨出来。另外国内外学者, 采用 TPA 分析法已成功对梨^[7]、樱桃^[8]及黄瓜^[9]等果蔬的质地及流变学特性方面的评价, 为果品在储运、加工过程中的工程计算和分析提供客观依据。

红枣 (*Zizyphus Jujuba* Mill) 是中国特色的经济果品, 年产量 400 多万 t, 干制枣占 80% 以上, 贸易出口的枣产品中主要是干制品^[10]。近年来学者对干制红枣活性成分^[11]、物化性质和果肉褐变^[12]、香气成分^[13]及干制方式^[14-16]做了大量研究, 但对红枣果肉质

方面的评价主要进行感官评价, 缺乏科学的量化评价方法, 特别是通过质地剖面分析来评价红枣食用品质的方法还未见报道。本研究采用 TPA 分析法, 测定不同条件下干制红枣样品的质地特性, 并结合糖酸比对不同条件干制的红枣样品进行品质评价, 旨在探索干制红枣品质质地的评价方法, 为建立标准化、统一化的干制枣果实品质评价体系提供理论依据和科学手段。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器

红枣: 产于陕西省清涧县的木枣, 采收时为已失水软化的糖心枣, 水分质量分数为 51.98%。采摘后运回实验室, 冷藏于 $(2\pm 1)^\circ\text{C}$ 的冰箱中备用。

仪器: TA-XT2i 质构仪, 英国 SMS 公司; 101 型电热恒温鼓风干燥箱, 北京科伟; UV1240 型紫外分光光度计, 日本岛津; A1330011 型 Beckman 离心机, 中国上海; R200D 型分析天平, 德国 Sartorius 公司; BCD-215DC 型冰箱, 中国海尔。

1.2 试验方法

1.2.1 样品处理

选择大小均匀一致、完好的枣果, 分为 5 份, 每份 2.5 kg。由于生产中红枣的干制温度主要在 $50^\circ\text{C}\sim 70^\circ\text{C}$ 之间, 因此选取 50°C 、 60°C 和 70°C 为试验温度。为保证干制效果的一致, 在预试验基础上, 对其中 3 份样品分别于 50°C 、 60°C 和 70°C 恒温热风干制 27 h、18 h 和 12 h, 取出冷却至室温后, 分别装入塑料袋放置 5 d 使水分平衡。水分质量分数分别为 23.58%、22.98%、23.33%; 1 份置于室内(温度 $6^\circ\text{C}\sim 18^\circ\text{C}$, 相对湿度 45%~70%)自然阴干 35 d, 水分质量分数为 23.46%; 1 份作对照 (CK)。各样品存于 $(2\pm 1)^\circ\text{C}$ 的冰箱中待检。

1.2.2 TPA 分析

红枣样品用切片纵向切开, 在果肉剖面选 3 个位置, 采用 TA-XT2i (英国 SMS 公司) 质构仪, 用圆柱形探头 P/5 (直径 5 mm) 做 TPA 实验; 每组样品重复测定 10 个枣, 并用 TA-XT2i 的专用软件 (Texture Expert) 对曲线进行自动分析, 获得 TPA 质地参数: 硬度、黏着性、弹性、凝聚性、咀嚼性、回复性。TPA 参数设置为: 测试前速率 1.00 mm/s, 测试速率 1.00 mm/s, 测试后速率 1.00 mm/s, 两次压缩中间间隔 5 s, 压缩程度为 3 mm, 触发力值 $0.1\text{ N}^{[17]}$ 。试验所得整枣果实 TPA 质地特征曲线如图 1 所示。

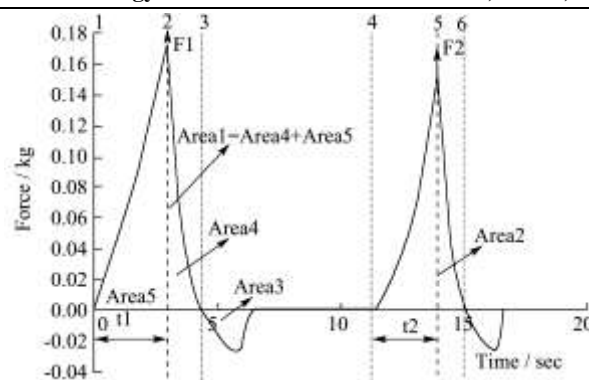


图 1 试验枣果肉质地多面分析 (TPA)

Fig.1 Texture profile analysis for Chinese jujube

图 1 中质地参数如下: 硬度=F1; 黏附性=Area 3; 弹性= $t2/t1$; 凝聚性=Area 2/Area 1; 咀嚼性=硬度 \times 凝聚性 \times 弹性; 回复性=Area 4/Area 5。

1.2.3 糖酸测定方法

总糖 (total sugar) 3, 5-二硝基水杨酸 (DNS) 比色法; 总酸 (total acid) 含量按照 GB/T 12456-2008 直接滴定法。每个指标重复测定三次。

1.3 数据处理

结果以“平均值 \pm 方差”表示, 采用 SPASS 18.0 版软件对数据进行方差分析, 并进行 Dunacans 差异显著性分析、距离 Pearson 相关性分析和系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 枣果肉质地参数、糖酸比的变化

2.1.1 枣果肉质地的变化

表 1 中列出了采用 TPA 分析法获得 50°C (27 h)、 60°C (18 h)、 70°C (12 h) 热风干制红枣、自然阴干 (35 d) 红枣以及糖心枣 (CK) 5 种样品的硬度、黏附性、弹性、凝聚性、咀嚼性、回复性 6 项表示枣果肉质地的参数^[3,18]。

硬度反应枣果实的坚实度, 过高不利于咀嚼, 对上腭、牙齿有伤害作用, 另外硬度高咀嚼食物消耗的能量也多, 容易发生咀嚼疲劳^[3]。由表 1 可知, 干制可以显著降低枣果实硬度 ($p<0.05$), 60°C (18 h) 热风干制红枣相对柔软, 显著低于其他干制条件和 CK ($p<0.05$)。

黏附性反应咀嚼果肉时, 果肉对上腭、牙齿、舌头等接触面粘着的性质, 与果肉品质负相关, 黏附性低的枣果实爽口性好^[19]。从表 1 看出, 与对照相比, 干制红枣黏附性显著增大 ($p<0.05$), 这是由于干制后红枣糖分增加、细胞失水软化的缘故。在干制红枣中,

60 °C (18 h) 热风干制红枣果实的粘附性显著小于 50 °C (27 h)、70 °C (12 h) 热风干制和阴干红枣 (35 d) ($p < 0.05$)。

弹性和凝聚性是评价果肉组织结构的重要参数, 反应微观组织的结构状况, 弹性和凝聚性好的枣果实水分及营养物质均衡, 组织结构柔韧, 直接食用时爽口不粘牙^[18, 20]。表 1 显示, 60 °C (18 h) 热风干制红枣

果肉弹性显著高于 70 °C (12 h) 和 CK ($p < 0.05$), 和其他无显著差异 ($p < 0.05$), 可能 70 °C (12 h) 高温干制对果肉水分迁移不均, 弹性较低。干制过程提高了枣果肉的凝聚性, 显著高于 CK ($p < 0.05$)。而 50 °C (27 h)、60 °C (18 h) 和 70 °C (12 h) 热风干制红枣间果肉凝聚性差异不显著 ($p < 0.05$)。

表 1 枣果肉 TPA 分析参数

Table 1 Textural parameters of the TPA test

	硬度/N	黏附性/N S	弹性/-	凝聚性/-	咀嚼性/N	回复性/-
CK	305.290 ^a ±10.603	-9.826 ^a ±4.778	0.865 ^c ±0.073	0.580 ^c ±0.057	166.760 ^a ±12.401	0.320 ^a ±0.012
50 °C	208.904 ^{bc} ±19.020	-44.406 ^c ±5.337	0.958 ^{ab} ±0.031	0.805 ^a ±0.026	157.723 ^a ±14.921	0.282 ^b ±0.036
60 °C	130.718 ^d ±16.873	-26.060 ^b ±2.488	0.976 ^a ±0.026	0.767 ^{ab} ±0.028	100.252 ^b ±18.845	0.287 ^b ±0.012
70 °C	185.707 ^c ±15.801	-56.289 ^c ±0.516	0.913 ^{bc} ±0.043	0.771 ^{ab} ±0.032	119.059 ^b ±15.235	0.295 ^{ab} ±0.027
阴干	233.735 ^b ±12.264	-43.038 ^c ±7.305	0.966 ^{ab} ±0.023	0.734 ^b ±0.025	175.359 ^a ±16.477	0.305 ^{ab} ±0.016

注: “-”表示方向, 平均值±方差 (df=29, df 为样本标准差自由度); 同一列不同小写字母是在 95 % 置信区域 ($p < 0.05$) 内差异显著。

咀嚼性反映果肉对咀嚼发生时的持续抵抗, 果肉咀嚼性高, 表明果肉有渣感, 与果肉硬度显著正相关^[18, 21]。从表 1 可以看出, 自然阴干(35 d)红枣果肉咀嚼性显著高于 60 °C (18 h)、70 °C (12 h) 热风干制红枣 ($p < 0.05$); 60 °C (18 h)、70 °C (12 h) 热风干制有效降低了枣果肉的咀嚼性, 更利于直接食用。

回复性是试样在第一次压缩过程中回弹的能力, 反应果肉组织结构的完整性; 果肉组织完整结构遭破坏时, 回复性会降低^[1]。从表 1 可以看出, CK 的回复性显著高于 50 °C (27 h) 和 60 °C (18 h) 干制红枣 ($p < 0.05$), 表明干制对红枣果肉的组织结构有一定的破坏作用。但各干制红枣果肉间无差异 ($p < 0.05$)。

2.1.2 糖酸的变化

糖酸比是影响果品口感的重要指标, 除受环境因素的影响, 加工、贮藏等也会影响果实的糖酸比, 并且糖酸比在 30~50 的果品有更好的口感^[22]。由表 2 可知, 干制条件对枣果实糖酸比有显著的影响 ($p < 0.05$);

60 °C (18 h) 和 70 °C (12 h) 热风干制枣果实糖酸比差异不显著 ($p < 0.05$); 60 °C (18 h)、70 °C (12 h) 热风干制及 CK 有较合理的糖酸比, 食用口感品质较好; 自然阴干糖酸比过高, 食用口感品质较差。

表 2 干制条件对枣果实总糖、总酸及糖酸比的影响

Table 2 Effects of drying conditions on total sugar, total acid and TS-to-TA ratio of Chinese jujube

处理	总糖/%	可滴定酸/%	糖酸比/-
CK	40.96 ^c ±1.66	0.85 ^c ±0.51	47.96 ^c ±1.25
50 °C	62.85 ^b ±1.25	1.18 ^b ±0.68	56.46 ^b ±0.83
60 °C	62.61 ^b ±1.11	1.34 ^a ±0.42	44.25 ^d ±1.64
70 °C	59.24 ^b ±1.67	1.31 ^a ±0.40	45.08 ^{cd} ±1.17
阴干	63.62 ^a ±2.01	0.73 ^d ±0.78	87.15 ^a ±1.87

注: 平均值±方差, 同一列不同小写字母表是在 95 % 置信区域 ($p < 0.05$) 内差异显著。

2.2 枣果实质地参数、糖酸比相关性分析

表 3 枣果实物性参数与营养参数相关性 (R) 矩阵表

Table 3 Correlation (R) matrix among textural parameters of the TPA test

	硬度	黏附性	弹性	凝聚性	咀嚼性	回复性	糖酸比
硬度	1.000						
黏附性	0.438	1.000					
弹性	-0.733	-0.419	1.000				
凝聚性	-0.804	-0.788	0.796	1.000			
咀嚼性	0.836 *	0.140	-0.259	-0.427	1.000		
回复性	0.857 *	0.678	-0.820 *	-0.986 *	0.505	1.000	
糖酸比	0.253	-0.252	0.389	0.076	0.679	0.019	1.000

注: 相关系数 R 有散点值计算所得 (n=30, n 为枣果实数量×3); *表示显著相关, **表示极显著相关。

通过对各样品质地参数及糖酸比进行相关性分析,结果见表3。可以看出,不同条件下干制红枣果肉的质地参数间有较好的相关性。硬度与咀嚼性、回复性呈显著正相关性($R=0.836, 0.857$),与凝聚性、弹性呈较好负相关($R=-0.733, -0.804$)。黏附性与凝聚性呈较好负相关($R=-0.788$),与回复性呈较好正相关($R=0.678$)。弹性是指被测样品经过第一次压缩后能够再恢复压缩前的程度大小,与凝聚性正相关性较好($R=0.796$),与回复性呈显著负相关($R=-0.820$)。凝聚性与回复性呈极显著负相关($R=-0.986$)。咀嚼性是反应试样质地的二级参数,在数值上等硬度、弹性和内聚性的乘积,主要受硬度的影响与硬度显著相关系($R=0.836$),与凝聚性和弹性相关性较弱,且为负相关。糖酸比是枣果实口感好坏的重要评级参数,与质地参数相关性均较弱,表明糖酸比可以作为评价枣果实品质的独立参数。

2.3 枣果实质地参数的聚类分析

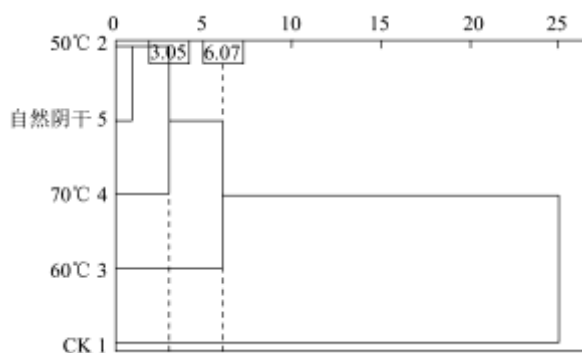


图2 枣果实质地参数的聚类分析树状图

Fig.2 Cluster analysis dendrogram of textural parameters of the TPA test

从相关性分析来看,枣果肉质地参数间具有很好的相关性,糖酸比相对独立。因此,对5种枣样品的6项质地参数进行聚类分析,采用系统聚类,平方Euclidean距离,The Ward方法,并首先将数据标准化转换^[23],结果如图3。由图3可知,50℃(27h)热风干制和自然阴干(35d)的样品首先被聚在一起,表明它们具有相似的质地品质,表明较长的干制时间对果肉的质地品质影响较大;当距离为3.05时,50℃(27h)、70℃(12h)热风干制和自然阴干(35d)的红枣被聚在一起,而60℃(18h)热风干制红枣为独立一类。从聚类分析结合对质地参数及糖酸比的分析结果表明,60℃(18h)热风干制红枣果肉的物性品质优于50℃(27h)、70℃(12h)热风干制和自然阴干(35d)红枣;当距离为6.07时,所有干制红枣样品被聚为一类,CK单独一类,表明干制虽然提

高了某些质地品质,但对果肉组织结构有一定的破坏作用,使果肉组织塌陷,影响果肉质地的品质^[2]。聚类结果在一定程度上反映了不同干制条件对枣果肉质地的不同影响,使质地参数差异较小的首先被聚为一类。通过对不同干制条件枣果肉质地的系统聚类分析,可实现对不同干制条件下红枣品质的评价。

3 结论

3.1 不同干制条件对红枣果肉的质地品质及糖酸比有显著影响($P<0.05$);糖心枣经过不同条件干制后,硬度显著降低、而黏附性显著升高($P<0.05$)。在各种不同干制条件中,60℃(18h)热风干制红枣果肉样品的硬度、黏附性和咀嚼性参数显著低于其他样品,而弹性参数较高,具有较好的质地品质。糖酸比变化表明60℃(18h)和70℃(12h)热风干制红枣及CK(糖心枣)糖酸比较合理,自然阴干(35d)红枣的口感较差。表明采用60℃(18h)热风干制可使红枣具有较好的质地性状和口感风味。

3.2 相关性分析表明红枣果肉的质地参数间有一定的联系,糖酸比可作为单独参数评价枣果实品质。采用聚类分析能实现对干制红枣质地品质的区分,从而实现对干制条件的评价。60℃(18h)热风干制红枣的质地品质优于50℃(27h)、70℃(12h)热风干制和自然阴干(35d)的红枣。干制对红枣质地性状的影响机理还有待进一步深入研究。

参考文献

- [1] Predieri S, Ragazzini P, Rondelli R. Sensory evaluation and peach fruit quality [J]. Acta Horticulture, 2006, 713: 429-434
- [2] Infante R, Meneses C, Crisosto C H. Preconditioning treatment maintains taste characteristic perception of ripe 'September Sun' peach following cold storage [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2009, 44: 1011-1016
- [3] 李里特.食品物性学[M].北京:中国农业出版社,2001
LI Li-te. Physical Properties of Foods [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001
- [4] Camps C, Guilermin P, Mauget J C, et al. Data analysis of penetrometric force/displacement curves for the characterization of whole apple fruits [J]. Journal of Texture Studies, 2005, 36: 387-401
- [5] 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
PAN Xiu-juan, TU Kang. Comparison of texture properties of post-harvested apples using texture profile analysis [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(3):166-170

- [6] Schiffman S. Food Recognition by the Elderly [J]. *Journal of Gerontology*, 1977, 32(5): 586-592
- [7] Zhou R, Mo Y, Li Y, et al. Quality and internal characteristics of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua) treated with different kinds of coatings during storage [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 49(1): 171-179
- [8] Muskovics G, Felföldi J, Kovács E, et al. Changes in physical properties during fruit ripening of Hungarian sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2006, 40(1): 56-63
- [9] Kohyama K, Nagata A, Tamaki Y, et al. Comparison of human bite and instrument puncture tests of cucumber texture [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2009, 52(2): 243-246
- [10] 闫忠心, 鲁周民, 刘坤, 等. 我国红枣资源加工利用研究现状与展望 [J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2010, 38(6): 102-108
YAN Zhong-xin, LU Zhou-min, LIU Kun, et al. The present situation and prospect of Chinese jujube resource in processing and utilization [J]. *Journal of Northwest Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition*, 2010, 38(6): 102-108
- [11] Gao Q H, Wu C S, Wang M, et al. Effect of Drying of Jujubes (*Zizyphus jujuba* Mill.) on the Contents of Sugars, Organic Acids, α -Tocopherol, β -Carotene, and Phenolic Compounds [J]. *Food Chemistry*, 2012, 60(38): 9642-9648
- [12] Fang S Z, Wang Z F, Hu X S, et al. Hot-air drying of whole fruit Chinese jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) physicochemical properties of dried products [J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2009, 44, 1415-1421
- [13] 鲁周民, 闫忠心, 刘坤, 等. 干制温度对红枣香气成分的影响 [J]. *深圳大学学报理工版*, 2010, 27(4): 490-496
LU Zhou-min, YAN Zhong-xin, LIU Kun, et al. Effects of drying temperature on aroma components of chinese jujube [J]. *Journal of Shenzhen University Science and Engineering*, 2010, 27(4): 490-496
- [14] Wang Z F, Fang S Z, Hu X S. Effective Diffusivities and Energy Consumption of Whole Fruit Chinese Jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) in Microwave Drying [J]. *Drying Technology: An International Journal*, 2009, 27(10): 1097-1104
- [15] 闫忠心, 鲁周民, 刘坤, 等. 干制条件对红枣香气品质的影响 [J]. *农业工程学报*, 2011, 27(1): 389-392
YAN Zhong-xin, LU Zhou-min, LIU Kun, et al. Effects of drying conditions on Chinese jujube aroma components [J]. *Transactions of the CSAE*, 2011, 27(1): 389-392
- [16] 刘小丹, 张淑娟, 贺虎兰, 等. 红枣微波热风联合干燥特性及其品质的影响 [J]. *农业工程学报*, 2012, 28(24): 280-286
LIU Xiao-dan, ZHANG Shu-juan, HE Hu-lan, et al. Drying characteristics and its effects on quality of jujube treated by combined microwave-hot-air drying [J]. *Transactions of the CSAE*, 2012, 28(24): 280-286
- [17] Ludvine B, Emira M, Gaëlle, et al. Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 47(3): 315-324
- [18] Bourne M C. Food texture and viscosity [M]. 2nd edition, New York: Academic Press, 2002
- [19] Szczesniak A S, Ilker R. The meaning of textural characteristics-juiciness in plant food stuffs [J]. *Journal of Texture Studies*, 1988, 19: 61-78
- [20] Muramatsu N, Takahara T, Kojima K, et al. Relationship between texture and cell wall polysaccharides of fruit flesh in various species of citrus [J]. *Hortscience*, 1996, 31(1): 114-116
- [21] Kajuna S, Bilanski W, Mittal G S. Textural changes of banana and plantain pulp during ripening [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1997, 75: 244-250
- [22] Visser T, Schaap A A, Devries D P. Acidity and sweetness in apple and pear [J]. *Euphytica*, 1968, 17: 153-167
- [23] 袁志发, 周静芋. 多元统计分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2002
YUAN Zhi-fa, ZHOU Jing-yu. *Multivariate Statistical Analysis* [M]. Beijing: Science Publishing Press, 2002