

甜瓜营养品质分析及其代表性指标探究

Nutritional quality analysis and representative indexes of melon

闫巧俐^{1,2,3,4}张雁鸣^{1,2,3,4}陶永霞¹YAN Qiao-li^{1,2,3,4}ZHANG Yan-ming^{1,2,3,4}TAO Yong-xia¹何伟忠^{2,3,4}王 成⁵HE Wei-zhong^{2,3,4} WANG Cheng⁵

(1. 新疆农业大学食品科学与药学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091; 3. 新疆农业科学院农业农村部农产品质量安全风险评估实验室, 新疆 乌鲁木齐 830091; 4. 新疆农产品质量安全实验室, 新疆 乌鲁木齐 830091; 5. 新疆农业科学院科研管理处, 新疆 乌鲁木齐 830091)

(1. School of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China; 2. Scientific Research Management Office, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China; 3. Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Technology, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China; 4. Agricultural Product Quality Safety Risk Assessment Laboratory of Ministry of Agriculture, Urumqi, Xinjiang 830091, China; 5. Xinjiang Agricultural Product Quality Safety Laboratory, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

摘要:在分析获得甜瓜中 18 项营养品质指标数据基础上,通过主成分分析,对甜瓜品质代表性指标进行研究筛选,再借助聚类分析方法,探讨 13 种不同品种甜瓜的营养品质特点。结果显示:18 项指标中灰分、脂肪、 V_{B1} 、烟酸、酒石酸、蔗糖、总糖、可溶性固形物、总酸在对应主成分中的载荷值相对较高,能较好地反映数据整体变异情况;受试 13 种甜瓜大致可聚为两类,第 1 类以 86、杂交伽师瓜为代表;第 2 类以伽师瓜、西州蜜 25 号为代表。综上所述:灰分、脂肪、 V_{B1} 、烟酸、酒石酸、蔗糖、总糖、可溶性固形物、总酸可作为甜瓜品质特点的代表性表征指标;以 86、杂交伽师瓜为代表的一类甜瓜具有灰分、 V_{B1} 、烟酸、酒石酸、蔗糖、总糖、可溶性固形物含量相对丰富的特点;以伽师瓜、西州蜜 25 号为代表的一类甜瓜具有脂肪

和总酸含量相对丰富的特点。

关键词:营养品质;主成分分析;聚类分析

Abstract: The aim of this study was to screen the representative indexes of melon nutritional quality and identify the nutritional quality characteristics of different varieties of melon. Based on the data of 18 nutritional quality indexes of melon, the principal component analysis (PCA) was used to select the representative indexes of melon quality. The results showed that the loading values of ash, fat, V_{B1} , niacin, tartaric acid, sucrose, total sugar, soluble solids and total acid in the corresponding principal components of the 18 indexes were relatively high, which could better reflect the overall variation of the data. The 13 kinds of melon can be grouped into 2 groups. The second category was represented by Jiashi Gua and Xizhou Mi 25. In conclusion, ash, fat, V_{B1} , niacin, tartaric acid, sucrose, total sugar, soluble solids, and total acid could be used as the representative characterization indexes of melon quality characteristics. One kind of melon, represented by 86, was rich in ash, V_{B1} , niacin, tartaric acid, sucrose, total sugar, and soluble solids. The melon of Jiashi type was rich in fat and total acid. The results of this study could provide a characteristic index basis for evaluating the nutritional quality of melon and lay a foundation for the subsequent classification and classification of melon.

Keywords: quality; component analysis; analysis

基金项目:现代农业产业技术体系项目(编号:CARS-25);新疆维吾尔自治区天山雪松计划(编号:2017XS07);新疆维吾尔自治区重点实验室开放课题(编号:2015KL023);自治区公益性科研院所基本科研业务经费资助(编号:KY2017055)

作者简介:闫巧俐,女,新疆农业大学在读硕士研究生。

通信作者:陶永霞(1979—),女,新疆农业大学副教授,在读博士研究生。E-mail:taoyongxia2010@163.com

王成(1971—),男,新疆农业科学院研究员,在读博士研究生。E-mail:wangcheng312@sina.com

收稿日期:2019-04-23

据 2018 年国家统计局年鉴^[1]显示,中国甜瓜产量达到 403.7 万 t,占全年果用瓜产量 44.7%。目前多从外形、单果重、表皮特征、有无裂纹等方面,进行甜瓜的质量评价^[2-3]。开展甜瓜营养品质表征指标的研究分析,可在进一步充实甜瓜质量评价方法的同时,明确区域主栽品种甜瓜营养品质特点,支撑品牌形成及构建。

国内外已有关于甜瓜或西瓜营养品质的研究报道;但报道内容多集中在通过改良培育手段改善营养品质等技术领域。如谢秀芳等^[4]研究表明磷素对提高甜瓜可溶性固形物、V_C 等营养成分的含量具有积极作用;孙爽等^[5]研究表明硼营养利于增加甜瓜的总酸、可溶性糖等含量;熊韬等^[6]认为适量的钾有利于甜瓜品质的提升;汤谧等^[7]报道了可通过改进育种手段和栽培方式来提高甜瓜营养和风味品质的技术方法。Flores 等^[8]利用近红外光谱法对西瓜中的可溶性固形物进行了测定,并且依据测定结果对西瓜进行了分级。Barrett 等^[9]认为水果营养品质也是影响消费者接受度的最重要因素,并论述不同加工方法对果品风味、质地的影响。关于甜瓜营养品质表征指标及其不同品种营养品质特点的研究报道较少,黄倩等^[10]研究仅针对甜瓜的可溶性固形物、V_C、可溶性糖等 5 个指标进行甜瓜品质的评价,并未筛选出代表甜瓜营养品质的代表性指征。

试验拟以常见的 13 种甜瓜为研究对象,在完成试样灰分、蛋白质、脂肪、粗纤维、V_{B1}、V_{B2}、烟酸、烟酰胺、酒石酸、苹果酸、柠檬酸、富马酸、果糖、葡萄糖、蔗糖、总糖、可溶性固形物、总酸 18 项营养品质指标研究分析的基础上,依据所得数据,通过主成分、聚类等多种分析方法,深入探讨代表甜瓜营养品质的表征指标及其特点^[11-13]。旨在将受试 13 种甜瓜依据各自营养品质特点进行分类,从而使甜瓜销售过程中的商品化程度更高。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

86、杂交伽师瓜、伽师瓜、奎克拜热、辟山、风味 8 号、绿肉伽师瓜、金龙、甲黄蜜 2 号、西州蜜 25 号、冰糖雪梨、绿宝石甜王、花宝 13 种甜瓜(成熟度相同):采购于喀什市农贸市场,经打浆处理后,置于一 20 ℃ 冰柜冷冻保藏;

乙酸镁、浓盐酸、氢氧化钠、氢氧化钾、酚酞、乙酸锌、亚铁氰化钾、磷酸、硫酸、酒石酸钾钠、硫酸铜等:分析纯,天津市致远化学试剂有限公司;

甲醇、无水乙醇、乙腈:色谱纯,美国 Fisher Chemical 公司。

1.2 试验设备

电感耦合等离子体发射光谱—质谱仪:iCAP6300 型,德国赛默飞公司;

电子天平:BSA223s 型,美国赛多利斯公司;

微波消解仪:Mars 型,美国 CEM 公司;

原子吸收分光光度计:900F 型,美国 PE 公司;

气相色谱仪(配 FID 检测器):7890A 型,美国安捷伦科技有限公司;

高效液相色谱仪:Waters2695 型,美国 Waters 公司;

全自动凯氏定氮仪:8400 型,丹麦 FOSS 公司。

1.3 指标测定

灰分、蛋白质、总酸、可溶性固形物、总糖、脂肪、粗纤维、酒石酸、苹果酸、柠檬酸、富马酸、蔗糖、果糖、葡萄糖、V_{B1}、V_{B2}、烟酸、烟酰胺 18 个营养指标均采用现行有效的国家标准方法。

1.4 数据分析

参照吴东峰等^[14]数据分析方法,应用 SPSS 21.0 软件对试验所得 13 种甜瓜的营养指标进行分析,在此基础上,选用聚类分析结合品质数据,进行 13 种受试甜瓜的分类和营养品质特点的研究与探讨。

2 结果分析

2.1 甜瓜品质指标相关性分析

由表 1 可知,部分营养品质指标间存在相关性,18 个指标间存在一定的关联性,试验结果表明指标间有可能重叠了部分信息,故借助主成分分析法对其实行降维处理。

2.2 特征值与累积贡献率分析

由表 2 可知,主成分 1~3 的特征根超过 1,总贡献率为 70.533%,相比之下,主成分 4~5 的方差贡献率较低,第 3 主成分的方差贡献率为第 4 主成分的 1.51 倍。这在一定程度上说明前面 3 个主成分已然可体现出原始变量的大多数信息,故本试验选取主成分 1~3 予以深入分析。

2.3 因子载荷矩阵

由表 3 可知,第 1 主成分与灰分、V_{B1}、蔗糖、总糖、可溶性固形物高度正相关;第 2 主成分与脂肪、烟酸高度正相关;第 3 主成分与酒石酸、总酸高度正相关。总方差近 70% 的贡献来自前 3 个主成分,故筛选出高度正相关的 9 个指标即灰分、脂肪、V_{B1}、烟酸、酒石酸、蔗糖、总糖、可溶性固形物、总酸为评价甜瓜营养品质的主要指标。

甜瓜的营养品质取决于其自身含有的可溶性固形物、可溶性糖、维生素和有机酸等物质的含量^[15]。且含糖量为决定甜瓜品质的重要因素,决定了甜瓜作为商品的价值高低^[16]。张银欢等^[17]研究表明甜瓜果实中的糖、有机酸、维生素和纤维素是反映甜瓜内在营养品质的重要指标。试验结果也表明酒石酸、蔗糖、总糖、可溶性固形物、总酸等指标适合用于甜瓜营养品质评价。

2.4 甜瓜营养品质的综合评价

将各品质指标变量的主成分载荷值与其对应的特征

表 1 甜瓜各项指标相关性[†]
Table 1 Relevance of melon indicators

指标	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
X ₁	1.000								
X ₂	0.634 *	1.000							
X ₃	-0.520	-0.177	1.000						
X ₄	0.744 * *	0.597 *	-0.094	1.000					
X ₅	0.731 * *	0.581 *	-0.223	0.910 * *	1.000				
X ₆	0.085	0.370	-0.153	-0.145	-0.165	1.000			
X ₇	0.210	-0.311	-0.384	0.238	0.373	-0.659 *	1.000		
X ₈	0.248	0.208	0.164	0.474	0.540	-0.144	0.095	1.000	
X ₉	0.733 * *	0.398	-0.149	0.619 *	0.473	-0.038	0.007	-0.002	1.000
X ₁₀	-0.280	-0.029	0.781 * *	0.063	-0.208	0.261	-0.531	0.020	0.111
X ₁₁	0.179	-0.163	-0.141	0.056	0.131	0.166	-0.007	0.584 *	-0.146
X ₁₂	0.714 * *	0.488	-0.246	0.882 * *	0.875 * *	-0.128	0.260	0.723 * *	0.508
X ₁₃	0.26	-0.023	-0.038	0.494	0.609 *	-0.398	0.493	0.398	-0.009
X ₁₄	0.261	-0.011	0.035	0.499	0.577 *	-0.429	0.447	0.403	0.004
X ₁₅	0.694 * *	0.530	-0.249	0.896 * *	0.883 * *	-0.117	0.222	0.447	0.585 *
X ₁₆	-0.117	0.241	0.296	0.105	0.208	0.108	-0.203	0.650 *	-0.165
X ₁₇	-0.134	0.422	0.116	0.108	-0.049	0.384	-0.377	0.215	-0.228
X ₁₈	-0.497	-0.310	-0.081	-0.574 *	-0.439	-0.169	-0.034	-0.183	-0.524

指标	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈
X ₁₀	1.000								
X ₁₁	-0.145	1.000							
X ₁₂	-0.119 * *	0.319	1.000						
X ₁₃	-0.290	0.437	0.429	1.000					
X ₁₄	-0.226	0.439	0.409	0.986	1.000				
X ₁₅	-0.067 * *	0.083	0.902	0.359 * *	0.338 * *	1.000			
X ₁₆	0.231	0.056	0.347	-0.244	-0.254	0.251	1.000		
X ₁₇	0.329	-0.117	0.125	-0.374	-0.369	0.057	0.434	1.000	
X ₁₈	-0.290	-0.132	-0.394	-0.304 *	-0.278	-0.313	0.232	-0.099	1.000

† X₁ 灰分;X₂ 蛋白质;X₃ 总酸;X₄ 可溶性固形物;X₅ 总糖;X₆ 脂肪;X₇ 粗纤维;X₈ 酒石酸;X₉ 苹果酸;X₁₀ 柠檬酸;X₁₁ 富马酸;X₁₂ 蔗糖;X₁₃ 果糖;X₁₄ 葡萄糖;X₁₅ V_{B1};X₁₆ V_{B2};X₁₇ 烟酸;X₁₈ 烟酰胺。“*”在 0.05 水平(双侧)上显著相关;“* *”在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

表 2 特征值与累积贡献率
Table 2 Characteristic values and cumulative contribution rate

成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	6.295	37.031	37.031
2	3.498	20.575	57.606
3	2.198	12.927	70.533
4	1.456	8.564	79.097
5	1.265	7.442	86.539

值进行除法计算,而后再开平方根,即可获得 3 个主成分中各指标的系数,也可将其称为特征向量,如表 4 所示。

以特征向量为权重确定各主成分函数:
$$Z_1=0.13X_1+0.087X_2-0.014X_3+\cdots-0.042X_{18},$$
(1)

$$Z_2=0.033X_1+0.170X_2+0.197X_3+\cdots+0.061X_{18},$$
(2)

$$Z_3=-0.188X_1-0.104X_2-0.098X_3-\cdots+0.274X_{18}。$$
(3)

以分析所得各个对应的主成分方差贡献率作为权重,应用各主成分得分与对应的权重进行线性加权求和运算,得综合评价函数如式(4)。

$$F=37.031Z_1+20.575Z_2+12.927Z_3。$$
(4)

根据以上主成分分析的各项结果计算可得甜瓜营养

表 3 甜瓜品质指标的 3 个主成分的因子载荷矩阵

Table 3 Factor load matrix of three principal components of melon quality index

指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3
灰分(X_1)	0.827	0.117	-0.452
蛋白质(X_2)	0.550	0.600	-0.251
脂肪(X_3)	-0.088	0.696	-0.237
粗纤维(X_4)	0.219	-0.775	-0.061
V_{B1} (X_5)	0.883	0.175	-0.046
V_{B2} (X_6)	0.100	0.547	0.569
烟酸(X_7)	-0.047	0.668	0.230
烟酰胺(X_8)	-0.532	-0.173	0.074
酒石酸(X_9)	0.580	0.129	0.694
苹果酸(X_{10})	0.573	0.230	-0.484
柠檬酸(X_{11})	-0.187	0.553	0.378
富马酸(X_{12})	0.274	-0.184	0.414
果糖(X_{13})	0.588	-0.625	0.309
葡萄糖(X_{14})	0.593	-0.610	0.337
蔗糖(X_{15})	0.932	0.148	0.136
总糖(X_{16})	0.958	0.005	0.030
可溶性固形物(X_{17})	0.941	0.146	0.005
总酸(X_{18})	-0.268	0.217	0.660

表 4 主要果实性状相关矩阵的特征向量

Table 4 Feature vectors of correlation matrix of main fruit traits

指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3
灰分(X_1)	0.130	0.033	-0.188
蛋白质(X_2)	0.087	0.170	-0.104
脂肪(X_3)	-0.014	0.197	-0.098
粗纤维(X_4)	0.035	-0.220	-0.025
V_{B1} (X_5)	0.139	0.050	-0.019
V_{B2} (X_6)	0.016	0.155	0.237
烟酸(X_7)	-0.007	0.189	0.095
烟酰胺(X_8)	-0.084	-0.049	0.031
酒石酸(X_9)	0.091	0.037	0.288
苹果酸(X_{10})	0.090	0.065	-0.201
柠檬酸(X_{11})	-0.029	0.157	0.157
富马酸(X_{12})	0.043	-0.052	0.172
果糖(X_{13})	0.096	-0.177	0.128
葡萄糖(X_{14})	0.093	-0.173	0.140
蔗糖(X_{15})	0.147	0.042	0.057
总糖(X_{16})	0.151	0.001	0.012
可溶性固形物(X_{17})	0.148	0.041	0.002
总酸(X_{18})	-0.042	0.061	0.274

品质综合评价得分模型,应用其模型可计算出 13 个不同品种甜瓜的综合得分值及排序结果(表 5)。其中综合得分前 3 位的优质甜瓜品种依次为甲黄蜜 2 号、金龙、辟山。

采用 9 种甜瓜品质代表性表征指标进行聚类分析,由图 1 可知,受试 13 个品种大致可分为两类,分别是伽师瓜、西州蜜 25 号、绿宝石甜王、花宝、奎克拜热、冰糖雪梨、风味 8 号为一类;86、杂交伽师瓜、绿肉伽师瓜、辟山、甲黄蜜 2 号、金龙为一类;且各类营养品质特点各有不同。

由表 6 可知,以 86、杂交伽师瓜为代表的一类甜瓜总糖、可溶性固形物和蔗糖含量较高;以伽师瓜、西州蜜 25 号为代表的甜瓜脂肪和总酸含量相对丰富。

张先亮等^[18]针对西瓜的口感进行了研究,结果表明纤维素的含量与西瓜的质地有关,纤维含量越高,果肉越

表 5 不同品种甜瓜的主成分因子得分

Table 5 Score of principal component factors of different varieties of melon

品种	Z_1	Z_2	Z_3	F	排序
86	3.25	-1.27	-0.33	89.81	5
杂交伽师瓜	1.45	-1.72	-1.52	-1.25	6
伽师瓜	-0.20	-2.11	-1.04	-64.13	9
奎克拜热	-1.25	1.50	-0.47	-21.52	7
辟山	2.23	0.73	1.37	115.29	3
风味 8 号	-0.25	-1.74	-0.98	-57.73	8
绿肉伽师瓜	1.07	3.32	0.27	111.62	4
金龙	2.70	2.69	-2.20	127.05	2
甲黄蜜 2 号	2.77	-0.61	3.65	137.41	1
西州蜜 25 号	-1.82	-0.70	-0.21	-84.54	10
冰糖雪梨	-1.99	-2.34	0.54	-114.99	12
绿宝石甜王	-3.26	1.04	-0.20	-101.77	11
花宝	-4.71	1.21	1.11	-135.24	13

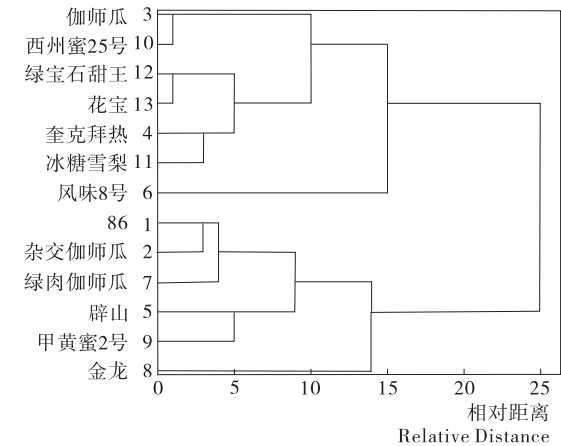


图 1 甜瓜聚类分析结果

Figure 1 Cluster analysis of melon sample number

表 6 甜瓜营养品质聚类分析结果

Table 6 Results of nutritional quality cluster analysis of melon

品种	灰分/ (10 ⁻² g · g ⁻¹)	脂肪/ %	V _{BI} / (10 ⁻² mg · g ⁻¹)	烟酸/ (10 ⁻² μg · g ⁻¹)	酒石酸含量/ (g · kg ⁻¹)	蔗糖含 量/%	总糖/ (10 ⁻² g · g ⁻¹)	可溶性固 形物/%	总酸/ (g · kg ⁻¹)
86	0.81	0.03	0.036 3	0.185 5	0.030	3.02	7.50	12.70	1.07
杂交伽师瓜	0.75	0.02	0.028 8	0.161 5	0.006	2.28	7.20	11.30	0.79
辟山	0.86	0.04	0.027 5	0.154 4	0.087	3.30	6.90	10.80	1.21
绿肉伽师瓜	0.73	0.04	0.028 5	0.410 1	0.041	2.26	7.10	11.70	1.63
金龙	0.92	0.06	0.041 2	0.159 3	0.000	2.98	8.40	12.60	0.68
甲黄蜜 2 号	0.65	0.03	0.037 1	0.209 9	0.094	3.52	8.60	11.30	1.47
伽师瓜	0.76	0.02	0.024 7	0.117 3	0.008	1.42	6.20	8.90	0.62
奎克拜热	0.72	0.06	0.021 4	0.176 1	0.000	0.49	5.60	8.30	1.27
风味 8 号	0.63	0.01	0.022 6	0.051 0	0.011	0.69	6.40	10.20	2.56
西州蜜 25 号	0.65	0.02	0.026 3	0.141 0	0.000	1.15	5.60	8.30	0.89
冰糖雪梨	0.65	0.04	0.013 3	0.147 8	0.000	0.00	5.70	7.80	0.86
绿宝石甜王	0.57	0.05	0.013 8	0.180 4	0.000	0.17	4.40	6.90	1.39
花宝	0.48	0.04	0.016 5	0.282 7	0.000	0.00	3.40	7.00	1.76

粗;果糖的甜味峰值比其他风味出现得早,因此果糖为消费者感官评价最先感受到的。而可溶性固形物则在实际生产中代表了西瓜中果糖、葡萄糖、蔗糖综合含量,因此可溶性固形物高的瓜类,消费者往往都有更好的甜度体验。试验以 86、杂交伽师瓜为代表的一类甜瓜,具有丰富的蔗糖、总糖、可溶性固形物,因此在感官上可能表现出更甜一些的特性,适合嗜甜的消费者。以伽师瓜、西州蜜 25 号为代表的一类的甜瓜则可能表现出甜酸适口的感官特性。

3 结论

通过对 13 个品种甜瓜的灰分、总酸、总糖等 18 项糖酸类和基本成分含量的研究分析,结合主成分分析法筛选了 9 个指标,即灰分、脂肪、V_{BI}、烟酸、酒石酸、蔗糖、总糖、可溶性固形物、总酸适合作为甜瓜品质表征指标,可通过这些指标进行不同品种甜瓜营养品质的研究比较。受试甜瓜可分为两类,第 1 类包括 86、杂交伽师瓜、绿肉伽师瓜、辟山、甲黄蜜 2 号、金龙,具有灰分、V_{BI}、烟酸、酒石酸、蔗糖、总糖、可溶性固形物含量相对丰富的特点;第 2 类包括伽师瓜、西州蜜 25 号、绿宝石甜王、花宝、奎克拜热、冰糖雪梨、风味 8 号,具有脂肪和总酸含量相对丰富的特点。试验对甜瓜的特征营养指标进行了筛选,并根据依据筛选结果对甜瓜进行了聚类分析,但并未结合具体的感官特性进行分类分级。因此结合具体的感官指标和营养特征指标进行分类和分级将是后续对甜瓜商品化分类分级研究的侧重点。

参考文献

[1] 国家统计局. 中国统计年鉴[Z]. 北京: 中国统计出版社,

2018: 1 207-1 210.

[2] 陈莹, 王利波, 惠长敏, 等. 吉林省薄皮甜瓜主要品种农艺性状的聚类分析[J]. 黑龙江农业科学, 2015(11): 83-87.

[3] 胡建斌. 甜瓜表型性状主成分分析及聚类分析[C]//2012 年学术年会论文摘要集. 北京: 中国园艺学会, 2012: 1.

[4] 谢秀芳, 廉华, 马光恕, 等. 磷素对甜瓜果实品质的影响研究[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(6): 60-63.

[5] 孙爽, 廉华, 马光恕, 等. 硼营养对甜瓜果实品质形成的影响[J]. 中国瓜菜, 2016, 29(5): 29-33.

[6] 熊韬, 冯炯鑫, 胡国智, 等. 施钾量对设施甜瓜生长发育及产量品质的影响[J]. 新疆农业科学, 2013, 50(7): 1 228-1 234.

[7] 汤谧, 别之龙, 张保才, 等. 西瓜、甜瓜果实品质及调控研究进展[J]. 长江蔬菜, 2009(4): 10-14.

[8] FLORES K, SANCHEZ M, PEREZ-MARIN D, et al. Prediction of total soluble solid content in intact and cut melons and watermelons using near infrared spectroscopy [J]. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 2008, 16(1): 91.

[9] BARRETT D M, BEAULIEU J C, SHEWFELT R. Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2010, 50(5): 369-389.

[10] 黄倩, 杭吟溪, 刘中华, 等. 北京地区不同品种甜瓜营养品质分析[J]. 北京农学院学报, 2018, 33(3): 40-43.

[11] 郑丽静, 裴继云, 闫震. 糖酸组分及其对水果风味的影响研究进展[J]. 果树学报, 2015, 32(2): 304-312.

[12] 王柏松, 高文民, 马小雪, 等. 苹果等 4 种水果果实糖酸组成及风味特点研究[J]. 湖南农业科学, 2014(18): 50-53.

- [16] 许青青, 金文彬, 苏宝根, 等. 植物甾醇酯的化学合成及其分离研究进展[J]. 中国粮油学报, 2014(3): 120-128.
- [17] ALEXANDER M, ACERO LOPEZ A, FANG Ying, et al. Incorporation of phytosterols in soy phospholipids nanoliposomes: Encapsulation efficiency and stability[J]. LWT-Food Science and Technology, 2012, 47(2): 427-436.
- [18] WANG Fan-cendy, ACEVEDO N, MARANGONI A G. Encapsulation of phytosterols and phytosterol esters in liposomes made with soy phospholipids by high pressure homogenization[J]. Food & Function, 2017, 8(11): 3 964-3 969.
- [19] MENDEZ N, HERRERA V, ZHANG Ling-zhi, et al. Encapsulation of adenovirus serotype 5 in anionic lecithin liposomes using a bead-based immunoprecipitation technique enhances transfection efficiency[J]. Biomaterials, 2014, 35(35): 9 554-9 561.
- [20] ZAJICEK J, PEARLMAN J D, MERICKEL M B, et al. High-resolution proton NMR spectra of human arterial plaque[J]. Biochemical & Biophysical Research Communications, 1987, 149(2): 437-442.
- [21] SALMON A, HAMILTON J A. Magic-angle spinning and solution ^{13}C nuclear magnetic resonance studies of medium- and long-chain cholesteryl esters in model bilayers[J]. Biochemistry, 1995, 34(49): 16 065-16 073.
- [22] 杨贝贝. 甾醇对卵磷脂脂质体性质的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2013: 12-13.
- [23] KADDAH S, KHREICH N, KADDAH F, et al. Cholesterol modulates the liposome membrane fluidity and permeability for a hydrophilic molecule[J]. Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association, 2018, 113: 40-48.
- [24] MOSCA M, CEGLIE A, AMBROSONE L. Effect of membrane composition on lipid oxidation in liposomes[J]. Chem Phys Lipids, 2011, 164(2): 158-165.
- [25] 杨斌, 刘新铭, 宫泽阳夫, 等. 胆固醇衍生物脂质体的物理稳定性和细胞相容性研究[J]. 现代生物医学进展, 2013, 13(30): 5 801-5 805.
- [26] MAR N D, ALEM N A, MONTERO P, et al. Encapsulation of food waste compounds in soy phosphatidylcholine liposomes: Effect of freeze-drying, storage stability and functional aptitude [J]. Journal of Food Engineering, 2018, 223: 132-143.
- [27] AZAMBUJA C R L D, SANTOS L G D, RODRIGUES M R, et al. Physico-chemical characterization of asolectin-genistein liposomal system: An approach to analyze its in vitro antioxidant potential and effect in glioma cells viability[J]. Chemistry & Physics of Lipids, 2015, 193: 24-35.
- [28] 丁武孝, 齐宪荣, 陈玉武, 等. 琥珀酸胆固醇酯作为脂质体膜稳定剂的研究及其在制备柴胡皂苷-D 脂质体中的应用[J]. 药学报, 2005, 40(7): 623-627.
- [29] 张继芬, 唐勤, 莫婷, 等. 姜黄素磷脂载体的表征及肠吸收研究[J]. 中国药学杂志, 2012, 47(21): 1 736-1 740.
- [30] PINILLA C M B, THYS R C S, BRANDELLI A. Antifungal properties of phosphatidylcholine-oleic acid liposomes encapsulating garlic against environmental fungal in wheat bread [J]. International Journal of Food Microbiology, 2019, 293: 72-78.
- [31] LEE H, CHANG J H. Spherical silica hybrid liposome particles with controlled release of citrus unshiu peel extracts[J]. Materials Chemistry and Physics, 2018, 208: 183-188.
- (上接第 14 页)
- [31] KANG Ming-li, PAN Si-yi, FAN Gang, et al. Changes in volatile compounds in satsuma mandarin wine with different fermentation periods[J]. Food Science, 2015, 36(18): 155-161.
- [32] GLENDINNING J I, CHAUDHARI N, KINNAMON S C. Taste transduction and molecular biology[J]. The Neurobiology of Taste and Smell, 2000, 2: 315-351.
- [33] 谢春梅, 焦红茹, 曹芳玲. 宁夏青铜峡小产区不同品种干红葡萄酒的香气成分分析[J]. 中国酿造, 2018, 37(1): 170-176.
- (上接第 19 页)
- [13] 张敬敬, 李冰, 高秀瑞, 等. 河北省不同厚皮甜瓜品种的品质测定与综合评价[J]. 黑龙江农业科学, 2018(4): 116-118.
- [14] 王成, 吴东峰, 何伟忠, 等. 新疆骏枣营养品质特点及其表征指标初探[J]. 中国农业科技导报, 2018, 20(12): 91-98.
- [15] 管学玉. 网纹甜瓜品质形成特点的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006: 2-3.
- [16] 刘润秋, 张红梅, 徐敬华. 砧木对嫁接西瓜生长及品质的影响[J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2003(4): 2-6.
- [17] 张银欢, 耿新丽, 郑贺云, 等. 甜瓜果品质构成及其影响因素[J]. 现代农业科技, 2018(10): 94-95.
- [18] 张先亮, 刘恩虹, 霍治邦, 等. 西瓜口感的研究方法探讨[J]. 农业科技通讯, 2018(8): 224-228.
- [34] 王露, 高智明, 刘玉梅, 等. 酒花中萜烯醇类化合物的研究进展[J]. 中国酿造, 2013, 32(11): 1-6.
- [35] KISHIMOTO T, WANIKAWA A, KAGAMI N, et al. Analysis of hop-derived terpenoids in beer and evaluation of their behavior using the stir bar-sorptive extraction method with GC-MS [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2005, 53(12): 4 701-4 707.
- [36] 张薇薇, 张秀玲. 基于主成分分析和聚类分析的苹果香气成分比较及品种分类研究[J]. 食品工业科技, 2018(17): 217-224.