

不同品种枣果果实品质分析与评价

Quality attributes evaluation and analysis of different varieties jujube fruits

丁胜华^{1,2} 王蓉蓉^{1,3} 单杨¹ 李高阳^{1,2} 黄绿红^{1,2}

DING Sheng-hua^{1,2} WANG Rong-rong^{1,3} SHAN Yang¹ LI Gao-yang^{1,2} HUANG Lv-hong^{1,2}

(1. 湖南省农业科学院, 湖南长沙 410125; 2. 湖南省农产品加工研究所, 湖南长沙 410125;

3. 湖南农业大学食品科学技术学院, 湖南长沙 410128)

(1. Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha, Hunan 410125, China;

2. Hunan Agricultural Product Processing Institute, Changsha, Hunan 410125, China;

3. Hunan Agricultural University, College of Food Science and Technology, Changsha, Hunan 410128, China)

摘要: 试验研究 6 个品种枣果的理化品质特性, 评价指标主要包括可溶固形物(TSS)、可滴定酸、糖酸比、还原糖、可溶性糖、有机酸和游离氨基酸。结果表明: 葡萄糖、果糖和蔗糖是其主要可溶性糖, 且均以蔗糖含量最高; 苹果酸和琥珀酸是其主要有机酸, 占有机酸总含量 92% 以上; 脯氨酸是其含量最丰富的氨基酸, 占总游离氨基酸 68% 以上, 其次是天冬氨酸。梨枣因含水量高, 酸度低、可食率高、糖酸比适中, 适合鲜食; 哈密大枣和木枣含糖量高、含水量低、酸度较高、糖酸比高, 适合干制; 金丝小枣与灰枣酸度较高, 但 TSS 与糖含量也较高, 可鲜食也可干制。

关键词: 枣果; 营养成分; 品质特性

Abstract: The physicochemical properties were investigated, including total solute solid content, titratable acid (TA), ratio of sugar to acid, reducing sugar, total soluble solid, organic acid, and free amino acid, of six different jujube cultivars. The results showed that glucose, fructose, and sucrose were the main soluble sugars of the six jujube fruits. Malic acid and succinic acid were the main organic acids, accounting for more than 92% of the total organic acids. Proline was found to the highest content of free amino acid, accounting for more than 68% of total free amino acid, followed by aspartic acid. *Lizao* is suitable for table eating for its high moisture content and edible ratio, low TA, and medium ratio of sugar to acid. *Hami-dazao* and *muzao* are fit for dehydration for their low moisture content, high soluble sugars content, TA content, and ratio of sugar to acid. For *jinsixiaozao* and *huizao*, they are suitable for table eating as well as for dehydration, due to their relative high TSS, soluble

sugar and TA content.

Keywords: jujube fruit; nutritional composition; quality characteristics

枣(*Zizyphus jujuba* Mill.) 是鼠李科枣属植物, 为中国第一大干果树种和第七大果树^[1]。近 10 年来, 红枣产量不断扩大, 2012 年中国枣果的年产量为 588.71 万 t^[2]。果实中的糖、酸、氨基酸为重要的营养成分, 其组分、含量和糖酸比是决定枣果风味和评价其加工特性的重要指标, 对了解果实品质形成机理、代谢以及果品的加工特性具有重要的理论意义。Li 等^[3] 分析了中国 5 种干枣的可溶性糖、矿物质、维生素种类和含量, 结果发现干枣中主要可溶性糖为果糖和葡萄糖, 主要矿物元素为钾、磷、钙和锰, 主要维生素为 V_C。Choi 等^[4] 研究了韩国主栽品种在 8 个生长成熟期的氨基酸动态变化, 发现枣果的总氨基酸呈先上升后下降的趋势, 脯氨酸和天冬氨酸是枣果中含量最为丰富的氨基酸。南海娟等^[5] 比较分析了灵宝、新郑、新疆 3 种枣中主要营养成分和矿物质元素, 发现新疆大枣的 V_C、蛋白质、总糖、多糖、Se 的含量明显高于其它 2 种; 灵宝大枣的脂肪、总酸、黄酮、Ca、Fe、Mg、Zn、Co 元素含量高于其余 2 种。王永刚等^[6] 分析并评价了小口大枣营养成分, 结果表明: 小口大枣主体成分中以总糖含量最高, 矿物质元素以 K 含量最高, 并且还富含多种维生素、黄酮等活性成分。关于枣果的品质特性的研究前人多以干枣为原料对其品质进行分析与评价, 而枣果在干燥过程中会发生复杂的生化反应, 从而影响枣果的最终品质。鲜枣中可溶性糖、有机酸、氨基酸组成与含量以及糖酸比的高低对枣果风味以及加工方式的选择非常重要。因此, 本研究拟以 6 个红枣品种为试材, 检测分析各品种的营养成分, 并进行品质评价, 旨在了解其品质特性, 以为枣果优质育种和栽培以及加工利用提供参考, 为进一步开发利用枣果种质资源

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 31501543)

作者简介: 丁胜华, 男, 湖南省农业科学院助理研究员, 博士。

通讯作者: 李高阳(1971—), 男, 湖南省农业科学院研究员, 博士。

E-mail: lgy7102@163.com

收稿日期: 2015-09-17

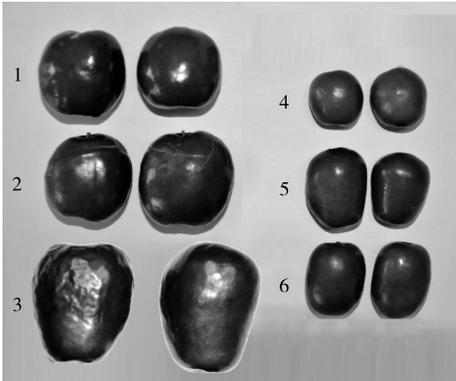
提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

试验原料:全红梨枣、灰枣、木枣和相枣,于2013年9月25日在山西农业科学院果树研究所国家种质资源圃采收;全红金丝小枣,于2013年9月21日在北京市门头沟区斋堂镇王龙口村采收;全红哈密大枣,采自新疆哈密地区。经人工挑选,选择大小均一、无机械伤和无病害的全红果作为原材料,见图1。



1. 相枣 2. 梨枣 3. 哈密大枣 4. 金丝小枣 5. 灰枣 6. 木枣

图1 6种枣果的外观形态

Figure 1 Appearance of six different cultivar jujube fruits

果糖、葡萄糖、蔗糖、山梨醇、有机酸、19种氨基酸、正亮氨酸、异硫氰酸苯酯(PITC);色谱纯, Sigma-Aldrich 上海贸易有限公司;

乙腈:色谱纯,美国 Mreda 公司;

其余试剂:分析纯,北京化学试剂厂。

1.1.2 仪器

万分之一天平:BT124S型,德国 Sartorius 公司;

pH计:PB-10型,德国 Sartorius 公司;

阿贝折光仪:WAY-2S型,上海精密科学仪器公司;

高效液相色谱:LC-20A型,日本 Shimadzu 公司;

高效液相色谱:K1001型,德国 Knauer 公司;

冷冻干燥机:LGJ-25C型,北京四环科学仪器有限公司;

高速冷冻离心机:CR21GIII型,日本 Hitachi 公司;

旋转蒸发器:R501型,上海申顺生物科技有限公司;

电位滴定仪:800型,瑞士万通公司;

超声波清洗机:KQ-250DE型,昆山市超声仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 水分、pH值和总可溶性固形物的测定

(1)水分:采用真空干燥法^[7]。

(2)pH值:采用pH计测定。

(3)可溶性固形物(TSS):采用阿贝折光仪测定。

1.2.2 枣果横径、纵径、单果重和可食率的测定 枣果的横

径、纵径的测量采用游标卡尺测量;枣果单果重采用万分之一天平测定。可食率按式(1)计算:

$$R = \frac{m_w - m_s}{m_w} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

R——可食率,%;

m_w ——整果重量,g;

m_s ——枣核重量,g。

1.2.3 可溶性糖含量的测定

(1)可溶性糖的提取:枣果去核、切碎、研磨至匀浆,称取8.0g匀浆,加入50mL蒸馏水常温下超声辅助提取(UAE)30min,于9000×g下离心15min,收集上清液,滤渣重复提取1次,合并滤液,过0.45μm的水系滤膜后待测。

(2)可溶性糖(蔗糖、葡萄糖、果糖和山梨醇)的测定:采用HPLC法^[8]。

(3)还原糖的测定:采用3,5-二硝基水杨酸法^[9]。

1.2.4 可滴定酸(TA)含量的测定

(1)TA的提取:同可溶性糖的提取方法。

(2)TA含量的测定:采用电位滴定法^[8]。

1.2.5 有机酸含量的测定

(1)有机酸的提取:同可溶性糖的提取方法。

(2)有机酸的测定:参考文献^[8]的方法,并略作修改,液相色谱条件:LC-20A岛津液相色谱系统,Sunfire™C₁₈柱(4.6mm×250mm,5μm)。柱温30℃,流动相A:0.01mol/L的KH₂PO₄的磷酸缓冲液;流动相B:甲醇;采用流动相A:流动相B=97:3(V/V)等度洗脱,流速0.5mL/min,进样量20μL,检测波长210nm。有机酸含量结果以mg/100g·FW(鲜重)表示。

1.2.6 游离氨基酸(FAA)的测定

(1)FAA的提取:称取6.0g匀浆枣果样品,加入80%甲醇水溶液25mL,常温UAE30min,4℃以10000×g离心10min,收集上清液,滤渣重复提取2次,合并上清液,用80%甲醇定容至100mL,取30mL提取液于35℃浓缩10倍,过0.45μm有机滤膜,备用。

(2)FAA的测定:采用天津博纳艾杰尔公司提供的PITC柱前衍生化反相HPLC法测定。流动相配制:流动相A:称取15.2g无水醋酸钠,加去离子水1850mL,溶解后用冰醋酸调pH至6.5,加乙腈140mL,混匀,过0.45μm滤膜。流动相B:80%乙腈水溶液(乙腈:超纯水=80:20,V/V)。氨基酸衍生:准确量取氨基酸标准溶液或样品200μL,置于1mL离心管中,再加入20μL正亮氨酸(1mg/mL),后加入1mol/L三乙胺乙腈溶液100μL,0.1mol/LPITC乙腈溶液100μL,混匀,室温避光放置1h,加入正己烷400μL,振荡后避光放置10min,取下层液,过0.45μm水系膜,待测。HPLC—PDA检测方法:色谱柱为Venusil AA柱子(250mm×4.6mm,5μm),柱温42℃,进样量3μL,检测波长254nm。洗脱程序见表1。样品采用内标法定量,样品中的FAA含量以mg/100g·FW计。

表 1 分离氨基酸衍生物的洗脱程序

Table 1 Gradient program employed for the separation of amino acid derivatives

| 时间/ min | 流动相 A/% | 流动相 B/% | 时间/ min | 流动相 A/% | 流动相 B/% |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 0.00 | 100 | 0 | 30.00 | 79 | 21 |
| 4.00 | 100 | 0 | 30.01 | 66 | 34 |
| 4.01 | 97 | 3 | 34.00 | 66 | 34 |
| 8.00 | 97 | 3 | 34.01 | 0 | 100 |
| 8.01 | 89 | 11 | 45.00 | 0 | 100 |
| 17.00 | 89 | 11 | 45.01 | 100 | 0 |
| 17.01 | 79 | 21 | 50.00 | 100 | 0 |

1.3 数据统计与分析

采用 Origin 8.0 统计分析试验数据,计算标准偏差;数据结果以平均值±标准差表示;并进行单因素方差分析,采用 *t* 检验,显著水平 $P=0.05$,当 $P<0.05$ 时,表示差异显著。

2 结果与讨论

2.1 枣果的大小、单果重、含水量、可食率、pH、TA、TSS 及糖酸比

由表 2 可知,不同品种枣果的单果重为 5.74~36.98 g,其中哈密大枣单果最重,金丝小枣最轻,各品种间差异显著 ($P<0.05$)。6 个品种枣果纵轴和横轴长度分别为 2.52~5.50 cm 和 1.97~3.85 cm;pH 值的变化范围为 4.06~5.00,除梨枣与相枣之间不存在显著差异外 ($P>0.05$),其余枣果间均存在显著差异 ($P<0.05$);枣果的可食率普遍较高 (95.10%~98.09%);含水量为 61.01%~73.28%,且品种间差异显著 ($P<0.05$),其中梨枣含水量最高,哈密大枣最低;TSS 含量为 23.4~36.47 °Brix,哈密大枣的 TSS 最高,是梨枣的 1.56 倍,造成这种现象的原因是哈密大枣生长在新疆哈密地区,海拔高、太阳辐照时间长强度高、昼夜温差大、白天光合作用时间长、晚上呼吸代谢弱,因此枣果积累的光合作用产物多,表现为 TSS 含量高。6 种品种枣果的 TA 含量为 0.40%~1.09%,其中梨枣与相枣的 TA 显著低于其余 4 个品种枣果 ($P<0.05$)。糖酸比是衡量水果特性的重要

指标,6 种枣果的糖酸比为 9.09~17.05,其中哈密大枣和相枣的糖酸比显著高于其余枣果的 ($P<0.05$),其次依次为金丝小枣、梨枣、木枣和灰枣。

按照最小加工的原则,梨枣含水量高,酸度低、TSS 相对低、制干率低、果型大,可食率高、糖酸比适中,是适合鲜食的品种;哈密大枣和木枣果型相对大、含水量低、酸度较高、TSS 高、糖酸比高,是适合干制的品种;金丝小枣与灰枣果型相对较小,含水量低,但酸度与 TSS 均较高,可作为鲜食和干制的兼用品种。品种的加工特性除需考虑上述因素外,还需综合考虑果实的可溶性糖、糖酸组成、氨基酸组成等指标进行评判,因此下文将对枣果展开上述理化特性的分析与评价。

2.2 不同品种枣果中可溶性糖组分及含量

图 2 为 6 种不同品种枣果的高效液相色谱图,利用标准品对照,6 种枣果均检出了果糖、葡萄糖、蔗糖和山梨醇。

由表 3 可知,6 个品种的成熟期枣果中均以蔗糖含量最高,山梨醇含量最低,其中哈密大枣未检出山梨醇。6 种枣果蔗糖含量为 56.38~218.81 mg/g·FW,其中哈密大枣的蔗糖含量达 218.81 mg/g·FW,是木枣的 3.88 倍。果糖与葡萄糖含量相当,其含量分别为 28.16~80.53 mg/g·FW 和 21.18~76.81 mg/g·FW,其中哈密大枣中果糖和葡萄糖的含量显著低于其它品种 ($P<0.05$),其含量分别为 28.92 mg/g·FW 和 21.18 mg/g·FW,推测其可能原因是葡萄糖在 6-磷酸-葡萄糖异构酶的作用下转化为果糖,而果糖在蔗糖合成酶和蔗糖磷酸合成酶的催化下合成蔗糖^[10]。魏利清等^[11]也发现新鲜哈密枣果中蔗糖含量显著高于葡萄糖和果糖含量 ($P<0.05$)。金丝小枣中葡萄糖和果糖的含量均为 6 种枣果中最高,分别为 76.81,80.53 mg/g·FW;其蔗糖含量仅次于哈密大枣,含量为 95.17 mg/g·FW。除哈密大枣外,其余枣果均检出了山梨醇,其含量为 99.80~361.56 mg/100 g·FW,其中木枣含量最高,其次是梨枣、灰枣、相枣和金丝小枣。

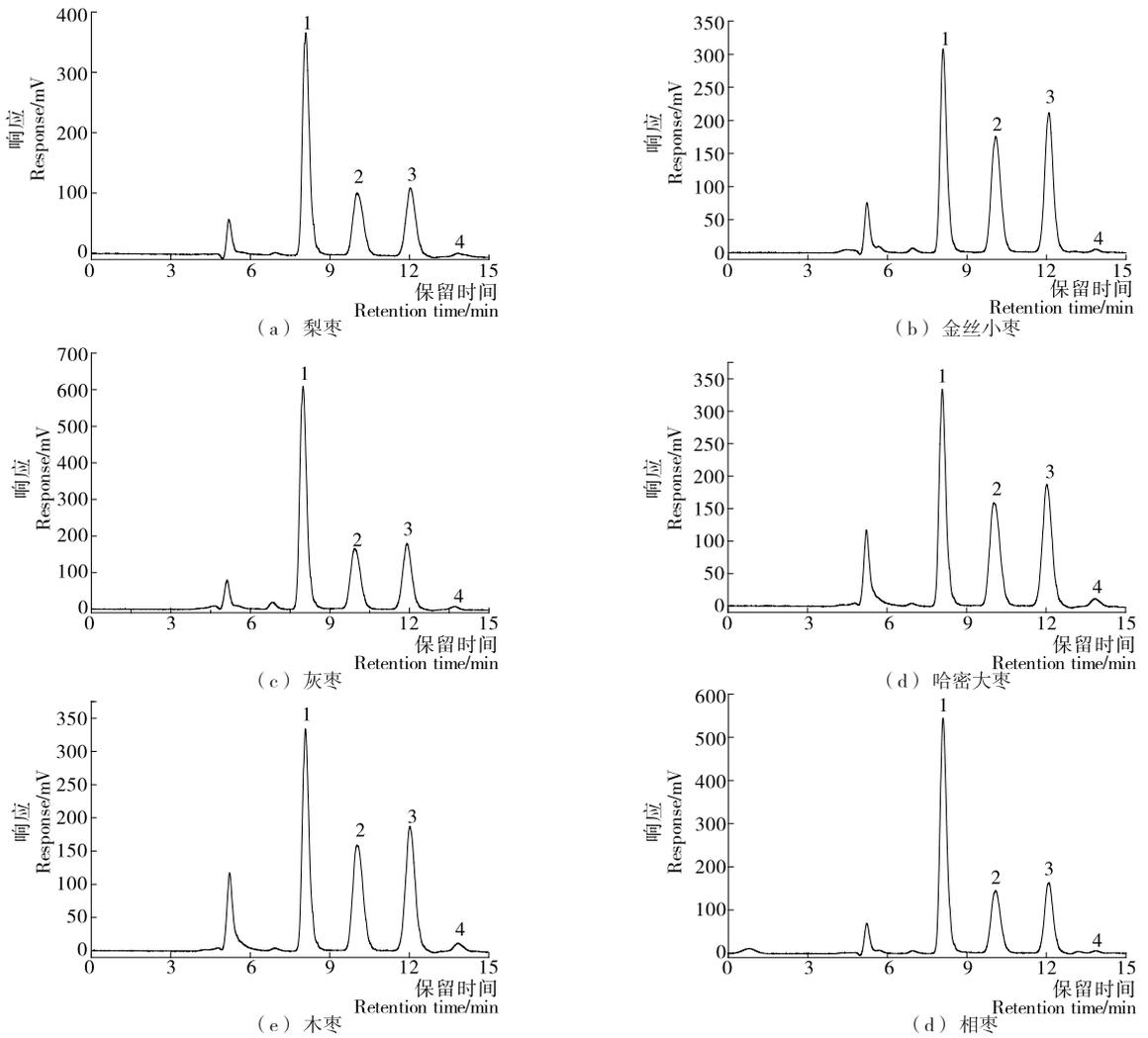
6 种枣果的还原糖的含量存在显著差异 ($P<0.05$),还原糖含量最高的为金丝小枣,最低的为哈密大枣,这与金丝小枣和哈密大枣枣果中葡萄糖和果糖含量规律是一致的,表明枣果中主要还原糖为葡萄糖和果糖。按照美拉德反应的

表 2 不同品种枣果纵径、横径、单果重、含水量、可食率、pH、可滴定酸、TSS 含量和糖酸比[†]

Table 2 Vertical diameter, horizontal diameter, weight, moisture, edible ratio, pH, TA, TSS, and ratio of sugar to acid profiles of different cultivars jujube fruits

| 品种 | 纵径/cm | 横径/cm | 单果重/g | 含水量/% | 可食率/% | pH | TA/% | TSS/°Brix | 糖酸比 |
|------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 梨枣 | 4.25±0.26 ^b | 3.35±0.19 ^b | 24.73±3.59 ^b | 73.28±1.75 ^a | 97.23±0.34 ^b | 4.49±0.02 ^d | 0.46±0.02 ^c | 23.40±0.10 ^e | 12.17±0.37 ^c |
| 金丝小枣 | 2.52±0.13 ^d | 1.97±0.08 ^d | 5.74±0.78 ^d | 62.06±0.52 ^e | 96.49±0.58 ^b | 4.60±0.01 ^c | 1.03±0.05 ^a | 36.20±0.10 ^a | 14.17±0.37 ^b |
| 灰枣 | 3.56±0.25 ^c | 2.41±0.19 ^c | 11.28±2.56 ^c | 64.15±0.46 ^c | 95.10±0.50 ^c | 4.72±0.01 ^b | 1.02±0.04 ^b | 34.63±0.11 ^b | 9.09±0.22 ^d |
| 哈密大枣 | 5.53±0.39 ^a | 3.85±0.26 ^a | 36.98±6.66 ^a | 61.01±0.50 ^e | 98.07±0.26 ^a | 5.00±0.01 ^a | 1.00±0.10 ^{ab} | 36.47±0.60 ^a | 16.02±1.07 ^a |
| 木枣 | 4.00±0.17 ^b | 2.36±0.15 ^c | 11.42±1.77 ^c | 65.43±0.82 ^c | 96.51±1.13 ^b | 4.06±0.01 ^e | 1.09±0.01 ^a | 29.60±0.17 ^d | 12.72±0.43 ^c |
| 相枣 | 4.30±0.43 ^b | 3.42±0.25 ^{ab} | 25.48±5.23 ^b | 66.71±0.11 ^b | 98.09±0.41 ^a | 4.52±0.01 ^d | 0.40±0.01 ^d | 30.10±0.25 ^c | 17.05±0.48 ^a |

† 同列肩标不同字母表示有显著差异 ($P<0.05$)。



1. 蔗糖 2. 果糖 3. 葡萄糖 4. 山梨醇

图2 枣果中可溶性糖组分 HPLC 图

Figure 2 HPLC separation of the soluble sugars in jujube fruits

表3 不同品种枣果还原糖、果糖、葡萄糖、蔗糖、山梨醇和总可溶性糖的含量[†]

Table 3 Reducing sugar, fructose, glucose, sucrose, sorbitol, and total soluble sugars profiles of different cultivars jujube fruits

| 品种 | 还原糖/ (mg Glc · g ⁻¹ · FW) | 葡萄糖/ (mg · g ⁻¹ · FW) | 果糖/ (mg · g ⁻¹ · FW) | 蔗糖/ (mg · g ⁻¹ · FW) | 山梨醇/ (10 ⁻² mg · g ⁻¹ · FW) | 总可溶性糖/ (10 ⁻² g · g ⁻¹ · FW) |
|------|---|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|---|
| 梨枣 | 64.35 ± 1.08 ^d | 29.30 ± 0.90 ^e | 28.16 ± 0.83 ^e | 65.83 ± 1.71 ^e | 298.40 ± 35.90 ^a | 12.63 ± 0.32 ^e |
| 金丝小枣 | 204.11 ± 3.13 ^a | 76.81 ± 2.01 ^a | 80.53 ± 1.23 ^a | 95.17 ± 3.10 ^b | 99.80 ± 8.88 ^b | 25.35 ± 0.47 ^b |
| 灰枣 | 98.44 ± 4.99 ^c | 38.75 ± 1.40 ^c | 38.05 ± 1.40 ^c | 94.88 ± 3.88 ^b | 280.14 ± 60.20 ^a | 17.45 ± 0.66 ^c |
| 哈密大枣 | 56.72 ± 2.28 ^d | 21.18 ± 1.22 ^f | 28.92 ± 1.59 ^e | 218.81 ± 14.29 ^a | ND | 26.89 ± 1.58 ^a |
| 木枣 | 117.67 ± 15.97 ^b | 43.61 ± 1.93 ^b | 45.03 ± 1.93 ^b | 56.38 ± 1.22 ^c | 361.56 ± 26.02 ^a | 14.86 ± 0.52 ^d |
| 相枣 | 104.50 ± 9.14 ^{bc} | 35.41 ± 2.02 ^d | 34.68 ± 2.02 ^d | 87.07 ± 0.86 ^b | 170.19 ± 10.96 ^c | 15.89 ± 0.40 ^d |

[†] 同列肩标不同字母表示有显著差异(P<0.05);ND表示未检出;Glc表示葡萄糖。

特点,还原糖是其重要反应底物,而美拉德反应则是引起被加热物料发生非酶褐变的重要途径。因此,枣果在干制过程中,还原糖含量丰富的枣果发生非酶褐变也更为严重。因此,哈密大枣可作为干制的适宜品种,而金丝小枣因含有大量的还原糖,在干制过程中可能发生严重的非酶褐变反应,在实际生产中,金丝小枣因其糖分高、糖酸比高等特点,也被

广泛作为鲜食品种,因此综合考量金丝小枣为干制和鲜食兼用品种。

2.3 不同品种枣果中有机酸组分及含量

有机酸是构成水果及果汁饮料滋味的重要组分,对于评价水果的质量必不可少。有机酸组分与含量的差异使不同类型的果实各具独特的风味。表4是6个品种枣果有机酸

的组成和含量。由表 4 可知,6 个枣果均含苹果酸和琥珀酸,其中梨枣、金丝小枣和木枣还含有少量的柠檬酸。苹果酸和琥珀酸是枣果中主要有机的酸,占总酸的 92% 以上。除灰枣外,其余枣果中苹果酸含量最高,占到总酸含量的 55.0%~85.1%,其中哈密大枣和木枣苹果酸含量显著高于其它 4 个枣果品种($P<0.05$),其次是灰枣和金丝小枣,而梨枣和相枣的苹果酸含量最低。6 种品种枣果中琥珀酸含量存在显著差异($P<0.05$),其中灰枣含量最高,为 1 008.9 mg/100 g·FW,最低的为木枣,含量为 105.34 mg/100 g·FW。

2.4 不同品种枣果中 FAA 组分及含量

对照各 FAA 的保留时间,梨枣、金丝小枣、灰枣、哈密大枣、木枣与相枣分别检出 14 种、16 种、16 种、17 种、16 种和

16 种 FAA。由表 5 可知,枣果富含 FAA,其总游离氨基酸(TFAA)含量为 1 076.11~1 773.51 mg/100 g·FW。哈密大枣无论是 TFAA 含量还是 FAA 类数量均是 6 种枣果中最高的。6 种品种枣果中均未检测到谷氨酰胺,说明谷氨酰胺是这 6 种枣果的限制性氨基酸;甘氨酸也未在梨枣、金丝小枣、灰枣、木枣、相枣中被检出,其只在哈密大枣中检出;而丙氨酸则未在梨枣、金丝小枣、灰枣、哈密大枣中被检出,只在木枣与相枣中检出。6 种枣果中含量最高的 FAA 均为脯氨酸,其含量为 734.53~1 271.84 mg/100 g·FW,显著高于其余 FAA 的含量($P<0.05$)。6 种枣果中游离脯氨酸含量占 TFAA 含量的 68% 以上,其中木枣高达 81.04%;枣果中天冬氨酸含量仅次于脯氨酸,其含量为 181.66~423.64 mg/100 g·FW。

表 4 不同品种枣果有机酸组成及含量[†]

Table 4 Malic acid, citric acid, and succinic acid profiles of different cultivars jujube fruits

| 品种 | 苹果酸/ ($10^{-2}\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{FW}$) | 柠檬酸/ ($10^{-2}\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{FW}$) | 琥珀酸/ ($10^{-2}\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{FW}$) | 总量/ ($10^{-2}\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{FW}$) |
|------|--|--|--|---|
| 梨枣 | 698.27±15.91 ^c | 77.67±0.64 ^b | 261.78±7.13 ^d | 1 037.73±15.57 ^e |
| 金丝小枣 | 860.58±21.79 ^b | 155.80±7.54 ^a | 737.60±5.21 ^b | 1 800.94±24.41 ^b |
| 灰枣 | 907.28±31.24 ^b | ND | 1 008.70±35.4 ^a | 1 915.98±54.61 ^a |
| 哈密大枣 | 1 085.84±33.05 ^a | ND | 568.30±14.12 ^c | 1 654.14±43.73 ^c |
| 木枣 | 1 002.31±35.68 ^a | 70.22±3.78 ^c | 105.34±5.08 ^e | 1 177.87±44.43 ^d |
| 相枣 | 671.32±19.47 ^c | ND | 265.29±11.04 ^d | 936.61±29.15 ^f |

† 同列肩标不同字母表示有显著差异($P<0.05$);ND 表示未检出。

表 5 不同品种枣果 FAA 种类及其含量[†]

Table 5 FAA profiles of different cultivars jujube fruits

mg/100 g·FW

| 品种 | Asn | Glu | Asp | Gln | Ser | Gly | His |
|------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 梨枣 | 15.18±1.05 ^{ab} | 14.99±1.10 ^b | 262.68±22.48 ^b | ND | ND | ND | 0.52±0.05 ^d |
| 金丝小枣 | 13.25±0.67 ^b | 12.09±0.70 ^c | 181.66±35.73 ^c | ND | 0.16±0.08 ^d | ND | 0.75±0.27 ^c |
| 灰枣 | 10.36±0.36 ^c | 6.79±0.24 ^c | 224.00±15.35 ^c | ND | 0.44±0.01 ^b | ND | 1.71±0.03 ^a |
| 哈密大枣 | 15.74±0.98 ^a | 19.98±1.43 ^a | 423.64±31.14 ^a | ND | 3.41±0.25 ^a | 2.86±0.42 | 1.39±0.20 ^b |
| 木枣 | 0.62±0.07 ^d | 9.58±0.60 ^d | 201.93±9.70 ^c | ND | 0.27±0.04 ^c | ND | ND |
| 相枣 | 11.03±0.20 ^c | 10.34±0.15 ^d | 283.29±12.02 ^b | ND | ND | ND | 1.38±0.13 ^b |
| 品种 | Arg | Thr | Ala | Pro | Tyr | Val | Met |
| 梨枣 | 19.87±1.00 ^a | 7.54±0.31 ^d | ND | 734.53±23.52 ^c | 2.52±0.29 ^d | 1.17±0.08 ^e | 1.25±0.05 ^d |
| 金丝小枣 | 11.90±1.27 ^c | 7.09±0.69 ^c | ND | 951.71±75.42 ^{ab} | 0.94±0.03 ^e | 2.91±0.22 ^b | 1.56±0.01 ^c |
| 灰枣 | 15.35±0.72 ^b | 12.71±2.49 ^b | ND | 1 092.40±32.24 ^b | 7.06±0.08 ^a | 3.44±0.05 ^a | 4.50±0.01 ^a |
| 哈密大枣 | 11.00±0.66 ^c | 1.07±0.14 ^e | ND | 1 271.84±58.24 ^a | 5.68±0.69 ^b | 0.38±0.04 ^f | 1.16±0.24 ^d |
| 木枣 | 1.01±0.09 ^e | 28.67±1.21 ^a | 6.78±0.17 ^a | 1 173.39±28.48 ^{ab} | 4.42±0.19 ^c | 1.49±0.07 ^d | 2.09±0.15 ^b |
| 相枣 | 1.57±0.24 ^d | 2.64±0.07 ^d | 1.16±0.13 ^b | 843.43±71.33 ^c | 6.69±1.05 ^{ab} | 2.01±0.29 ^c | 2.09±0.14 ^b |
| 品种 | Ile | Leu | Phe | Trp | Lys | TFAA | |
| 梨枣 | 0.18±0.09 ^d | ND | 8.21±0.20 ^b | 2.76±0.07 ^b | 4.66±0.49 ^c | 1 076.11±34.39 ^c | |
| 金丝小枣 | 0.34±0.14 ^c | 0.45±0.17 ^b | 8.71±0.50 ^b | 1.50±0.23 ^d | 8.27±0.54 ^a | 1 214.81±89.98 ^c | |
| 灰枣 | 1.03±0.04 ^b | 0.74±0.04 ^a | 20.04±0.47 ^a | 2.83±0.02 ^b | 5.65±0.33 ^c | 1 399.48±36.48 ^b | |
| 哈密大枣 | 1.68±0.13 ^a | 0.37±0.05 ^b | 4.74±0.38 ^c | 3.67±0.30 ^a | 4.84±0.15 ^c | 1 773.51±65.02 ^a | |
| 木枣 | 0.15±0.04 ^d | 0.49±0.12 ^b | 8.44±0.50 ^b | 1.59±0.06 ^d | 7.12±0.02 ^b | 1 448.07±39.11 ^b | |
| 相枣 | 0.36±0.01 ^c | 0.14±0.03 ^c | 9.06±0.71 ^b | 2.01±0.17 ^c | 3.41±0.07 ^d | 1 180.66±64.68 ^c | |

† 同列肩标不同字母表示有显著差异($P<0.05$);FAA 表示游离氨基酸;TFAA 表示总游离氨基酸;ND 表示未检测出。

张宝善等^[12]研究了新鲜油枣与干枣中 FAA 的含量时,也发现了类似的规律,无论是新鲜枣果还是枣干,其 FAA 含量最高均为脯氨酸。脯氨酸作为植物蛋白质的组分之一,也可以游离态广泛存在于植物体中。在高盐、干旱或低温等逆境胁迫下,植物体内游离脯氨酸含量急剧上升,可比原始含量增加几十倍到几百倍^[13]。传统上,枣树被认为是耐盐碱的植物,可在其它多种果树不能正常生长的盐碱土上正常生长,被认为是开发盐碱地的优良树种,因此枣树在生长发育过程中通常受到过土壤高含盐量的胁迫^[14]。因此枣果中高脯氨酸含量可能是枣树对高盐、干旱胁迫的逆境响应的结果。

富含 FAA 与还原糖的原料在被加热过程中容易发生美拉德反应,导致枣果发生非酶褐变。相比酸性氨基酸与中性氨基酸,碱性氨基酸更易与羰基化合物(如还原糖)形成席夫碱。因此,碱性氨基酸含量高的枣果品种可能在加热过程中(如干制)更易发生美拉德反应,从而更容易导致褐变的发生。由图 3 可知,梨枣的碱性 FAA 含量显著高于其余枣果($P < 0.05$),因此从碱性氨基酸含量分析,梨枣适合鲜食,而不宜进行热加工。

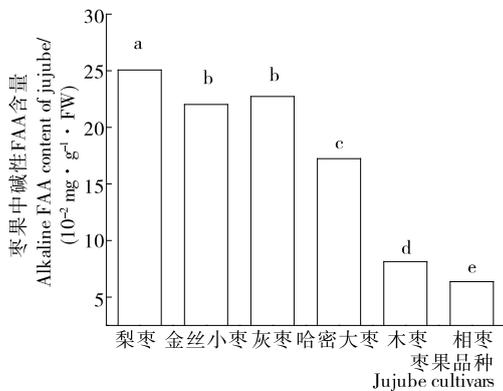


图 3 不同品种枣果中碱性氨基酸占 TFAA 含量的百分比

Figure 3 Percent alkaline FAA in different cultivars jujube fruits

3 结论

本研究对 6 种枣果进行了品质特性分析和评价。结果表明:鲜枣中含量最高的可溶性糖为蔗糖,主要有机酸为苹果酸和琥珀酸,含量最丰富的游离氨基酸为脯氨酸,其次是天冬氨酸。梨枣适合鲜食;哈密大枣和木枣适合干制;金丝小枣与灰枣既可鲜食也可干制。哈密大枣因果型大,干制时间长,干果会出现明显的苦味,推测可能与枣果内源酶活性有关。针对哈密大枣干制的后续研究工作可采用变温干燥,即前期采用高温处理,可快速脱除枣果高水分含量和钝化内源酶活性;而后期可采用较低温度干燥,避免活性成分的损失。

参考文献

- [1] 刘孟军. 中国枣产业发展报告[M]. 北京:中国林业出版社, 2008: 24.
- [2] 中华人民共和国国家统计局. 年度数据:茶叶水果产量[EB/OL]. [2015-09-08]. <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>.
- [3] Li Jin-wei, Fan Liu-ping, Ding Shao-dong, et al. Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube[J]. Food Chemistry, 2007, 103(2): 454-460.
- [4] Choi S, Ahn J, Kim H, et al. Changes in free amino acid, protein, and flavonoid content in jujube (*Ziziphus jujube*) fruit during eight stages of growth and antioxidative and cancer cell inhibitory effects by extracts[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(41): 10 245-10 255.
- [5] 南海娟, 马汉军, 杨永慧. 3 种枣果中主要营养成分和元素比较[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(5): 161-165.
- [6] 王永刚, 马燕林, 刘晓风, 等. 小口大枣营养成分分析与评价[J]. 现代食品科技, 2014, 30(10): 237-244.
- [7] Wang Rong-rong, Ding Sheng-hua, Zhao Dan-dan, et al. Effect of dehydration methods on antioxidant activities, phenolic contents, cyclic nucleotides, and volatiles of jujube fruits[J]. Food Science and Biotechnology, 2016, 25(1): 137-143.
- [8] Liu Feng-xia, Fu Shu-fang, Bi Xiu-fang, et al. Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China[J]. Food Chemistry, 2013, 138(1): 396-405.
- [9] 王宪泽. 生物化学实验技术原理和方法[M]. 北京:中国农业出版社, 2002: 77-80.
- [10] 林玲, 谢江辉, 孙光明, 等. 高朗 1 号和新世纪毛叶枣果实发育过程中糖分积累和相关代谢酶活性分析[J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(5): 619-623.
- [11] 魏利清, 万红军, 许铭强, 等. 枣干制过程中可溶性糖含量变化的规律[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 67-70.
- [12] 张宝善, 陈锦屏, 李慧芸. 热风干制对红枣非酶褐变的影响[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 139-142.
- [13] 全先庆, 张渝洁, 单雷, 等. 高等植物脯氨酸代谢研究进展[J]. 生物技术通报, 2007(1): 14-18.
- [14] 徐呈祥, 马艳萍, 徐锡增. 15 个枣树品种耐盐性研究[J]. 广东农业科学, 2011(16): 31-32.