

青海玉树沙棘不同部位营养成分分析与营养价值评价

谭亮* 赵静 马家麟 冀恬 董琦 沈建伟

中国科学院西北高原生物研究所 中国科学院藏药研究重点实验室
青海省青藏高原特色生物资源研究重点实验室 西宁 810001

摘要: 为全面了解青海玉树沙棘的营养价值,选取青海玉树5个不同地区的沙棘,对其不同部位(果实、枝、叶、籽)的营养成分进行分析和营养价值的评价,为玉树沙棘再加工产品的开发和利用提供重要依据。分别用亚临界流体丁烷和1,1,1,2-四氟乙烷(R134a)萃取出沙棘不同部位中的粗脂肪和黄酮类成分,采用快速溶剂萃取法(ASE)提取沙棘中的糖分,然后分别测定了各部位脂肪、黄酮类成分、总糖、多糖、类胡萝卜素、总酸、维生素C、原花青素、沙棘籽中脂肪酸含量,同时还测定了各部位主要常规营养成分、氨基酸和各种矿物质元素含量等。结果表明,玉树沙棘果实中含有丰富的氨基酸(以干计,6.89%)、可溶性糖(7.56%)、类胡萝卜素(34.1 mg/100 g)、维生素C(1430 mg/100 g)和总矿物质元素(226.4 mg/100 g);玉树沙棘叶中含有丰富的蛋白质(17.5%)、总黄酮(2.10%)、氨基酸(以干计,15.41%)、总矿物质元素(748.1 mg/100 g);玉树沙棘枝中含有丰富的蛋白质(13.5%)、粗纤维(21.1%)、熊果酸(144.1 mg/100 g)、氨基酸(以干计,11.62%)、总矿物质元素(376.9 mg/100 g);玉树沙棘籽中含有丰富的蛋白质(21.4%)、原花青素(3.27%)、氨基酸(以干计,18.63%)、不饱和脂肪酸(548.6 mg/g)。上述数据表明,青海玉树沙棘不同部位具有良好的营养价值和开发前景,可为青海玉树沙棘的质量控制提供依据。

关键词: 青海玉树沙棘;不同部位;常规营养成分;氨基酸;矿物质元素;营养价值评价

中图分类号: Q946; R284.1

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2018.5.014

Analysis of Nutritional Compositions and Nutritional Quality Evaluation in Different Parts of Yushu Hippophae (*Hippophae rhamnoides* L. subsp. *sinensis*)

TAN Liang* ZHAO Jing MA Jia-lin JI Tian DONG Qi SHEN Jian-wei

Qinghai Key Laboratory of Qinghai-Tibet Plateau Biological Resource Key Laboratory of Tibetan Medicine
Research, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China

Abstract: To fully understand nutritional value, different parts (fruits, branches, leaves, seeds) of Yushu Hippophae (YH) in five different regions were selected to analysis the nutrient composition and nutritional quality evaluation, it give important evidence for the development and utilization of reprocessed products. The crude fat and flavonoids components were extracted with sub-critical fluid n-butane and 1,1,1,2-tetrafluoroethane (R134a), respectively. An accelerated solvent extraction (ASE) method was developed for extraction of sugar. Then, the contents of fat, flavonoids components, total sugars, polysaccharides, carotenoids, total acid, vitamin C and oligomeric proanthocyanidins in YH different parts, the content of fatty acids in YH seed were detected respectively. The contents of routine nutrients, amino acid and various mineral elements in YH different parts were also detected. The results indicated that YH fruits were good sources of amino acids (dry weight 6.89%), soluble sugar (7.56%), carotenoids (34.1 mg/100 g), Vitamin C (1430 mg/100 g) and total mineral elements (226.4 mg/100 g), YH leaves were good sources of protein (17.5%), total flavonoids (2.10%), amino acids (dry weight 15.41%) and total mineral elements (748.1 mg/100 g), YH branches were rich in protein (13.5%), crude fiber (21.1%), ursolic acid (144.1 mg/100 g), amino acids (dry weight, 11.62%) and total mineral elements (376.9 mg/100 g), YH seeds were rich in protein (21.4%), oligomeric proanthocyanidins (3.27%), amino acids (dry weight 18.63%) and unsaturated fatty acid (548.6 mg/g). These figures

收稿日期: 2017-11-21 接受日期: 2018-03-16

基金项目: 中国科学院个性化药物先导科技专项资助(XDA12050304); 青海省自然科学基金(2015-ZJ-908); 青海无公害农产品分析检测平台建设(2015-ZL-Y23); 兰州区域中心2016年度仪器功能开发项目2018g111

* 通信作者 E-mail: tanliang@nwipb.cas.cn

indicate that YH have good nutrients and practical applications, which to justify security controls.

Key words: Yushu Hippophae; different parts; routine nutrients; amino acids; various mineral elements; nutritional quality evaluation

沙棘 (*Hippophae rhamnoides* L.) 又名酸柳、醋柳、酸刺, 属于胡颓子科 (Elaeagnaceae), 为多年生落叶灌木、小乔木或乔木。其特性是耐旱、抗风沙, 可以在盐碱化土地上生存, 因此被广泛用于水土保持, 垂直水平上可以高达喜马拉雅山及青藏高原地区的 5500 m 海拔处^[1]。沙棘为药食同源植物, 沙棘的根、茎、叶、花、果, 特别是沙棘果实含有丰富的营养物质和生物活性物质, 可以广泛应用于食品、医药、轻工、航天、农牧渔业等国民经济的许多领域。沙棘性温、味酸涩, 具有止咳化痰、健胃消食、活血散瘀之功效^[2]。现代药理学研究表明, 沙棘具有缓解心绞痛、改善心功能、清除人体自由基、提高机体免疫、抗肿瘤、抗癌、止咳平喘、利肺化痰、消食化滞、抗炎生肌、促进组织再生等方面的作用^[3-4], 其与沙棘中的化学成分有着必然联系, 并成为沙棘生物活性的物质基础。

目前, 有关沙棘的研究多为资源开发与利用、营养成分及作用研究进展、抗氧化、降血糖等药理作用、提取工艺、沙棘单一成分分析、来源于俄罗斯、西藏、新疆、陕西等产地的沙棘营养成分分析^[5-8]。对于青海沙棘的研究也只有来自西宁市种植沙棘的嫩茎叶中部分营养成分的分析^[9], 而未见有关青海玉树地区沙棘的不同部位营养成分分析的文献报道。玉树平均海拔在 4000 m 以上, 气候高寒, 地势复杂, 高山耸立, 采集样品实属不易, 对于玉树沙棘营养成分的分析可以推动沙棘的加工产业, 可促进地方经济和畜牧业的发展。本文选取青海玉树 5 个不同地区的沙棘作为实验材料, 对其不同部位 (果实、枝、叶、籽) 的营养成分进行分析, 可为玉树沙棘的质量控制、再加工产品的开发和利用提供重要依据。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

沙棘 (包括果实、枝、叶、籽) 分别采自青海省玉树藏族自治州的 5 个不同地区, 每个地区采集 3 份 (见表 1) 经中国科学院西北高原生物研究所高庆波副研究员鉴定确定为中国沙棘 (*Hippophae rhamnoides* L. subsp. *sinensis*)。

亚临界流体丁烷和 1, 1, 1, 2-四氟乙烷 (R134a) (质量分数 99%, 美国 Dupont); 18 种氨基酸混标 (货号: AAS18-5 mL)、37 种脂肪酸甲酯混标 (货号: CRM47885) 均购自西格玛奥德里奇 (上海) 贸易有限公司; D-无水葡萄糖 (批号: 110833-201406)、儿茶素 (批号: 110877-201203)、熊果酸 (批号: 110742-201220)、齐墩果酸 (批号: 110709-201206)、芦丁 (批号: 100080-201408)、金丝桃苷 (批号: 111521-201406)、槲皮苷 (批号: 111538-200504)、槲皮素 (批号: 100081-201408)、山柰酚 (批号: 110861-201310)、异鼠李素 (批号: 110860-201109) 均购自中国食品药品检定研究院, 标示纯度均 $\geq 99\%$; 异鼠李素-3-O-葡萄糖苷 (批号: E-04, 纯度 $\geq 98\%$, 上海同田生物技术股份有限公司); 对照品草酸 (CDCT-C15775000)、DL-苹果酸 (CDCT-C14730500)、抗坏血酸 (CDCT-C10303000) 均购自北京神州科创生物科技有限公司, 标示纯度均 $\geq 99\%$; 各单元素标准溶液 (100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 中国计量科学研究院); 甲醇、乙腈为色谱纯; 硝酸、硫酸、盐酸、过氧化氢为优级纯; 苯酚及各方法中化学试剂均为分析纯; 实验用水为去离子水。

表 1 采自青海玉树不同地区的沙棘样品 ($n = 3$)

Table 1 Hippophae samples collected from different regions in Yushu ($n = 3$)

样品编号 Sample No.	地区 Regions	采集时间 Collection time
Y1	称多县歇武镇当巴村 Dangba Xiewu Chenduo	2014. 9. 12
Y2	玉树县上拉秀乡尕拉山 Galaga Mountain Shanglaxiu Yushu	2014. 9. 13
Y3	囊谦县白扎乡东日尕村 Dongriga Baizha Nangqian	2014. 9. 15
Y4	杂多县昂赛乡杂都村 Gadu Maosai Zaduo	2014. 9. 17
Y5	曲麻莱县曲麻河乡措池村 Cuochi Quma River Qumalai	2014. 9. 20

SPF-3 × 10L + 1L 亚临界流体萃取装置(广州市浩立生物科技有限公司,由华南理工大学联合研制);Agilent 1260 系列高效液相色谱仪(美国安捷伦科技公司);Agilent 7890A/5975C 型气相色谱仪(美国安捷伦科技公司);Varian FS-220AA 原子吸收光谱仪(美国 Varian 公司);Cary-300 Bio 型紫外-可见分光光度计(美国 Varian 公司);美国 CEM MARS-6 微波消解系统(上海沃珑仪器有限公司);Molelement 元素型超纯水机(上海摩勒生物科技有限公司);SZC-C 型脂肪测定仪、SLQ-6 型粗纤维测定仪(上海纤检仪器有限公司);TM-0912 型马弗炉(北京盈安美诚科学仪器有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 样品前处理

采集整株沙棘的地上部分,清除附着泥土,分别将沙棘果实、叶摘下,与枝分离。刚采集的沙棘果实和叶置于放有生物冰袋的保鲜盒中保存,枝折断后室温下保存即可。试验前样品前处理:(1)从实验室冰箱中拿出冷冻的沙棘果实,解冻后,匀浆,取约 50 g 进行水分、黄酮、维生素 C(总抗坏血酸)、类胡萝卜素、总酸、草酸、苹果酸和抗坏血酸的测定;(2)从冰箱中拿出冷冻的沙棘叶,解冻后,先进行初粉碎,然后匀浆,取约 40 g 进行水分、黄酮、类胡萝卜素、总酸、草酸、苹果酸和抗坏血酸的测定;(3)新鲜的沙棘枝折断后,称重,记录鲜样的重量。然后在室温背阴处放置至近半干,采用重量法测定阴干后水分的减失量。然后将阴干的沙棘枝粉碎后,取约 10 g 进行水分、黄酮测定。其余常规营养成分、氨基酸和各种矿物质元素的测定可用 60 °C 烘干后的沙棘果实、叶、枝,继续粉碎后过 60 目筛,装入密封袋中密封,置于干燥器中干燥保存,备用。(4)将一部分解冻后的沙棘果实捣碎后过 16 目筛除去果皮和大部分果肉,然后将混有果肉的沙棘籽在水流的冲洗下过 40 目筛除去少量果肉,沙棘籽被截留在筛上,阴干后进行原花青素、粗脂肪和脂肪酸的测定。

1.2.2 营养成分的测定方法

水分:GB 5009.3-2010;灰分:GB 5009.4-2010,脂肪:在实验室前期预实验确定的最佳萃取工艺条件下(萃取压力 0.70 MPa,萃取温度 40 °C,萃取时间 120 min)用亚临界流体丁烷提取出沙棘中的粗脂肪,然后采用 GB/T 14772-2008;粗纤维:GB/T 5009.10-2003;蛋白质:GB 5009.5-2010;总酸:GB/T 12456-2008;总抗坏血酸:GB/T 5009.86-2003;多

糖、总糖:采用 ASE350 快速溶剂萃取仪提取^[10],并按 GB/T 18672-2014 进行测定;脂肪酸:GB/T 17377-2008;类胡萝卜素、原花青素:均采用可见紫外分光光度计测定^[11,12]。

1.2.3 总黄酮含量测定方法

分别向亚临界流体萃取装置的萃取罐中的非对称性微孔复合陶瓷滤芯中填装沙棘不同部位粉末,在实验室前期预实验确定的最佳萃取工艺条件下(萃取压力 0.50 MPa,萃取温度 50 °C,萃取时间 100 min)用亚临界流体 1,1,1-2-四氟乙烷(R134a)提取出沙棘不同部位中的黄酮类成分,然后采用标准 NY/T 1295-2007 测定其含量。

1.2.4 黄酮类成分组成含量测定方法

1.2.4.1 色谱条件

色谱柱:Hypersil-ODS2 柱(5 μm,4.6 × 250 mm);流动相:A 相为 0.1% 磷酸水溶液,B 相为甲醇,梯度洗脱(0~35 min,32% B→35% B;35~45 min,35% B→58% B;45~60 min,B 相维持 58% 的比例不变);流速:1.0 mL/min;检测波长:370 nm;柱温:30 °C;进样量:20 μL^[13]。

1.2.4.2 混合对照品溶液制备

取各黄酮对照品适量,精密称定,分别置于 10 mL 棕色量瓶中,加 80% 甲醇水溶液使溶解,并稀释至刻度,摇匀,即得对照品储备溶液(金丝桃苷 0.549 mg/mL、芦丁 0.274 mg/mL、槲皮苷 0.497 mg/mL、异鼠李素-3-O-葡萄糖苷 0.465 mg/mL、槲皮素 0.244 mg/mL、山柰酚 0.225 mg/mL 和异鼠李素 0.135 mg/mL)。根据样品色谱峰和对照品储备液色谱峰峰面积的比较,将对照品储备溶液进行了稀释,分别精密移取上述储备溶液各 0.25、0.50、0.25、0.25、0.50、0.50、1.00 mL,混匀,得混合对照品溶液(金丝桃苷 42.43 μg/mL、芦丁 42.15 μg/mL、槲皮苷 38.23 μg/mL、异鼠李素-3-O-葡萄糖苷 35.77 μg/mL、槲皮素 37.54 μg/mL、山柰酚 34.62 μg/mL 和异鼠李素 41.54 μg/mL)。

1.2.4.3 供试品溶液制备

称取匀浆好的沙棘果实 5 g,沙棘枝、叶、籽粉末 1 g,精密称定,按参考文献^[14]提取合并后,减压浓缩并定容至 25 mL,摇匀。微孔滤膜(0.45 μm)过滤后取续滤液,即得。

1.2.5 草酸、苹果酸和抗坏血酸含量测定方法

1.2.5.1 色谱条件

色谱柱:Sepax GP-C₁₈ 柱(5 μm,4.6 × 250

mm);流动相:A相为0.05 mol/L KH_2PO_4 水溶液 (pH 2.70),B相为甲醇,梯度洗脱(0~30 min,1% B→0.5% B线性洗脱);流速:0.5 mL/min;检测波长:210 nm;柱温:30 °C;进样量:2.0 μL ^[15]。

1.2.5.2 混合对照品溶液制备

取草酸、苹果酸和抗坏血酸各对照品适量,精密称定,分别置于10 mL棕色量瓶中,加0.05 mol/L KH_2PO_4 水溶液使溶解,并稀释至刻度,摇匀,即得对照品储备溶液(草酸0.979 mg/mL、DL-苹果酸1.582 mg/mL、抗坏血酸1.346 mg/mL)。根据样品色谱峰和对照品储备溶液色谱峰峰面积的比较,将对照品储备溶液进行了稀释,分别精密移取上述各储备溶液0.50 mL,置于同一2 mL容量瓶中,加0.05 mol/L KH_2PO_4 水溶液稀释至刻度,摇匀,得混合对照品溶液(草酸244.75 μg /mL、DL-苹果酸395.50 μg /mL、抗坏血酸336.50 μg /mL)。

1.2.5.3 供试品溶液制备

称取匀浆好的沙棘果实5 g,沙棘叶、籽粉末2 g,精密称定,沙棘果实于12000 rpm条件下离心5 min,移取1~2 mL上清液按参考文献^[15]稀释后,微孔滤膜(0.45 μm)过滤后取续滤液,即得。

1.2.6 齐墩果酸和熊果酸含量测定方法

1.2.6.1 色谱条件

色谱柱:Eclipse XDB-C₁₈柱(5 μm 4.6 × 250 mm);流动相:等度洗脱,甲醇-水-冰乙酸-三乙胺(90:10:0.03:0.06 ν : ν : ν);流速:0.5 mL/min;检测波长:210 nm;柱温:30 °C;进样量:10 μL ^[16]。

1.2.6.2 混合对照品溶液制备

取齐墩果酸和熊果酸对照品适量,精密称定,分别置于10 mL棕色量瓶中,加甲醇使溶解,并稀释至刻度,摇匀,即得对照品储备溶液(齐墩果酸0.641 mg/mL、熊果酸0.761 mg/mL)。根据样品色谱峰和对照品储备溶液色谱峰峰面积的比较,将对照品储备溶液进行了稀释,分别精密移取上述各储备溶液0.50 mL,混匀,得混合对照品溶液(齐墩果酸320.5 μg /mL、熊果酸380.5 μg /mL)。

1.2.6.3 供试品溶液制备

称取匀浆好的沙棘果实1 g,沙棘枝、叶粉末2 g,精密称定,按参考文献^[16]提取并定容后,摇匀。微孔滤膜(0.45 μm)过滤后取续滤液,进样20 μL 。

1.2.7 氨基酸含量测定方法

1.2.7.1 样品水解

称取制备好的沙棘各部位样品粉末20~100

mg于10 mL安培瓶中,加入6 mol/L盐酸6 mL,抽真空,充氮气,封口,110 °C恒温水解24 h后,冷却,过滤,85 °C蒸干,用20 mmol/L的盐酸定容至5 mL。

1.2.7.2 混合标准品衍生

取18种氨基酸混合标准品0.2 mL,0.5 mol/L的碳酸氢钠0.5 mL,1%的氟苯乙腈溶液0.2 mL于10 mL容量瓶中,60 °C恒温反应1 h,磷酸二氢钾缓冲液(0.1 mol/L,pH=7)定容,微孔滤膜过滤,注入HPLC进行测定。

1.2.7.3 色谱检测条件

色谱柱:phenomenex,Gemini C₁₈,(250 × 4.6 mm,5 μm);检测波长:360 nm;柱温:37 °C;流动相:A相为0.05 mol/L乙酸钠水溶液(pH 6.4),B相为乙腈:水=1:1(ν / ν)梯度洗脱(0~5 min,74% B→65% B;5~15 min,65% B→60% B;15~20 min,60% B→45% B;20~25 min,45% B→30% B;25~30 min,30% B→20% B;30~35 min,20% B→2% B;35~40 min,B相维持2%比例不变;40~42 min,2% B→74% B)。

1.2.8 矿物质元素含量测定方法

采用火焰原子吸收法,参照GB/T 5009.13-2003、GB/T 5009.14-2003、GB/T 5009.90-2003、GB/T 5009.91-2003、GB/T 5009.92-2003,用Varian FS-220AA原子吸收光谱仪测定。

采用分光光度法,参照GB/T 5009.87-2003,用Cary-300 Bio型紫外-可见分光光度计测定。

1.3 数据处理

对5个不同地区样品的不同部位分别进行测定后,将相同部位的测定结果以均值(\bar{x})表示,采用SPSS 19.0软件进行数据处理和统计分析。

1.4 营养价值评价

对玉树沙棘不同部位的营养成分测定后,采用营养质量指数(index of nutritional quality,INQ)作为评价沙棘不同部位营养价值的指标,计算公式如下:

$$INQ = \frac{\text{某营养素密度}}{\text{能量密度}} = \frac{\frac{\text{某营养素含量}}{\text{该营养素参考摄入量}}}{\frac{\text{能量值}}{\text{能量参考摄入量}}}$$

2 结果与分析

2.1 玉树沙棘不同部位中常规营养成分分析

由表2可知:(1)不同部位中水分含量在3.94%~70.7%,含量由高到低依次为:果实>籽>

叶 > 枝; (2) 不同部位中灰分含量在 0.83% ~ 4.06%, 含量由高到低依次为: 叶 > 籽 > 枝 > 果实; (3) 不同部位中粗脂肪含量在 1.16% ~ 8.24%, 含量由高到低依次为: 籽 > 果实 > 叶 > 枝; (4) 不同部

位中粗纤维含量在 2.93% ~ 21.1%, 含量由高到低依次为: 枝 > 叶 > 籽 > 果实; (5) 不同部位中蛋白质含量在 2.52% ~ 21.4%, 含量由高到低依次为: 籽 > 叶 > 枝 > 果实。

表 2 玉树沙棘不同部位中常规营养成分的含量(鲜重% \bar{x})

Table 2 Contents of routine nutritional components in different parts of Yushu Hippophae (Fresh weight% \bar{x})

样品部位 Sample parts	水分 Moisture	灰分 Ash	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude fiber	蛋白质 Protein	碳水化合物 Carbohydrate	能量 ^a Energy ^a
果实 Fruits	70.7	0.83	5.94	2.93	2.52	17.08	131.9
叶 Leaves	7.33	4.06	2.25	13.2	17.5	55.66	312.9
枝 Branches	3.94	1.98	1.16	21.1	13.5	58.32	297.7
籽 Seeds	9.48	2.16	8.24	11.8	21.4	46.92	347.4

注:^a 单位:鲜重 kcal/100 g。

Note:^aUnit:Fresh weight kcal/100 g.

2.2 玉树沙棘不同部位中其他营养成分分析

由表 3 可知:(1) 不同部位中总糖含量在 0.95% ~ 6.70%, 含量由高到低依次为: 果实 > 叶 > 籽 > 枝; (2) 不同部位中多糖含量在 0.276% ~ 0.852%, 含量由高到低依次为: 果实 > 籽 > 枝 > 叶; (3) 不同部位中总黄酮含量在 0.126% ~ 2.096%, 含量由高到低依次为: 叶 > 果实 > 枝 > 籽; (4) 不同

部位中类胡萝卜素含量在 0.186 ~ 34.1 mg/100 g, 含量由高到低依次为: 果实 > 叶 > 籽 > 枝; (5) 不同部位中总酸含量在 0.309% ~ 4.79%, 含量由高到低依次为: 果实 > 叶 > 籽 > 枝; (6) 不同部位中维生素 C 含量在 0.132% ~ 1.43%, 含量由高到低依次为: 果实 > 叶 > 籽; (7) 不同部位中原花青素含量在 0.061% ~ 3.27%, 含量由高到低依次为: 籽 > 果实 > 叶 > 枝。

表 3 玉树沙棘不同部位中其他营养成分的含量(鲜重% \bar{x})

Table 3 Contents of other nutritional components in different parts of Yushu Hippophae (Fresh weight% \bar{x})

样品部位 Sample parts	总糖 Total sugars	多糖 Polysaccharides	总黄酮 Total flavonoids	类胡萝卜素 ^a Carotenoids ^a	总酸 Total acid	维生素 C Vitamin C	原花青素 Oligomeric proantho cyanidins
果实 Fruits	6.70	0.852	0.574	34.1	4.79	1.43	1.24
叶 Leaves	2.06	0.276	2.096	13.9	2.20	0.159	0.824
枝 Branches	0.95	0.404	0.184	0.186	0.309	-	0.061
籽 Seeds	1.44	0.566	0.126	1.88	1.05	0.132	3.27

注:^a 单位:鲜重 mg/100 g; - :未检出。

Note:^aUnit:Fresh weight mg/100 g; - :undetected.

2.3 玉树沙棘不同部位中黄酮类成分及含量分析

由表 4 可知:(1) 叶中金丝桃苷含量最高为 101.1 mg/100 g, 在果实中含量为 9.991 mg/100 g, 枝和籽中不含有金丝桃苷; (2) 不同部位中芦丁含量在 (9.637 ~ 1495.2) mg/100 g, 含量由高到低依次为: 叶 > 果实 > 枝 > 籽; (3) 不同部位中异鼠李素-3-O-葡萄糖苷含量在 (18.74 ~ 82.27) mg/100 g, 含量由高到低依次为: 果实 > 叶 > 籽, 枝中不含有异鼠李素-3-O-葡萄糖苷; (4) 不同部位中槲皮素含量在 (15.28 ~ 42.30) mg/100 g, 含量由高到低依次为: 果实 > 籽 > 枝, 叶中不含有槲皮素; (5) 不同部位中山柰酚含量在 (14.89 ~ 71.13) mg/100

g, 含量由高到低依次为: 叶 > 籽 > 果实 > 枝; (6) 果实中异鼠李素含量最高为 114.4 mg/100 g, 枝中含量为 12.81 mg/100 g, 叶和籽中不含有异鼠李素。

2.4 玉树沙棘不同部位中草酸、苹果酸和抗坏血酸含量分析

由表 5 可知:(1) 不同部位中草酸含量在 0.108% ~ 0.298%, 含量由高到低依次为: 籽 > 果实 > 叶; (2) 不同部位中苹果酸含量在 0.304% ~ 4.46%, 含量由高到低依次为: 果实 > 叶 > 籽; (3) 不同部位中抗坏血酸含量在 0.214% ~ 0.626%, 含量由高到低依次为: 果实 > 籽 > 叶。

表4 玉树沙棘不同部位中各黄酮类成分的含量(鲜重 mg/100 g \bar{x})Table 4 Contents of a variety of flavonoids components in different parts of Yushu Hippophae (Fresh weight mg/100 g \bar{x})

样品部位 Sample parts	金丝桃苷 Hyperoside	芦丁 Rutin	异鼠李素-3-O- 葡萄糖苷 Isorhamnetin-3-O- O-glucoside	槲皮素 Quercetin	山柰酚 Kaempferol	异鼠李素 Isorhamnetin
果实 Fruits	9.991	188.2	82.27	42.30	17.64	114.4
叶 Leaves	101.1	1495.2	71.27	-	71.13	-
枝 Branches	-	105.0	-	15.28	14.89	12.81
籽 Seeds	-	9.637	18.74	24.18	32.84	-

注: - :表示未检出。

Note: - :undetected.

表5 玉树沙棘果实、叶、籽中草酸、苹果酸和抗坏血酸的含量(鲜重% \bar{x})Table 5 Contents of oxalic acid, malic acid and ascorbic acid in fruits, leaves, seeds of Yushu Hippophae (Fresh weight% \bar{x})

样品部位 Sample parts	草酸 Oxalic acid	苹果酸 Malic acid	抗坏血酸 Ascorbic acid
果实 Fruits	0.165	4.46	0.626
叶 Leaves	0.108	1.51	0.214
籽 Seeds	0.298	0.304	0.226

2.5 玉树沙棘不同部位中齐墩果酸和熊果酸含量分析

不含有齐墩果酸; (2) 不同部位中熊果酸含量在 (53.74 ~ 402.5) mg/100 g, 含量由高到低依次为: 果实 > 枝 > 叶。

由表6可知: (1) 果实中齐墩果酸含量最高为 185.0 mg/100 g, 枝中含量为 47.53 mg/100 g, 叶中

表6 玉树沙棘果实、叶、枝中齐墩果酸和熊果酸的含量(鲜重 mg/100 g \bar{x})Table 6 Contents of oleanic acid and ursolic acid in fruits, leaves, branches of Yushu Hippophae (Fresh weight mg/100 g \bar{x})

样品部位 Sample parts	齐墩果酸 Oleanic acid	熊果酸 Ursolic acid
果实 Fruits	185.0	402.5
叶 Leaves	-	53.74
枝 Branches	47.53	144.1

注: - :表示未检出。

Note: - :undetected.

2.6 玉树沙棘籽中脂肪酸组成及含量分析

亚油酸和硬脂酸, 平均含量依次为 183.0、142.2、122.9 mg/g, 平均含量最低的是肉豆蔻酸 1.075 mg/g。

由表7可知: 玉树沙棘籽中含有7种脂肪酸, α -亚麻酸平均含量最高为 218.2 mg/g, 其次是油酸、

表7 玉树沙棘籽中脂肪酸组成和含量测定(鲜重 mg/g \bar{x})Table 7 Composition and contents of fatty acids in seeds of Yushu Hippophae (Fresh weight mg/g \bar{x})

样品部位 Sample parts	肉豆蔻酸 Myristic acid	棕榈酸 Palmitic acid	棕榈油酸 Palmitoleic acid	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 linoleic acid	α -亚麻酸 α -Linolenic acid
籽 Seeds	1.075	73.38	5.156	122.9	183.0	142.2	218.2

注: 表中数据是指在沙棘籽粗脂肪中所占比例。

Note: The data in the table refers to the proportion of crude fat in the YH seeds.

2.7 玉树沙棘不同部位中氨基酸组成及含量分析

由表 8 可知:(1)沙棘果实、叶、枝、籽中均检测出了 17 种氨基酸,包括 7 种必需氨基酸 2 种半必需氨基酸 8 种非必需氨基酸;(2)沙棘不同部位中氨基酸平均总含量由高到低依次为沙棘籽 (18.63%) > 叶 (15.41%) > 枝 (11.62%) > 果实

(6.89%);(3)在沙棘果实、叶、枝中天门冬氨酸和谷氨酸含量均为最高,在果实中含量依次为 1.11%、1.24%,在叶中含量依次为 2.42%、1.60%,在枝中含量依次为 3.71%、0.97%;(4)在沙棘籽中酪氨酸和谷氨酸含量最高,依次为 4.72%、3.42%。

表 8 玉树沙棘不同部位中氨基酸组成及含量(干重% \bar{x})

Table 8 Composition and contents of amino acids in different parts of Yushu Hippophae (Dry weight% \bar{x})

氨基酸种类 Type of amino acid	果实 Fruits	叶 Leaves	枝 Branches	籽 Seeds
天门冬氨酸 ASP	1.11	2.42	3.71	1.70
谷氨酸 GLU	1.24	1.60	0.97	3.42
丝氨酸 SER	0.42	0.68	0.50	0.84
甘氨酸 GLY	0.30	0.89	0.51	0.56
精氨酸 ARG ^b	0.84	0.85	0.40	2.10
苏氨酸 THR ^a	0.39	0.67	0.45	0.45
脯氨酸 PRO	0.47	0.86	0.70	0.50
丙氨酸 ALA	0.35	1.07	0.64	0.61
缬氨酸 VAL ^a	0.24	0.92	0.58	0.60
蛋氨酸 MET ^a	0.03	0.16	0.06	0.13
胱氨酸 CYS	0.03	0.13	0.15	0.08
异亮氨酸 ILE ^a	0.19	0.68	0.40	0.46
亮氨酸 LEU ^a	0.29	1.38	0.71	0.95
苯丙氨酸 PHE ^a	0.31	0.79	0.37	0.57
组氨酸 HIS ^b	0.18	0.52	0.46	0.30
赖氨酸 LYS ^a	0.39	1.25	0.81	0.62
酪氨酸 TYR	0.10	0.56	0.20	4.72
氨基酸总量 Total amino acids	6.89	15.41	11.62	18.63

注:^a表示为必需氨基酸;^b表示为半必需氨基酸。

Note: Essential amino acids are represented as letter a; Semi-essential amino acid are represented as letter b.

2.8 玉树沙棘不同部位中矿物质元素含量分析

由表 9 可知:(1)玉树沙棘果实、叶、枝、籽中均检测出了 9 种矿物质元素,包括 5 种常量元素 K、Ca、Mg、Na、P 和 4 种微量元素 Fe、Zn、Cu、Mn;(2)沙棘果实中常量元素 K、P、Na 平均含量较高,依次为 83.25、44.49、36.01 mg/100 g,微量元素 Fe、Zn 平均含量较高,依次为 13.00、2.307 mg/100 g;(3)沙棘叶中常量元素 Ca、P、Mg、K 平均含量较高,依次为 472.2、82.26、74.90、53.10 mg/100 g,微量元素 Fe、Zn 平均含量较高,依次为 20.19、10.84 mg/100 g;(4)沙棘枝中常量元素 Ca、P、K 平均含量较高,依次为 223.0、56.52、35.18 mg/100 g,微量元素 Fe 平均含量较高,为 11.94 mg/100 g;(5)沙棘籽中常量元

素 Ca、K、Na 平均含量较高,依次为 121.9、92.40、77.59 mg/100 g,微量元素 Fe 平均含量较高,为 7.414 mg/100 g。

2.9 玉树沙棘不同部位营养价值的评价分析

按“1.4”项下营养质量指数 INQ 的计算方法对玉树各地区沙棘不同部位的营养成分进行价值评价,一定量为 100 g,各营养素的参考摄入量和能量参考摄入量参照《中国居民膳食营养素参考摄入量》^[17]进行计算,结果见表 10~表 12。若 INQ > 1,表示营养价值高;若 INQ = 1,表示营养需要达到平衡;若 INQ < 1,表示营养价值低。结果表明:(1)沙棘果实中含有丰富的总氨基酸、维生素 C、铁、锌、铜、锰、磷元素;(2)沙棘叶中含有丰富的蛋白质、总

表9 玉树沙棘不同部位中各矿物质元素的含量(鲜重 mg/100 g \bar{x})Table 9 Contents of various mineral elements in different parts of Yushu Hippophae (Fresh weight mg/100 g \bar{x})

样品部位 Sample parts	钾 K	钙 Ca	镁 Mg	钠 Na	铁 Fe	锌 Zn	铜 Cu	锰 Mn	磷 P
果实 Fruits	83.25	30.64	16.02	36.01	13.00	2.307	0.161	0.528	44.49
叶 Leaves	53.10	472.2	74.90	31.08	20.19	10.84	0.383	3.221	82.26
枝 Branches	35.18	223.0	24.82	20.36	11.94	2.542	0.451	2.154	56.52
籽 Seeds	92.40	121.9	34.91	77.59	7.414	1.282	1.001	1.516	31.54

氨基酸、钙、镁、铁、锌、铜、锰元素;(3)沙棘枝中含有丰富的蛋白质、总氨基酸、钙、铁、锌、铜、锰元素;

(4)沙棘籽中含有丰富的蛋白质、总氨基酸、不饱和脂肪酸(主要是 α -亚麻酸)、铁、铜、锰元素。

表10 玉树沙棘不同部位中营养成分的营养质量指数

Table 10 INQ of nutritional components in different parts of Yushu Hippophae

样品部位 Sample parts	蛋白质 Protein	粗脂肪 Crude fat	碳水化合物 Carbohydrate	总糖 Total sugars	总氨基酸 Total amino acid	维生素 C Vitamin C
果实 Fruits	0.66	0.23	0.26	0.51	1.45	20.3
叶 Leaves	1.94	0.04	0.36	0.07	1.37	0.95
枝 Branches	1.57	0.02	0.39	0.03	1.08	-
籽 Seeds	2.13	0.12	0.27	0.04	1.49	0.71

注: -:未检出。

Note: -:undetected.

表11 玉树沙棘籽中脂肪酸的营养质量指数

Table 11 INQ of fatty acids in seeds of Yushu Hippophae

样品部位 Sample parts	亚油酸 linoleic acid	α -亚麻酸 α -Linolenic acid	饱和脂肪酸 saturated fatty acid	不饱和脂肪酸 unsaturated fatty acid
籽 Seeds	0.84	8.62	0.47	5.20

表12 玉树沙棘不同部位中各矿物质元素的营养质量指数

Table 12 INQ of various mineral elements in different parts of Yushu Hippophae

样品部位 Sample parts	钾 K	钙 Ca	钠 Na	镁 Mg	铁 Fe	锌 Zn	铜 Cu	锰 Mn	磷 P
果实 Fruits	0.71	0.65	0.41	0.83	18.49	3.15	3.43	2.00	1.05
叶 Leaves	0.19	4.24	0.15	1.63	12.10	6.24	3.44	5.15	0.82
枝 Branches	0.13	2.11	0.10	0.57	7.52	1.54	4.26	3.62	0.59
籽 Seeds	0.30	0.99	0.33	0.69	4.00	0.66	8.10	2.18	0.28

3 结论与讨论

3.1 本研究对青海玉树沙棘不同部位中的各营养成分进行综合分析。(1)蛋白质含量高是衡量食物营养价值的重要指标之一,青海玉树沙棘中各部位的蛋白质丰富,除果实外,沙棘其他各部位蛋白质

含量为15%左右;氨基酸种类丰富,在沙棘的不同部位中均检出17种氨基酸,其中,脂肪族氨基酸占主要部分,约占总氨基酸的77%,芳香族氨基酸约占10%,吡咯族氨基酸约占3%。在所有氨基酸中,含量排前两位的是天门冬氨酸和谷氨酸,二者是具有明显鲜味特性的氨基酸,其较高的蛋白质和丰富

的氨基酸使得沙棘作为副食可为人体提供必需的蛋白质营养;(2)青海玉树沙棘果实富含维生素 C,具有健脑强身、抗氧化、促使钙、铁吸收等功效;沙棘果实、叶和枝中的黄酮类化合物以芦丁为主,沙棘籽中的黄酮类化合物以山柰酚为主,它们都是抗氧化剂,可有效清除体内的氧自由基,阻止细胞退化、衰老和癌症的发生;原花青素主要存在于沙棘籽中,同样是一种新型高效抗氧化剂,是目前为止所发现的最强效的自由基清除剂,具有非常强的体内活性;(3)沙棘不同部位均含有草酸、苹果酸、抗坏血酸,其中均以苹果酸为主,在沙棘果实和叶中约占 80%,在籽中约占 40%;齐墩果酸主要存在于沙棘果实和枝中,而熊果酸在沙棘的果实、叶、枝中均有分布。有机酸类物质是沙棘果汁中的一种重要营养成分,它能够促进食欲、帮助消化,对人体健康非常有益,所含有有机酸的种类及含量与其品质和风味密切相关;

玉树沙棘籽中含量前三位的脂肪酸分别是 α -亚麻酸、油酸、亚油酸,脂肪酸参与构成脑组织和身体细胞膜,保证身体各个细胞的功能正常发挥;(4)青海玉树沙棘不同部位富含各种矿物质元素,这些矿物质元素被人体吸收后,能够很好的促进人体发育,具有较高的食用价值。K、Ca、Mg、Fe、Cu、Zn、Mn 等对心肌功能、调节血糖、血脂代谢与稳定等方面起着至关重要的作用。青海玉树沙棘不同部位中 K 含量均比 Na 含量高,属于典型的高钾低钠植物,对于预防高血压、冠心病具有积极作用。

3.2 以往研究的均是来源于西藏、新疆、陕西等产地的沙棘营养成分分析^[5-8],未见有关青海玉树沙棘的不同部位营养成分分析的文献报道。本文将青海玉树沙棘与新疆、陕西等产地的沙棘不同部位的营养成分进行比较,数据及单位已经换算一致,见表 13~表 14。

表 13 不同产地的沙棘各部位中常规营养成分的含量(鲜重 mg/100 g)

Table 13 Contents of routine nutritional components in different parts of Hippophae from different producing areas (Fresh weight mg/100 g)

样品部位 Sample parts	产地 Producing areas	粗纤维 ^a Crude fiber ^a	蛋白质 ^a Protein ^a	总氨基酸 ^a (以干计) Total amino acids ^a (dry weight)	类胡萝卜素 Carotenoids	总黄酮 Total flavonoids	维生素 C Vitamin C	脂肪酸 ^a Fatty acids ^a
果实 Fruits	青海 Qinghai	2.93	2.52	6.89	34.1	0.57	1430	-
	新疆 Sinkiang	-	2.51	7.87	-	1.31	1300	-
	吉林 Jilin	-	-	1.63	19.2	-	1214	-
	陕西 Shanxi	-	0.61	5.10	-	-	971.1	-
	内蒙古 Inner Mongol	-	1.55	5.04	10.32	-	750.3	-
叶 Leaves	山西 Shanxi	16.3	14.6	-	29.0	-	129.1	-
	陕西 Shanxi	8.22	17.1	19.77	19.1	-	45.19	-
	江苏 Jiangsu	14.7	17.7	14.65	-	-	177.2	-
	青海 Qinghai	13.2	17.5	15.41	13.9	2.10	158.8	-
籽 Seeds	青海 Qinghai	11.8	21.4	18.63	1.88	126.0	132.0	74.59
	甘肃 Gansu	22.5	27.3	23.54	-	-	-	57.00
	新疆 Sinkiang	-	23.0	22.54	-	-	-	68.80

注:^a 单位:鲜重 g/100 g; -:没有数据。

Note:^a Unit: Fresh weight g/100 g; -: no data.

表 14 不同产地的沙棘各部位中各种矿物质元素的含量(鲜重 mg/100 g)

Table 14 Contents of various mineral elements in different parts of Hippophae from different producing areas (Fresh weight mg/100 g)

样品部位 Sample parts	产地 Producing areas	钾 K	钠 Na	钙 Ca	铁 Fe	锰 Mn	镁 Mg	锌 Zn	铜 Cu	磷 P
果实 Fruits	青海 Qinghai	83.25	36.01	30.64	13.00	0.53	16.02	2.31	0.161	44.49
	宁夏 Ningxia	-	-	-	2.56	0.05	-	0.16	0.04	-
	新疆 Sinkiang	-	-	90.0	0.138	0.60	39.0	0.114	0.255	36.0

续表 14 (Continued Tab. 14)

样品部位 Sample parts	产地 Producing areas	钾 K	钠 Na	钙 Ca	铁 Fe	锰 Mn	镁 Mg	锌 Zn	铜 Cu	磷 P
叶 Leaves	内蒙古 Inner Mongol	194.3	36.48	15.2	2.66	0.22	11.0	0.23	0.16	-
	山西 Shanxi	160.0	39.0	9.00	1.60	0.08	95.0	0.15	0.07	-
	山西 Shanxi	-	-	2630	54.4	8.45	-	-	0.93	10.0
	陕西 Shanxi	-	-	1370	53.39	9.62	196.8	25.69	1.108	155.0
	江苏 Jiangsu	1017.6	208.6	677.8	31.36	3.43	302.1	2.71	1.286	247.2
籽 Seeds	青海 Qinghai	53.10	31.08	472.2	20.19	3.22	74.90	10.84	0.383	82.26
	青海 Qinghai	92.40	77.59	121.9	7.41	1.52	34.91	1.28	1.001	31.54
	甘肃 Gansu	-	-	123.8	7.30	1.50	-	2.75	0.905	-
	山西 Shanxi	205.1	-	35.85	1.46	0.405	38.25	0.72	0.300	-

注: -:没有数据。

Note: -:no data.

由数据分析结果显示:(1)沙棘果实营养成分比较:青海沙棘果实富含蛋白质、氨基酸、类胡萝卜素、维生素 C、钾、钠、钙、铁、锰、锌、铜,新疆沙棘果实富含蛋白质、氨基酸、总黄酮、维生素 C、钙、镁、锰、铜,吉林沙棘果实富含类胡萝卜素、维生素 C,陕西沙棘果实富含氨基酸、维生素 C,内蒙古沙棘果实富含氨基酸、钾、钠、铁、铜,山西沙棘果实富含钾、钠、镁;(2)沙棘叶营养成分比较:山西沙棘叶富含纤维、蛋白质、类胡萝卜素、钙、铁、锰,陕西沙棘叶富含蛋白质、氨基酸、钙、铁、锰、锌、镁、铜、磷,江苏沙棘叶富含纤维、蛋白质、氨基酸、钾、钠、镁、铜、磷,青海沙棘叶富含纤维、蛋白质、氨基酸、总黄酮、钙、锌、磷;(3)沙棘籽营养成分比较:青海和甘肃沙棘籽富含纤维、蛋白质、氨基酸、脂肪酸、钙、铁、锰、锌、铜,新疆沙棘籽富含蛋白质、氨基酸、脂肪酸,山西沙棘籽富含钾、镁。

参考文献

- Lian Y. New discoveries of the genus *Hippophae* L[J]. *Acta Phytotaxon Sin*, 1988, 26:235-237.
- Hu JJ(胡洁婷). Development present situation and development prospect of *Hippophae* resources[J]. *Gansu Sci Technol* (甘肃科技) 2012, 28:143-144.
- Xie Z, Kometiani P, Liu J. Intracellular reactive oxygen species mediate the linkage of Na/K-ATPase to hypertrophy and its marker genes in cardiac myocytes[J]. *Biol Chem*, 1999, 274:19323-19328.
- Miyazawa M. Antimutagenic activity of gogantol from *dendrobium nobile*[J]. *J Agr Food Chem*, 1997, 45:2849.
- Liu M(柳梅), Ren X(任璇), Yao YJ(姚玉军) et al. An-

tioxidant and *in vitro* hypoglycemic activities of polyphenol in sea buckthorn leaves[J]. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发) 2017, 29:1013-1019.

- Zhang YH(张义海), Hao CL(郝彩璐). Analysis of nutritional components of Seabuckthorn leaves and alfalfa in Russia[J]. *Chinese Livestock Seed Ind* (中国畜禽种业) 2012, (3):36-38.
- Tu XN(土小宁), Shi LF(史玲芳). Nutrient analysis of Seabuckthorn fruits from different species planted in the middle loess plateau[J]. *Int Seabuckthorn Res Dev* (国际沙棘研究与开发) 2007, 5:5-8.
- Kang J(康健), Wang AQ(王爱芹), Gu JJ(顾晶晶) et al. Analysis of processing performance and main nutritional components of Seabuckthorn in Xinjiang[J]. *Food Sci* (食品科学) 2009, 30:99-102.
- Fan GH(樊光辉), Ma YL(马玉林). Proximate nutrients of 4 shrubs in Qinghai[J]. *J Northwest Forestry Univ* (西北林学院学报) 2010, 25:138-139.
- Tan L(谭亮), Ji T(冀恬), Geng DD(耿丹丹) et al. Accelerated solvent extraction and determination of polysaccharides in 16 alpine plants from Qinghai[J]. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发) 2014, 26:1992-1999.
- Kang BS(康保珊), Zhao WE(赵文恩), Jiao FY(焦凤云) et al. The affect of the total carotenoids by using different extraction solvent systems[J]. *Sci Technol Food Ind* (食品工业科技) 2007, 28:84-86.
- Chen C(陈晨), Wen HX(文怀秀), Zhao XH(赵晓辉) et al. Determination of oligomeric proanthocyanidins in *Lycium Ruthenicum* Murr. pigment[J]. *Chinese J Spectro Lab* (光谱实验室) 2011, 28:1767-1769.

(下转第 899 页)

- 36 Hafeez BB *et al.* α -Mangostin: A dietary antioxidant derived from the pericarp of *Garcinia mangostana* L. inhibits pancreatic tumor growth in xenograft mouse model [J]. *Antioxidants Redox Signal* 2014 21:682-699.
- 37 Yuan JT *et al.* α -mangostin suppresses lipopolysaccharide-induced invasion by inhibiting matrix metalloproteinase-2/9 and increasing E-cadherin expression through extracellular signal-regulated kinase signaling in pancreatic cancer cells [J]. *Oncol Lett* 2013 5:1958-1964.
- 38 Kurose H *et al.* Alterations in cell cycle and induction of apoptotic cell death in breast cancer cells treated with α -mangostin extracted from mangosteen pericarp [J]. *J Biomed Biotechnol* 2012 672428.
- 39 Chitchumroonchokchai C *et al.* Anti-tumorigenicity of dietary α -mangostin in an HT-29 colon cell xenograft model and the tissue distribution of xanthenes and their phase II metabolites C [J]. *Molecul Nutri Food Res* 2013 57:203-211.
- 40 Ahmat N *et al.* Bioactive xanthenes from the pericarp of *Garcinia mangostana* [J]. *Middle East J Sci Res* 2010 6:123-127.
- 41 Chang HF *et al.* Antitumour and free radical scavenging effects of γ -mangostin isolated from *Garcinia mangostana* pericarps against hepatocellular carcinoma cell [J]. *J Pharm Pharmacol* 2013 65:1419-1428.
- 42 Wang JJ *et al.* Cytotoxic effect of xanthenes from pericarp of the tropical fruit mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.) on human melanoma cells [J]. *Food Chem Toxicol* 2011 49:2385-2391.
- 43 Yu LM *et al.* Immunomodulatory and anticancer activities of phenolics from *Garcinia mangostana* fruit pericarp [J]. *Food Chem* 2009 116:969-973.
- 44 Fu MQ *et al.* A new xanthone from the pericarp of *Garcinia mangostana* [J]. *Nat Prod Commun* 2013 8:1733-1734.
- 45 Wang AQ *et al.* Identification of hepatoprotective xanthenes from the pericarps of *Garcinia mangostana* guided with tert-butyl hydroperoxide induced oxidative injury in HL-7702 cells [J]. *Food Function* 2015 6:3013-3021.
- 46 Mizushima Y *et al.* Inhibitory effects of α -mangostin on mammalian DNA polymerase, topoisomerase, and human cancer cell proliferation [J]. *Food Chem Toxicol* 2013 59:793-800.
- 47 Al-Massarani SM *et al.* Phytochemical, antimicrobial and antiprotozoal evaluation of *Garcinia mangostana* pericarp and α -mangostin, its major xanthone derivative [J]. *Molecules* 2013 18:10599-10608.
- 48 Wang SN *et al.* Natural xanthenes from *Garcinia mangostana* with multifunctional activities for the therapy of Alzheimer's disease [J]. *Neurochem Res* 2016 41:1806-1817.
- 49 Horiba T *et al.* Alpha-mangostin promotes myoblast differentiation by modulating the gene-expression profile in C2C12 cells [J]. *Biosci Biotechnol Biochem* 2014 78:1923-1929.
- 50 Atluri N *et al.* Modulation of pro-inflammatory genes by α -mangostin from *Garcinia mangostana* [J]. *Int J Pharm Sci Invention* 2014 3(5):23-29.
- 51 Buelna-Chontal M *et al.* Protective effect of α -mangostin on cardiac reperfusion damage by attenuation of oxidative stress [J]. *J Med Food* 2011 14:1370-1374.
- 52 Matsuura N *et al.* γ -mangostin from *Garcinia mangostana* pericarps as a dual agonist that activates both PPAR α and PPAR δ . *Biosci Biotechnol Biochem* 2013 77:2430-2435.
- 53 Zheng XC *et al.* Study on anti-lipopolysaccharide compounds from *Garcinia mangostana* L. [J]. *J Chongqing Univ Technol Nat Sci* 2011 25(4):33-39.

(上接第 816 页)

- 13 Liu YR (刘亚荣). Simultaneous HPLC determination of quercetin, kaempferide and isorhamnetin in Shaji ointment [J]. *Chin J Pharm Anal* (药物分析杂志) 2008 28:759-761.
- 14 Liu SY (刘树英) Zheng T (郑涛) Liu JN (刘俊男) *et al.* Comparative study on the methods of extracting flavonoids from Seabuckthorn [J]. *J Anhui Agri Sci* (安徽农业科学) 2009 37:11551-11552.
- 15 Lu M (陆敏) Zhang SY (张绍岩) Zhang WN (张文娜) *et al.* Simultaneous determination of seven organic acids in Seabuckthorn juice by HPLC [J]. *Food Sci* (食品科学) 2012 33:235-237.
- 16 Teng XP (滕晓萍) Wang HH (王宏昊) Hua SZ (花圣卓) *et al.* HPLC method in determining the content of oleanolic acid and ursolic acid in the organs of *Hippophae rhamnoides* [J]. *Int Seabuckthorn Res Dev* (国际沙棘研究与开发) 2013 11:1-3.
- 17 Cheng YY (程义勇). A brief introduction to the revised edition about "reference intake of dietary nutrients for Chinese residents" in 2013 [J]. *Acta Nutr Sin* (营养学报) 2014 36:313-317.