

红心火龙果籽的营养成分分析

江鑫, 曹君*, 白新鹏, 李川, 曹忠艳, 冯璋

海南大学食品学院生物活性物质与功能食品开发重点实验室, 海口 570228

摘要:以海南省东方市红心火龙果为研究对象, 优化分离出果籽, 测定果籽中的营养成分, 并与白心火龙果籽进行对比研究, 为火龙果加工中副产物的开发利用提供科学参考。红心火龙果籽-80 °C 冷冻干燥后, 其水分、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、灰分及碳水化合物含量依次为: 6.48, 24.84, 31.79, 13.38, 2.58 g/100 g 和 20.39 g/100 g 果籽。高效液相色谱检测到果籽中含有丰富的 α -生育酚和 γ -生育酚, 含量分别为 5.78 mg/100 g 和 10.50 mg/100 g 果籽。此外果籽中含有丰富的不饱和脂肪酸(占脂肪酸总含量的 75.23%)和多种人体所需的必需氨基酸(占氨基酸总含量的 26.62%)。研究结果为火龙果籽在食品、药品及日化用品中的应用提供数据支持。

关键词: 火龙果籽; 脂肪酸; 氨基酸; 生育酚

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2018.2.010

Analysis of Nutritional Composition in Red Pitaya Seed

JIANG Xin, CAO Jun*, BAI Xin-peng, LI Chuan, CAO Zhong-yan, FENG Cheng

College of Food Science and Technology, Key Laboratory of Biological Active Substances and Functional Food Development, Hainan University, Haikou 570228, China

Abstract: Red pitaya from Dongfang city in Hainan province were selected to analyze nutritional composition of seeds. Combined with results of white pitaya seeds, it is significant for the development and utilization of by-products in the processing of pitaya. The basic indicators are tested by National standard method. The contents of water, crude protein, crude fat, Crude fiber, ash and starch were 6.48, 24.84, 31.79, 13.38, 2.58 g/100 g and 20.39 g/100 g in fruit seeds after freezing drying at -80 °C. High performance liquid chromatography (HPLC) analysis showed that the fruit seeds were rich in α -tocopherol and γ -tocopherol, the contents were 5.78 mg/100 g and 10.50 mg/100 g in fruit seeds. In addition, the fruit seeds are rich in unsaturated fatty acids (75.23% of the total fatty acids) and the essential amino acids required for a variety of human beings (26.62% of the total amino acids). The results provided a theoretical basis for the application of pitaya in food, medicine and daily chemical products.

Key words: Pitaya seeds; fatty acids; amino acids; tocopherols

火龙果, 果皮颜色鲜红艳丽, 果肉清甜爽口, 是一种深受大家喜爱的热带水果。其原产于中美洲的热带、亚热带, 在亚洲主要分布于越南和中国台湾, 目前我国广东、广西、海南、云南、贵州等地也进行了大规模的引种植^[1]。市面上红色果皮白色果肉与红色果皮深红色果肉两种品种比较常见。

火龙果籽即为镶嵌在火龙果果肉中的种仁, 形状类似黑芝麻。人们在直接食用火龙果时, 通常会将果籽连同果肉一同食用, 但在加工生产果汁、果酒、果醋等饮料时会产生大量的副产物, 其中包含果

籽, 如果被遗弃是一种对资源的大量浪费^[2]。研究报告, 火龙果籽含有较高含量的不饱和脂肪酸^[3-6], 及多种氨基酸^[7]。此外, 火龙果籽油对 HepG-2、HT-29 人体癌细胞的增殖具有显著性、持续性的抑制作用^[8]。

海南省东方市有大面积的红心火龙果种植, 年产量较高, 因而其加工副产物果籽产量也相对较高。因此, 本文系统地研究比较红心火龙果籽与白心品种之间的营养成分差异, 以期将存在于果渣中的果籽利用起来, 为火龙果籽的进一步加工利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品准备

新鲜成熟的红皮红肉型火龙果, 产于 2016 年,

收稿日期: 2017-09-11 接受日期: 2017-11-15

基金项目: 校企合作项目(HD-KYH-2016007); 海南大学科研启动基金项目(kyqd1608)

* 通信作者 E-mail: juncaoyd2007@126.com

由海南省东方市,北纬十八度果业有限责任公司提供。火龙果洗净,滤干,去皮,将果肉打浆,静置,分离得到含有粘膜的粗果籽。粗果籽中加入适量果胶酶和纤维素酶以去除果籽表面的粘膜,得到干净的湿果籽。将湿果籽置于-80℃冷冻干燥后,于干燥器中保存,使用前需将其粉碎,过80目筛。

1.2 实验试剂

色谱纯正己烷、甲醇和四氢呋喃;氯仿、石油醚、乙酸甲酯、甲醇钠、草酸、无水硫酸钠等均为分析纯;超纯水;脂肪酸甲酯标准品 GLC-463 购自美国 Nu-Chek-Prep 公司,生育酚标准品购于 Stanford Chemicals;果胶酶、纤维素酶购于上海源叶生物科技有限公司。

1.3 仪器与设备

Agilent 7890A 气相色谱仪:带全自动进样器与 FID 检测器、Agilent 1260 高效液相色谱仪:带 FLD 检测器、HITACH L-8900 氨基酸分析仪、快速水分测定仪、石墨消解仪、全自动凯氏定氮仪、粗脂肪测定仪、粉碎机、精密天平、离心机、氮吹仪、数显调速多用振荡器、水浴摇床、纯水制备机、涡旋仪等。

1.4 基本营养成分的测定

水分含量测定:恒温干燥法(采用 GB5009.3-2010 方法)以及快速水分测定仪检测;粗蛋白含量测定:凯氏定氮法(采用 GB5009.5-2010 方法);粗脂肪含量测定:索氏抽提法(采用 GB/T 14772-2008 方法);淀粉含量的测定:酸水解法(采用 GB/T5009.9-2008 方法测定)。粗纤维的测定:使用植物类食品粗纤维的测定方法(采用国标 GB/T5009.10-2003 方法测定)。灰分的测定:灼烧法(采用 GB5009.4-2016 方法测定)。

1.5 氨基酸组成及含量的测定

采用日本 HITACH L-8900 氨基酸分析仪,用标准蛋白水解法处理样品,即称取样品 50~100 mg,用 6 mol/L 盐酸在氮气保护下于 110℃水解 22 h。

测定条件参照杨旭昆等的方法^[9]:分离柱(4.6 mm×60.0 mm),柱温为 57℃,反应器温度为 136℃,洗脱溶液流速为 0.40 mL/min,茚三酮溶液流速为 0.35 mL/min,进样量为 20 μL。由于采用酸水解法处理样品,因此本研究不考虑色氨酸的测定。

1.6 脂质的提取

采用氯仿-甲醇萃取法提取果籽中的脂质^[10]。取适量果籽粉,加蒸馏水 2 mL,震荡,让样品充分湿润,再加入 10 mL 氯仿-甲醇混合液(1:1,v/v),震荡

60 min,充分浸提,过滤后加 2 mL 蒸馏水振荡 30 min 后,离心分离,取下层溶解脂肪的氯仿层,氮气吹干得总脂肪。

1.7 脂肪酸组成及含量的测定

采用碱法甲酯化^[10]:取适量脂肪加入 1.5 mL 的正己烷和 40 μL 乙酸甲酯,再加入 100 μL 甲醇钠-甲醇(0.5N)溶液,在 37℃下反应 20 min,然后置-20℃下冷冻 10 min,取出后迅速加入 60 μL 的草酸,离心取上清液,并将清液通过无水硫酸钠柱以除去其中的水分,氮气吹干,加正己烷,进行气相色谱分析。

气相色谱条件^[11]:FID 检测器,1 μL 自动进样;色谱柱采用熔融石英毛细管柱(100 m×0.25 mm×0.2 μm,GP-Sil 88,Chrompack;Agilent,USA);载气为 H₂,燃烧气为 N₂、H₂ 和空气;进样口的温度为 250℃,压力为 24.52 psi,总流量为 29.4 mL/min;炉温为程序升温:45℃时保持 4 min,然后以 13℃/min 的升温速率将温度升至 175℃保持此温度 27 min,后以 4℃/min 的升温速率将温度升至 215℃保持 35 min,总测定时间为 86 min;检测器的温度为 250℃,氢气流速为 30.0 mL/min;空气流速为 300 mL/min;氮气流速为 30.0 mL/min。脂肪酸的分析采用 Agilent Chemstation 软件对气相色谱数据进行分析处理,通过与脂肪酸甲酯标准对照,采用面积归一化法确定脂肪酸的百分含量(以峰值面积的百分比表示)。

1.8 生育酚组成及含量的测定

生育酚的提取参照张兵^[12]关于小扁豆中活性成分的提取方法并做部分调整。称取 3g 火龙果籽粉置于 50 mL 的带盖塑料离心管中,加入 30 mL 正己烷-异丙醇溶液(3:2,v/v),充分涡流后置于振荡器中震荡 5 h,然后在 4200 转/min 条件下离心 10 min,收集上清液。向残渣中再次加入 10 mL 正己烷,并用上述相同方法重复提取两次至溶液无色。合并上清液用氮气吹干后,定容于 1 mL 四氢呋喃溶液中,过 0.2 μm PTFE 滤膜注入进样瓶中,使用反相高效液相色谱法进行测定火龙果籽中的生育酚组成及含量。

取适量四种生育酚(α-VE,β-VE,γ-VE 及 δ-VE)标准品定容于四氢呋喃溶液中,震荡混匀,以便定性研究。配置浓度梯度的标准品溶液,绘制标准曲线,以便对果籽中生育酚含量的定量计算。

液相色谱条件参照 Grebenstein 等人^[13]的方法

做部分调整。PhenomenexKinetex™ PFP 色谱柱 (2.6 μm , 150 mm \times 4.6 mm), 流动相为甲醇与超纯水, 体积比为 89:11, 流速 0.8 mL/min, 进样量 3 μL , 荧光检测器 (FLD) $\lambda_{\text{ex}} = 295 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{em}} = 325 \text{ nm}$; 洗脱时间 20 min。

1.9 数据分析与处理

每个指标平行测定至少两次。数据以均值 \pm 标准偏差 (mean \pm sd) 的形式表示。

2 结果与分析

表 1 火龙果籽的基础营养成分 (g/100 g 籽)

Table 1 The main nutritional composition in seeds of red pitaya and white pitaya (g/100 g seed)

基础成分 Main nutritional composition	红心火龙果籽 Red Pitaya seed	白心火龙果籽 ^[14] White Pitaya seed ^[14]
水分 Water content	6.48 \pm 0.45	5.80
粗蛋白 Crude protein	24.84 \pm 1.23	22.06
粗脂肪 Crude fat	31.79 \pm 1.19	32.02
淀粉 Starch	20.39 \pm 0.66	21.03
粗纤维 Crude fiber	13.38 \pm 0.45	10.35
灰分 Ash	2.59 \pm 0.17	3.18

注:表中白心火龙果籽的数据引用潘艳丽等^[14]的研究结果。

Note: White dragon fruit seeds data in the table was from reference^[14].

2.2 火龙果籽的氨基酸含量比较

图 1 为红心火龙果籽的氨基酸图谱, 各氨基酸对应的峰分离效果较好, 共检测出 17 种氨基酸, 氨基酸的组成及含量见表 2 所示。

由表 2 可知, 红心火龙果籽氨基酸总量为 17342.14 mg/100 g 籽, 其中必需氨基酸的含量占氨基酸总含量的 27.53%, 占非必需氨基酸含量的 37.98%, 这与 WHO/FAO 提出的理想蛋白质人体必需氨基酸模式谱有一定差距 (理想中, 必需氨基酸占氨基酸总量的 40% 左右, 占非必需氨基酸的 60%

2.1 火龙果籽的基础营养成分比较

红心火龙果籽-80 $^{\circ}\text{C}$ 冷冻干燥后, 其水分, 粗蛋白, 粗脂肪, 粗纤维, 灰分及淀粉含量依次为: 6.48、24.84、31.79、13.38、2.59 和 20.39g/100 g 籽 (表 1)。结果表明: 本实验所研究的海南省东方市红心火龙果籽富含脂肪、蛋白质和淀粉, 对人体的营养有一定的补充作用。通过与潘艳丽等^[14]对越南白心火龙果籽研究结果进行对比, 发现红心火龙果籽中粗蛋白含量略高于白心火龙果籽, 粗脂肪和淀粉含量略低于白心火龙果籽。

以上^[15])。通过与潘艳丽等^[7]对越南白心火龙果籽研究结果进行对比, 发现红心火龙果籽中氨基酸总量低于白心火龙果籽 (17342.14 VS 18539.65 mg/100 g 籽), 但必需氨基酸的含量高于白心火龙果籽 (4772.81 VS 4520 mg/100 g 籽)。

红心火龙果籽中谷氨酸含量最高 (3963.29 mg/100 g 籽), 其次是精氨酸 (2420.31 mg/100 g 籽), 天冬氨酸 (1428.29 mg/100 g 籽) 及亮氨酸 (1136.70 mg/100 g 籽)。通过与潘艳丽等^[7]对越南白心火龙果籽研究结果进行对比, 发现红心与白心火龙

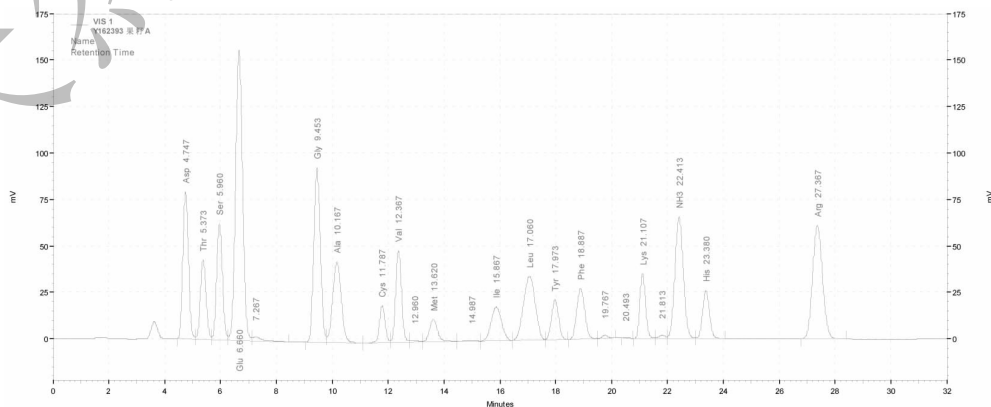


图 1 红心火龙果籽的氨基酸色谱图

Fig. 1 Chromatogram of amino acids in seed of red pitaya

表 2 火龙果籽的氨基酸组成及含量(mg/100 g 籽)

Table 2 Amino acids composition in seeds of red pitaya and white pitaya(mg/100 g seed)

氨基酸 Amino acids	红心火龙果籽 Red Pitaya seed	白心火龙果籽 ^[7] White Pitaya seed ^[7]
Asp 天冬氨酸	1428.29 ± 91.59	1610.53
Thr 苏氨酸*	639.01 ± 42.86	743.91
Ser 丝氨酸	797.88 ± 51.19	996.48
Glu 谷氨酸	3963.29 ± 409.30	4379.86
Gly 甘氨酸	917.22 ± 94.12	1069.45
Ala 丙氨酸	716.95 ± 52.00	698.21
Cys 半胱氨酸	278.55 ± 41.31	180.93
Val 缬氨酸*	736.72 ± 39.64	685.51
Met 蛋氨酸*	269.44 ± 95.00	415.17
Ile 异亮氨酸*	541.55 ± 47.43	544.88
Leu 亮氨酸*	1136.70 ± 103.00	988.44
Trp 色氨酸*	Blank	Blank
Tyr 酪氨酸	622.80 ± 102.64	848.80
Phe 苯丙氨酸*	837.68 ± 81.62	783.83
Lys 赖氨酸*	611.71 ± 19.59	359.09
His 组氨酸	591.36 ± 43.58	940.12
Arg 精氨酸	2420.31 ± 256.91	2423.73
Pro 脯氨酸	832.69 ± 53.91	870.71
Totals 总氨基酸	17342.14 ± 1625.70	18539.65
EAA 必需氨基酸	4772.81 ± 429.15	4520.83
NEAA 非必需氨基酸	12569.33 ± 1196.55	14018.82
EAA/Totals(%)	27.53	24.38
EAA/NEAA(%)	37.98	32.25

注: * 为必需氨基酸。色氨酸在酸水解的时候被破坏,所以含量在表中没有显示。表中白心火龙果籽的数据引用潘艳丽等^[7]的研究结果。

Note: * is the essential amino acids. Tryptophan is destroyed in acid hydrolysis, hence the content is not shown in the table. White dragon fruit seed's data in the table was from reference^[7].

果籽中氨基酸组成相同,各氨基酸含量略有差异;谷氨酸和精氨酸在两种火龙果籽中含量都较高;半胱氨酸与蛋氨酸在红心火龙果籽中含量较低;半胱氨酸和赖氨酸在白心火龙果籽中含量较低。

2.3 火龙果籽的脂肪酸含量比较

图 2 为红心火龙果籽的脂肪酸图谱,各脂肪酸对应的峰分离效果较好,共检测出 17 种脂肪酸,脂肪酸的组成及含量见表 3 所示。

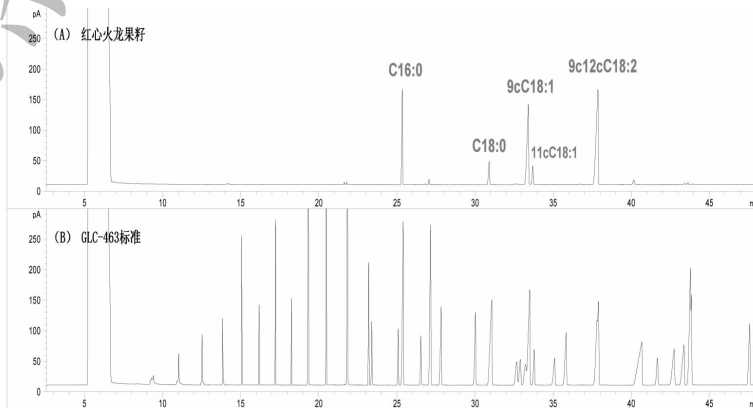


图 2 红心火龙果籽的脂肪酸气相色谱图

Fig. 2 Chromatogram of fatty acids in seed of red pitaya

表3 火龙果籽的脂肪酸组成及含量(占总脂肪酸的含量,%)

Table 3 Fatty acids composition in seeds of red pitaya and white pitaya (area %)

脂肪酸 Fatty acid	红心火龙果籽 Red Pitaya seed		红心火龙果籽 Red Pitaya seed ^[16]	白心火龙果籽 White Pitaya seed ^[16]	
	氯仿甲醇法提油 Chloroform methanol extraction	索式法提油 Soxhlet extraction	索式法提油 Soxhlet extraction	索式法提油 Soxhlet extraction	
C12:0	月桂酸 Lauric acid	nd	0.13 ± 0.01	nd	nd
C14:0	肉豆蔻酸 Myristic acid	0.22 ± 0.01	0.39 ± 0.13	0.20 ± 0.02	0.30 ± 0.01
C15:0	银杏酸 Ginkgo acid	nd	0.04 ± 0.02	nd	nd
C16:0	棕榈酸 Palmitic acid	15.85 ± 0.12	16.64 ± 0.68	17.90 ± 1.10	17.10 ± 0.78
9cC16:1	棕榈油酸 Palm oleic acid	0.82 ± 0.04	1.01 ± 0.22	0.91 ± 0.05	0.61 ± 0.01
C17:0	珠光脂酸 Pearllic acid	0.08 ± 0.00	0.10 ± 0.02	nd	nd
C18:0	硬脂酸 Stearic acid	5.24 ± 0.36	6.05 ± 0.09	5.49 ± 0.29	4.37 ± 0.24
9cC18:1	油酸 Oleic acid	26.66 ± 0.27	26.63 ± 0.09	21.60 ± 0.53	23.80 ± 0.14
11cC18:1	异油酸 Isoleic acid	3.91 ± 0.30	3.97 ± 0.12	3.14 ± 0.30	2.81 ± 0.10
9c12cC18:2 n-6	亚油酸 Linoleic acid	43.12 ± 1.16	39.76 ± 1.23	49.60 ± 0.33	50.10 ± 0.35
C20:0	花生酸 Arachidic acid	1.39 ± 0.07	1.44 ± 0.10	nd	nd
C18:3 n-3	α-亚麻酸 α-linolenic acid	0.43 ± 0.04	0.59 ± 0.19	1.21 ± 0.20	0.98 ± 0.10
C22:0	山嵛酸 Behenic acid	1.25 ± 0.05	1.35 ± 0.09	nd	nd
C20:3 n-3	花生三烯酸 Peanutrienic acid	0.11 ± 0.00	0.18 ± 0.08	nd	nd
C20:4 n-6	花生四烯酸 Arachidonic acid	0.18 ± 0.01	0.19 ± 0.00	nd	nd
C23:0	二十三碳烷酸 Tridecanoic acid	0.48 ± 0.04	1.12 ± 0.15	nd	nd
C24:0	木焦油酸 Wood tar acid	0.26 ± 0.01	0.41 ± 0.02	nd	nd
ΣSFA	饱和脂肪酸	24.77 ± 0.57	27.67 ± 0.75	23.60 ± 1.41	21.70 ± 1.03
ΣUFA	不饱和脂肪酸	75.23 ± 0.57	72.33 ± 0.75	76.40 ± 1.41	78.30 ± 0.70
ΣMUFA	单不饱和脂肪酸	31.39 ± 0.57	31.61 ± 0.20	25.60 ± 0.88	27.20 ± 0.25
ΣPUFA	多不饱和脂肪酸	43.84 ± 1.12	40.72 ± 0.95	50.80 ± 0.53	51.10 ± 0.45
	提油率(g/100 g 籽)	19.35 ± 1.36	31.79 ± 1.19	29.50 ± 1.30	32.00 ± 1.40

注:nd 表示没有检测到。本实验火龙果源于海南省东方市,文献火龙果源于马来西亚。

Note:nd means not detected. This Dragon fruit comes from Dongfang city, Hainan Province, that Dragon fruit in literature comes from Malaysia.

由表3可知,红心火龙果籽中不饱和脂肪酸(UFA)的含量高达75.23%。其中单不饱和脂肪酸(MUFA)的含量高达31.39%,主要归因于红心火龙果籽富含亚油酸(9c12cC18:2n-6,43.12%)、油酸(9cC18:1,26.66%)与异油酸(11cC18:1,3.91%)。此外,红心火龙果籽中棕榈酸(C16:0,16.64%)与硬脂酸(C18:0,6.05%)含量也较高。

本实验采用了两种方法进行籽油提取,结果显示:索式抽提法提油率比氯仿甲醇法高(31.79 VS 19.35g/100 g 籽),但是索式法破坏了籽油中的不饱和脂肪酸,尤其是亚油酸的含量。通过对比可知,索式法籽油中的亚油酸含量为39.76%,低于氯仿甲

醇法籽油中亚油酸的含量(43.12%)。因此,对于富含多不饱和脂肪酸(PUFA)的样品,氯仿甲醇法提油优于常规的索式提取法。潘艳丽等^[17]对比了几种提取方法对火龙果籽油不饱和脂肪酸的影响,结果显示超临界CO₂法、水酶法及微波水酶结合法都优于索式法。

Ariffin等^[16]对马来西亚的红心与白心火龙果籽油中的脂肪酸进行测定,共检测到8种脂肪酸。马来西亚的红心火龙果,其籽油中亚油酸(39.76% VS 49.60%)和α-亚麻酸(0.59% VS 1.21%)的含量高于我国海南东方的红心火龙果。但是,我国海南东方的红心火龙果,其籽油中油酸的含量更高

(26.63% VS 21.60%)。红心与白心两种火龙果比较,白心火龙果其籽油中不饱和脂肪酸(UFA)的含量更高,但红心火龙果籽的油脂含量要低于白心火龙果籽,与产地为马来西亚^[16,18]、比利时^[19]的研究结果一致。

2.4 火龙果籽的生育酚含量比较

图3为红心火龙果籽的生育酚图谱,各生育酚异构体对应的峰分离效果较好,仅检测出2种生育酚异构体,分别是 α -生育酚和 γ -生育酚,其含量见表4所示。

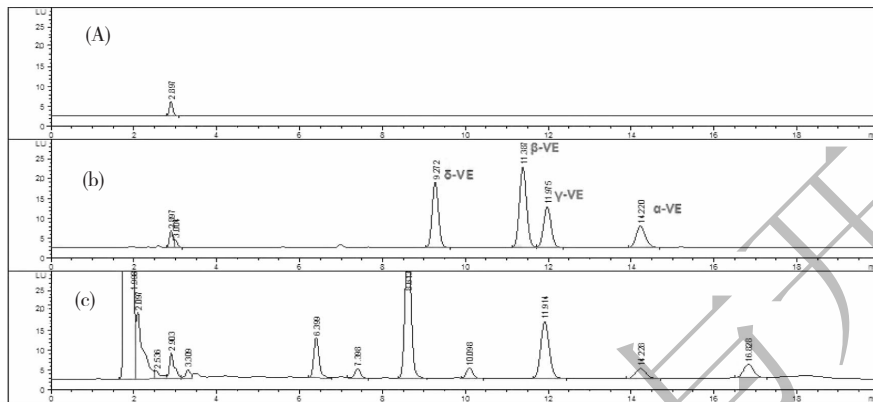


图3 红心火龙果籽的生育酚液相色谱图(A:纯溶剂,B:标准品,C:样品)

Fig. 3 Chromatogram of pure solvent (A), four tocopherol standards (B) and tocopherols in seed of red pitaya

表4 火龙果籽的生育酚组成及含量(mg/100 g 籽)

Table 4 Tocopherols composition in seeds of red pitaya and white pitaya (mg/100 g seed)

生育酚 Tocopherol	红心火龙果籽 Red pitaya seeds (mg/100 g 籽)	红心火龙果籽 ^[18] Red pitaya seed ^[18] (mg/100 g 油)	白心火龙果籽 ^[18] White pitaya seeds ^[18] (mg/100 g 油)	红心火龙果籽 ^[19] Red pitaya seed ^[19] (mg/kg 油)	白心火龙果籽 ^[19] White pitaya seed ^[19] (mg/kg 油)
α -VE	5.78 \pm 0.72	31.90 \pm 0.70	24.00 \pm 0.40	477.33 \pm 6.52	292.94 \pm 9.88
β -VE	nd	nd	nd	nd	nd
γ -VE	10.50 \pm 0.82	11.60 \pm 0.20	12.70 \pm 0.10	144.92 \pm 4.76	75.62 \pm 2.23
δ -VE	nd	nd	nd	34.65 \pm 5.48	38.70 \pm 0.24
Total	16.28 \pm 1.48	43.50 \pm 0.90	36.70 \pm 0.50	656.89 \pm 5.80	407.26 \pm 7.90

注:nd表示没有检测到。本实验火龙果源于海南省东方市,文献火龙果分别源于马来西亚和比利时。

Note:nd means not detected. This Dragon fruit comes from Dongfang city, Hainan Province, that Dragon fruit in the literature comes from Malaysia and Belgium.

本研究中红心火龙果籽富含 α -生育酚和 γ -生育酚,含量分别为5.78 mg/100 g 籽和10.50 mg/100 g 籽,总生育酚含量为16.28 mg/100 g 籽。根据籽中油脂含量约31.79%换算,该品种火龙果含有约51.21 mg/100 g 油的生育酚。故我国海南东方的红心火龙果籽油中生育酚的含量高于马来西亚(43.50 mg/100 g 油^[18]),低于比利时(65.69 mg/100 g 油^[19])的红心火龙果籽油。红心与白心两种火龙果比较,红心火龙果籽油中的生育酚含量高于白心火龙果籽油,故而红心火龙果籽油的抗氧化能力可能更强。

3 讨论与结论

火龙果籽主要是火龙果在加工果汁、果醋、果酒

等饮料过程中的副产物,实验结果显示果籽中脂肪及蛋白质含量较高,且含有丰富的人体必需氨基酸及多种不饱和脂肪酸,以及生育酚。因此,火龙果籽可以进行深度开发与利用,可减少浪费及对环境的污染。一方面火龙果籽营养丰富,可以作为膳食补充剂,用于食品加工中;一方面火龙果籽富含抗氧化物质,可以用于保健品及日化用品中。本研究为火龙果加工中副产物的开发利用提供了科学参考。

参考文献

- Li SF(李升锋), Liu XM(刘学铭), Shu N(舒娜), et al. Development and utilization of dragon fruit [J]. *Sci Technol Food Ind*(食品工业科技), 2003, 24(7): 88-90.
- Wang QL(王秋玲). The reserch of pitaya seeds [D]. Nan-

- ning;Guangxi University(广西大学),MSc. 2012.
- 3 Chen JW(谌金吾), Yang ZN(杨占南), Zhang XQ(张显强), *et al.* Fatty acids analysis of *Hylocereus polyrhizus* and *H. undatus* seeds[J]. *Seed*(种子), 2014, 33 (10): 32-36.
 - 4 Li SF(李升锋), Chen WD(陈卫东), Xiao GS(肖更生), *et al.* Study on fatty acid composition of Pitaya seed oil[J]. *Fujian Fruits*(福建果树), 2006, 2: 4-5.
 - 5 Deng CJ(邓楚津), Liu SC(刘书成), Tao LQ(陶柳清), *et al.* Optimization of extraction with the solvent method and physicochemical properties of pitaya seed oil[J]. *Sci Technol Food Ind*(食品工业科技), 2013, 34: 184-189.
 - 6 Zhao YL(赵亚丽), Ji XD(及晓东), Wu GC(吴国琛), *et al.* Study on the oil of white pitaya seed kernel extracted by microwave[J]. *Sci Technol Food Ind*(食品工业科技), 2010, 31: 284-285.
 - 7 Pan YL(潘艳丽), Rui HM(芮汉明), Lin CP(林朝朋). Analysis of fatty acids and amino acids in pitaya seed[J]. *Mod Food Sci Technol*(现代食品科技), 2004, 20(1): 83-84.
 - 8 Xu F(许凤), Dong DD(董迪迪), Zhou ZQ(周增群), *et al.* Study pitaya seed oil inhibiting cancer cell proliferation effect[J]. *J Chin Cereals Oils Assoc*(中国粮油学报), 2015, 6: 84-87.
 - 9 Yang XK(杨旭昆), Wang LX(汪禄祥), Liu YF(刘艳芳), *et al.* Composition comparison and nutritional evaluation of amino acids in 7 kinds of wild edible mushrooms from Yunnan province[J]. *J Food Safety Quality*(食品安全质量检测学报), 2016, 7: 3912-3917.
 - 10 Cao J(曹君), Li J(李静), Qin W(覃雯), *et al.* Determination of trans fatty acids in milk tea by gas chromatograph[J]. *Food Sci*(食品科学), 2011, 32: 159-163.
 - 11 Cao J(曹君). Oxidative patterns and kinetics of edible oils with different fatty acid compositions [D]. Nanchang: Nanchang University(南昌大学), PhD. 2015.
 - 12 Zhang B(张兵). Phytochemical composition, antioxidant activity and anti-inflammation activity of lentils(*Lens culinaris*) [D]. Nanchang: Nanchang University (南昌大学), 2014.
 - 13 Grebenstein N, Frank J. Rapid baseline-separation of all eight tocopherols and tocotrienols by reversed-phase liquid-chromatography with a solid-core pentafluorophenyl column and their sensitive quantification in plasma and liver[J]. *J Chromatogr A*, 2012, 1243(12): 39-46.
 - 14 Pan YL(潘艳丽), Rui HM(芮汉明), Lin CP(林朝朋). Determination and evaluation of pitaya seeds' nutritional components[J]. *J South China Univ Technol, Nat Sci*(华南理工大学学报, 自科版), 2004, 32(3): 41-43.
 - 15 Organization WH, University UN. Energy and protein requirements. WHO, 1985.
 - 16 Ariffin AA, Bakar J, Tan CP, *et al.* Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil[J]. *Food Chem*, 2009, 114: 561-564.
 - 17 Rui H, Zhang L, Li Z, *et al.* Extraction and characteristics of seed kernel oil from white pitaya[J]. *J Food Eng*, 2009, 93: 482-486.
 - 18 Lim HK, Tan CP, Karim R, *et al.* Chemical composition and DSC thermal properties of two species of *Hylocereus cacti* seed oil: *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus* [J]. *Food Chem*, 2010, 119: 1326-1331.
 - 19 Liaotrakoon W, De Clercq N, Van Hoed V, *et al.* Dragon fruit (*Hylocereus* spp.) seed oils: Their characterization and stability under storage conditions[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2013, 90: 207-215.

致谢:对以下合作单位参与本刊的学术建设表示由衷的感谢!

广西壮族自治区药用植物园

广西科学院

重庆市药物种植研究所

昆明医科大学药学院