

黑老虎果实的氨基酸组成及含量研究

漆小雪¹, 韦宇静¹, 李先斌², 刘成林³, 阳桂平⁴, 陈宗游¹

¹广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西 桂林

²融水苗族自治县同练瑶族乡农业技术推广站, 广西 融水

³桂林安特现代农业有限公司, 广西 桂林

⁴资源县资源林场, 广西 桂林

Email: qixiaoxue@126.com

收稿日期: 2021年2月23日; 录用日期: 2021年3月22日; 发布日期: 2021年3月31日

摘要

目的: 通过氨基酸组成及含量研究, 发掘黑老虎优良特性, 为黑老虎优良品种筛选奠定基础。方法: 采集广西植物研究所种质资源圃、桂林龙胜、湖南通道黑老虎成熟的果实, 对其果肉和果皮进行氨基酸组成成分、氨基酸总量进行分析。结果: 黑老虎果肉和果皮中必需氨基酸亮氨酸(Leu)、赖氨酸(Lys)含量较高, 非必需氨基酸谷氨酸(Glu)含量较高, 黑老虎的果皮氨基酸总量明显高于果肉, 但果肉的E/T, E/N和1973年FAO/WHO提出理想蛋白质的标准更接近, 黑老虎果皮和果肉的甜味氨基酸(SAA)丝氨酸、丙氨酸2种氨基酸含量较高, 黑老虎果皮的甜味氨基酸(SAA)苏氨酸、鲜味氨基酸谷氨酸(也有的称药用氨基酸)相对苹果、梨、葡萄、桃、橙含量较高。结论: 黑老虎果肉、果皮均含有人体所需的氨基酸, 既可以帮助人体增强免疫功能, 也可以作为水果鲜食, 是一种极具有开发前景的药食兼用保健水果。

关键词

黑老虎果, 必需氨基酸和非必需氨基酸, 氨基酸总量, E/T和E/N

Study on Amino Acid Composition and Contents of *Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith

Xiaoxue Qi¹, Yujing Wei¹, Xianbin Li², Chenglin Liu³, Guiping Yang⁴, Zongyou Chen¹

¹Guangxi Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangxi Zhuang Autonomous Region, Guilin Guangxi

²Agricultural Technology Extension Station of Tonglian Yao Township in Rongshui Miao Autonomous County, Rongshui Guangxi

³Guilin Ante Modern Agriculture Co., Ltd., Guilin Guangxi

⁴Ziyuan Forest Farm of Ziyuan County, Guilin Guangxi

Email: qixiaoxue@126.com

Abstract

Objective: Through the study of amino acid composition and content, the fine characteristics of *Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith were explored, which laid a foundation for the selection of fine varieties of black tiger. **Methods:** The mature fruits of *Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith in Guangxi Institute of Botany, Longsheng of Guilin and Tongdao of Hunan were collected. The composition and total amount of amino acids in the pulp and pericarp were analyzed. **Results:** Leucine and lysine were the essential amino acids in the pulp and pericarp of *Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith. The total amino acid content of *Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith was significantly higher than that of pulp, but the E/T, E/N of pulp were closer to the standard of ideal protein proposed by FAO/WHO in 1973. The content of sweet amino acid (SAA), serine and alanine of *Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith pulp and pericarp were higher, The content of sweet amino acid (SAA) threonine and delicious amino acid glutamic acid (also called medicinal amino acid in *Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith pericarp is higher than that in apple, pear, grape, peach and orange. **Conclusion:** The pulp and pericarp of in *Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith contain amino acids needed by human body, which can not only help human body enhance immune function, but also be used as fresh fruit. It is a kind of health fruit with great development prospect for both medicine and food.

Keywords

Fruits of *Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith, EAA and NEAA, TAA, E/T and E/N

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

黑老虎, 木兰科南五味子属植物绯红南五味, 学名: *Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith; 英名: *Kadsura*, 别名冷饭团、过山龙藤、大钻、人面果(广西龙胜)。常绿木质藤本野生药用植物和野生水果。

黑老虎果实无毒, 味美香甜, 且含有丰富的维生素及人体所需的氨基酸、微量元素, 作为新、特、优第三代水果已经逐渐走入国内市场, 且备受人们的青睐, 全国范围内已经掀起种植黑老虎热潮, 将其野生种进行人工驯化栽培, 且已经初具规模, 国内外对黑老虎研究已从根的药用价值扩展到果实的营养成分及保健价值[1]-[13]。

目前, 国内外虽然对黑老虎果实的营养成分和保健价值有一定的研究, 但至今未能筛选出开发前景较好的黑老虎优良品种, 为此, 我们对 2016 年以来采集的不同地区的黑老虎果皮、果肉的氨基酸组成及含量测定结果, 进行进一步分析比较, 发掘黑老虎优良特性, 为黑老虎优良品种筛选奠定基础。

2. 材料与方法

2.1. 材料

广西植物研究所种质资源圃、桂林龙胜、湖南通道黑老虎成熟的果实。

2.2. 方法

将黑老虎果实的果皮、肉、籽分离, 采用 GB/T5009.124-2003《食品中氨基酸的测定》方法检测其氨基酸含量。

2.3. 数据处理

应用 EXCEL2007 对其进行统计分析。

3. 结果与分析

氨基酸是组成蛋白质的基本单位, 在人体和食物蛋白质的 20 余中, 只有一部分可以在体内合成, 其余的则不能合成或合成速度不够快。不能合成或合成速度不够快的氨基酸, 必须有食物供给, 称为必需氨基酸, 能在体内合成的则称为非必需氨基酸, 除此之外, 还有条件必需氨基酸, 在合成氨基酸中用其它氨基酸作为碳的前体, 并且只限于某些特定器官, 合成最高速度可能是有限的, 并可能受发育和病理生理因素所限制。迄今, 已知人体的必需氨基酸有 9 种, Ile (异亮氨酸)、Leu (亮氨酸)、Lys (赖氨酸)、Met (蛋氨酸)、Phe (苯丙氨酸)、Thr (苏氨酸)、色氨酸、Val (缬氨酸)、His (组氨酸), 非必需氨基酸有 Asp (门冬氨酸)、天门冬酰胺、Glu (谷氨酸)、谷氨酰胺、Gly (甘氨酸)、Pro (脯氨酸)、Ser (丝氨酸)、Arg (精氨酸)、Cys (胱氨酸)、Ala (丙氨酸), 条件必需氨基酸有 Tyr (酪氨酸)和半胱氨酸[14]。

3.1. 黑老虎果肉氨基酸的组成及含量

3.1.1. 黑老虎果肉必需氨基酸组成及含量

由图 1 可看出, 不同植株必需氨基酸含量、不同种类的氨基酸含量差异很大, 苏氨酸(Thr)、蛋氨酸(Met)含量最低均为 0, 最高含量分别为 0.046%、0.012%, 平均值为 0.013%、0.004%, 异亮氨酸(Ile)最低含量为 0.001%, 几乎接近于 0, 最高含量为 0.034%, 平均含量为 0.011%, 缬氨酸(Val)、亮氨酸(Leu)、苯丙氨酸(Phe)、赖氨酸(Lys)、组氨酸(His)最低含量分别为 0.007%、0.010%、0.014%、0.012%、0.005%, 最高含量分别为 0.053%、0.058%、0.047%、0.057%、0.022%, 平均含量分别为 0.019%、0.024%、0.025%、0.021%、0.009%。在必需氨基酸中, 各种氨基酸平均含量从高到低依次是亮氨酸(Leu)-赖氨酸(Lys)-缬氨酸(Val)-苯丙氨酸(Phe)-苏氨酸(Thr)-组氨酸(His)-蛋氨酸(Met), 平均含量最高的是亮氨酸(Leu), 平均含量最低的是蛋氨酸(Met)。

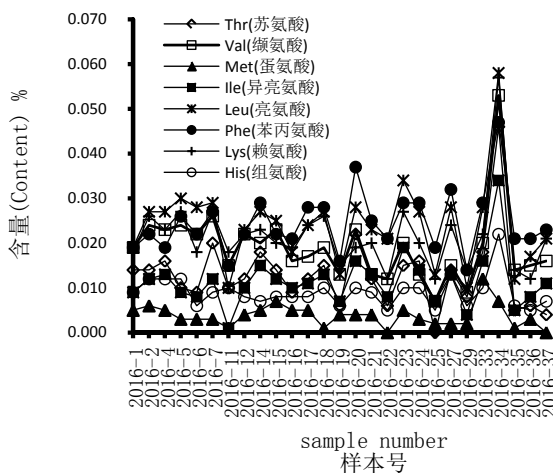


Figure 1. EAA content in pulp
图 1. 果肉必需氨基酸含量

3.1.2. 黑老虎果肉非必需氨基酸组成及含量

从图 2 可知,不同植株黑老虎果肉非必需氨基酸含量、不同种类的氨基酸含量差异很大,脯氨酸(Pro)、胱氨酸(Cys)含量最小值为 0.000%, 最大值分别为 0.034%、0.050%, 平均值分别为 0.008%, 0.009%, 精氨酸(Arg)含量最小值为 0.001%, 几乎接近于 0, 最大值为 0.042%, 平均值为 0.015%, 其它非必需氨基酸门冬氨酸(Asp)、丝氨酸(Ser)、谷氨酸(Glu)、甘氨酸(Gly)、丙氨酸(Ala)的最低含量分别为 0.005%、0.018%、0.024%、0.011%、0.011%, 最高含量分别为 0.032%、0.051%、0.060%、0.019%、0.047%, 平均含量分别为 0.190%、0.260%、0.300%、0.054%、0.360%, 非必需氨基酸的含量从高到低依次为谷氨酸(Glu)-丝氨酸(Ser)-丙氨酸(Ala)-甘氨酸(Gly)-门冬氨酸(Asp)-精氨酸(Arg)-胱氨酸(Cys)-脯氨酸(Pro), 平均含量最高的是谷氨酸(Glu), 平均含量最低的是脯氨酸(Pro)。

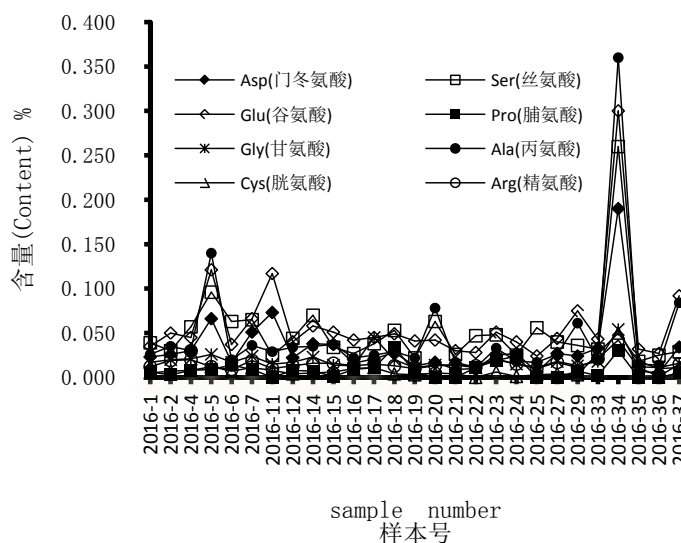


Figure 2. NEAA content in pulp
图 2. 果肉非必需氨基酸含量

3.1.3. 黑老虎果肉氨基酸总量、必需氨基酸和非必需氨基酸含量及 E/T, E/N 比值

从图 3、图 4 可以看出,黑老虎果肉氨基酸总量最高可以达到 1.610%, 最低 0.193%, 平均 0.378%, 其中必需氨基酸含量最高为 0.329%, 最低 0.049%, 平均 0.126%, 非必需氨基酸含量最高为 1.28, 最低为 0.093%, 平均 0.241%, 必需氨基酸与氨基酸总量之比(E/T)最高为 0.486, 最低为 0.201, 平均值为 0.362, 必需氨基酸与非必需氨基酸之比(E/N)最高为 1.044, 最低为 0.252, 平均值为 0.622, 和 1973 年 FAO/WHO 提出理想蛋白质的标准[15], 即必需氨基酸含量占氨基酸总量的 40%, 人体必需氨基酸含量占非必需氨基酸含量的 60%基本接近。

3.2. 黑老虎果皮氨基酸的组成及含量

3.2.1. 黑老虎果皮必需氨基酸组成及含量

由图 5 可看出,不同植株必需氨基酸含量、不同种类的氨基酸含量差异很大,蛋氨酸(Met)含量最低含量为 0.001%, 几乎接近于 0, 最高含量为 0.019%, 平均含量为 0.006%, 苏氨酸(Thr)、缬氨酸(Val)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)、苯丙氨酸(Phe)、赖氨酸(Lys)、组氨酸(His)最低含量分别为 0.015%、0.015%、0.009%、0.028%、0.029%、0.028%、0.009%, 最高含量分别为 0.043%、0.043%、0.028%、0.072%、0.061%、0.071%、0.210%, 平均含量分别为 0.029%、0.030%、0.018%、0.048%、0.043%、0.046%、0.038。在必

需氨基酸中, 各种氨基酸平均含量从高到低依次是亮氨酸(Leu)-赖氨酸(Lys)-苯丙氨酸(Phe)-组氨酸(His)-缬氨酸(Val)-苏氨酸(Thr)-蛋氨酸(Met), 平均含量最高的是亮氨酸(Leu), 平均含量最低的是蛋氨酸(Met)。

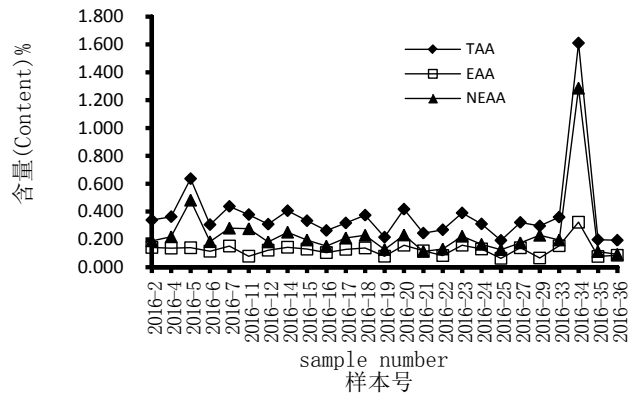


Figure 3. Total TAA, EAA and NEAA in pulp
图 3. 果肉氨基酸总量, 必需氨基酸和非必需氨基酸含量

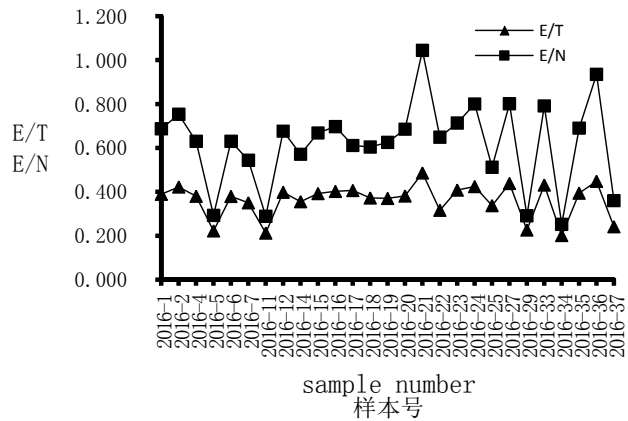


Figure 4. E/T and E/N in pulp
图 4. 果肉必需氨基酸/氨基酸总量和必需氨基酸/非必需氨基酸比值

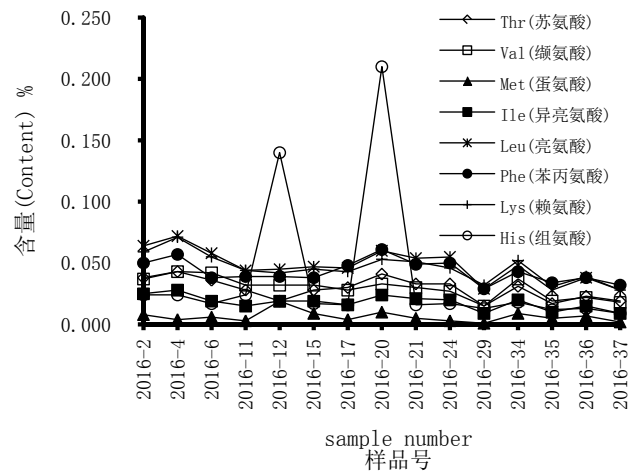


Figure 5. EAA content in pericarp
图 5. 果皮必需氨基酸含量

3.2.2. 黑老虎果皮非必需氨基酸组成及含量

从图6可知,不同植株黑老虎果皮非必需氨基酸含量、不同种类的氨基酸含量差异很大,胱氨酸(Cys)含量最小值为0.002%,最大值为0.023%、平均值分别为0.010%,其它非必需氨基酸门冬氨酸(Asp)、丝氨酸(Ser)、谷氨酸(Glu)、脯氨酸(Pro)、甘氨酸(Gly)、丙氨酸(Ala)、精氨酸(Arg)的最低含量分别为0.036%、0.036%、0.061%、0.007%、0.024%、0.027%、0.019%,最高含量分别为0.094%、0.102%、0.128%、0.053%、0.061%、0.097%、0.042%,平均含量分别为0.063%、0.062%、0.087%、0.027%、0.039%、0.051%、0.029%、,非必需氨基酸平均含量从高到低依次为谷氨酸(Glu)-门冬氨酸(Asp)-丝氨酸(Ser)-丙氨酸(Ala)-甘氨酸(Gly)-精氨酸(Arg)-脯氨酸(Pro)-胱氨酸(Cys),平均含量最高的是谷氨酸(Glu),平均含量最低的是胱氨酸(Cys)。

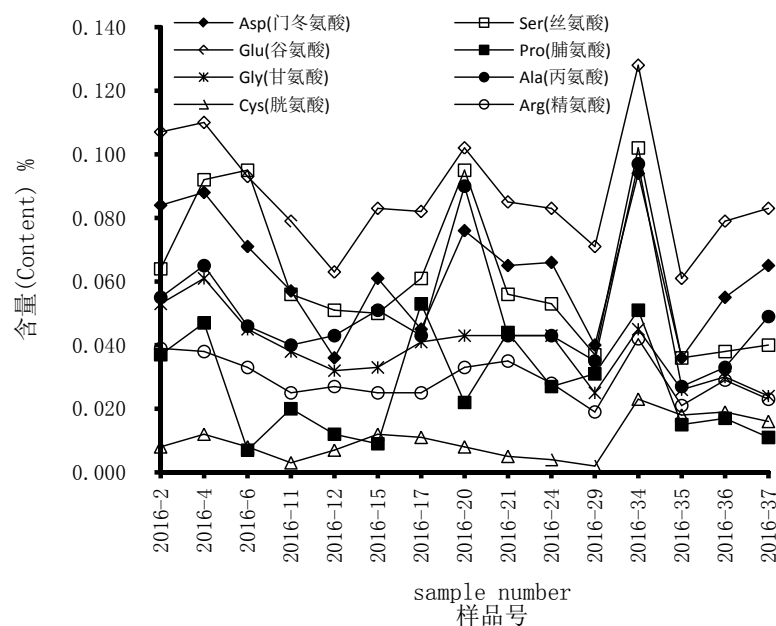


Figure 6. NEAA content in pericar
图6. 果皮非必需氨基酸含量

3.2.3. 黑老虎果皮氨基酸总量、必需氨基酸和非必需氨基酸含量及 E/T, E/N 比值

从图7、图8可以看出,黑老虎果皮氨基酸总量最高可以达到0.872%,最低0.400%,平均0.616%,其中必需氨基酸含量最高为0.547%,最低0.134%,平均0.258%,非必需氨基酸含量最高为0.582,最低为0.240%,平均0.368%,必需氨基酸与氨基酸总量之比值(E/T)最高为0.689,最低为0.340,平均值为0.417,必需氨基酸与非必需氨基酸之比值(E/N)最高为1.310,最低为0.443,平均值为0.710,和1973年FAO/WHO提出理想蛋白质的标准[15],即必需氨基酸含量占氨基酸总量的40%接近,人体必需氨基酸含量占非必需氨基酸含量的60%偏高。

3.3. 黑老虎果肉和果皮氨基酸的组成及含量比较

3.3.1. 黑老虎果肉和果皮必需氨基酸组成及含量比较

图9数据资料显示,黑老虎果肉和果皮必需氨基酸,除了苏氨酸(Thr)、缬氨酸(Val)、异亮氨酸(Ile)外,其余必需氨基酸蛋氨酸(Met)、亮氨酸(Leu)、苯丙氨酸(Phe)、赖氨酸(Lys)、组氨酸(His)都是果皮高于果肉,仅个别植株的果肉未检测到苏氨酸(Thr)、蛋氨酸(Met)。

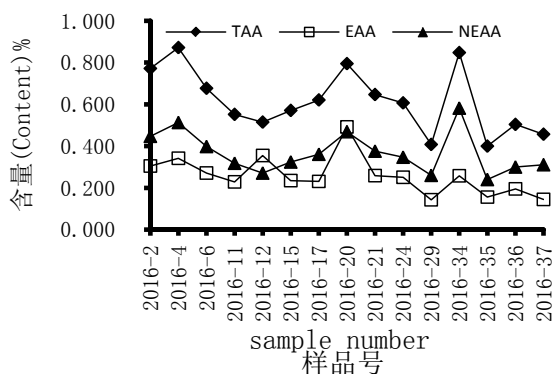


Figure 7. Total TAA, EAA and NEAA in pericarp
图 7. 果皮氨基酸总量, 必需氨基酸和非必需氨基酸总量

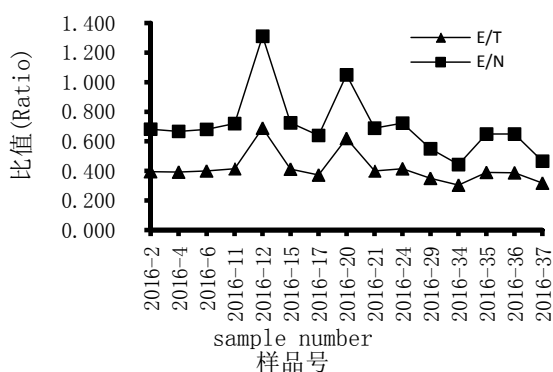


Figure 8. E/T, E/N in pericarp
图 8. 果皮必需氨基酸/氨基酸总量、必需氨基酸/非必需氨基酸比值

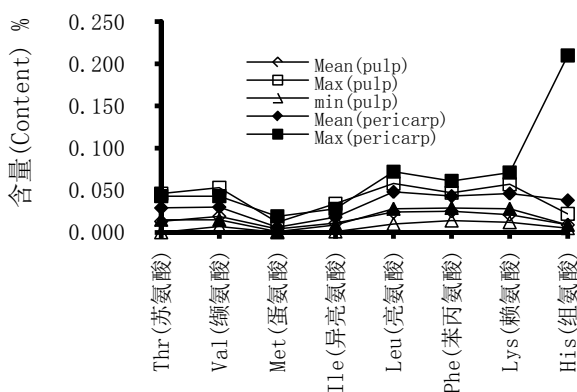


Figure 9. Compare with EAA contents in pulp and pericarp
图 9. 果肉和果皮必需氨基酸含量比较

3.3.2. 黑老虎果肉和果皮非必需氨基酸组成及含量比较

图 10 表明, 黑老虎果肉非必需氨基酸均值低于果皮非必需氨基酸, 虽然个别植株的果肉未能检测到脯氨酸(Pro)、胱氨酸(Cys), 但谷氨酸(Glu)、门冬氨酸(Asp)、丝氨酸(Ser)、丙氨酸(Ala)、胱氨酸(Cys)的最大值还是果肉高于果皮, 其中丙氨酸(Ala)最大相差 0.263%, 其次是谷氨酸(Glu), 脯氨酸(Pro)、甘氨酸(Gly)、精氨酸(Arg)的含量是果皮高于果肉。

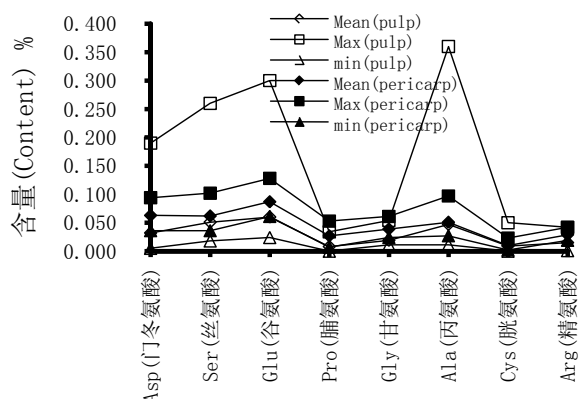


Figure 10. Compare with NEAA contents in pulp and pericarp
图 10. 果皮和果肉非必需氨基酸含量比较

3.3.3. 黑老虎果肉和果皮氨基酸总量、必需氨基酸和非必需氨基酸含量比较

图 11 表明, 黑老虎果肉和果皮氨基酸总量差异很大, 均值相差 0.2% 以上, 果皮的氨基酸含量高于果肉, 其中必需氨基酸和非必需氨基酸含量, 果皮高于果肉 0.1% 以上。

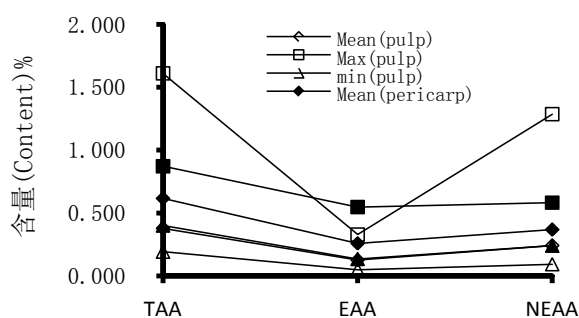


Figure 11. Compare with TAA, EAA and NEAA in pulp and pericarp
图 11. 果肉和果皮氨基酸总量, 必需氨基酸和非必需氨基酸含量比较

3.3.4. 黑老虎果肉和果皮 E/T, E/N 比值比较

图 12 表明黑老虎果肉和果皮的 E/T, E/N 均值相差不到 10%, 最小值和最大值相差 10%~20%。

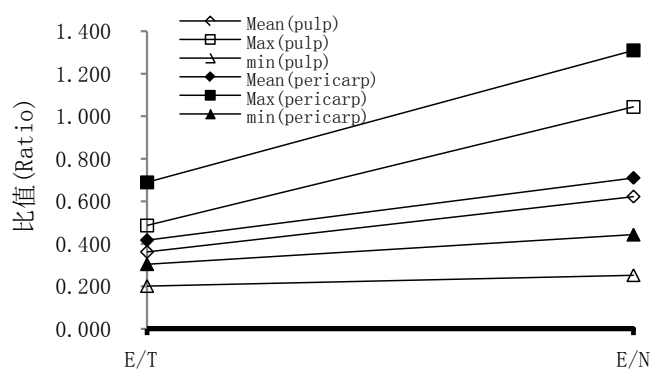


Figure 12. Compare with E/T and E/N in pulp and pericarp
图 12. 果肉和果皮必需氨基酸/氨基酸总量和必需氨基酸/非必需氨基酸比值比较

3.4. 黑老虎果肉和果皮与其他果树的果实的氨基酸组成及含量比较

表 1 和表 2 的数据可知, 黑老虎果肉、果皮的必需氨基酸丝氨酸、丙氨酸含量均高于苹果、梨、葡萄、桃、橙, 黑老虎果皮的必需氨基酸苏氨酸、赖氨酸、组氨酸、非必需氨基酸谷氨酸、甘氨酸含量均高于苹果、梨、葡萄、桃、橙, 黑老虎果肉必需氨基酸苯丙氨酸高于苹果、梨、葡萄、橙, 略低于桃。

Table 1. Comparison of essential amino acid contents between *Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith fruit and other fruits (mg/100g)

表 1. 黑老虎果实和其它水果必需氨基酸含量比较(mg/100g)

EAA 必需氨基酸	Thr (苏氨酸)	Val (缬氨酸)	Met (蛋氨酸)	Ile (异亮氨酸)	Leu (亮氨酸)	Phe (苯丙氨酸)	Lys (赖氨酸)	His (组氨酸)
黑老虎果肉	13	19	4	11	24	25	21	9
黑老虎果皮	29	30	6	18	48	43	46	38
苹果*	11	21	5	12	15	17	15	5
梨*	7	10	7	6	7	7	6	5
葡萄*	13	13	7	8	11	14	13	8
桃*	26	33	1	27	59	26	12	20
橙*	15	20	6	17	26	17	28	9

*数据来源于《中国食物成分表标准版》第 6 版/第一册[16]。

Table 2. Comparison of nonessential amino acid contents between *Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith fruit and other fruits (mg/100g)

表 2. 黑老虎果实和其它水果非必需氨基酸含量比较(mg/100g)

NEAA 非必需氨基酸	Asp (门冬氨酸)	Ser (丝氨酸)	Glu (谷氨酸)	Pro (脯氨酸)	Gly (甘氨酸)	Ala (丙氨酸)	Cys (胱氨酸)	Arg (精氨酸)
黑老虎果肉	32	51	60	8	19	47	9	15
黑老虎果皮	63	62	87	27	39	51	10	29
苹果*	68	14	30	11	12	14	12	9
梨*	23	6	10	7	6	6	5	6
葡萄*	20	13	46	11	11	18	8	38
桃*	111	23	70	34	38	29	9	30
橙*	91	23	51	93	18	23	8	66

*数据来源于《中国食物成分表标准版》第 6 版/第一册[16]。

4. 讨论

1) 黑老虎果肉、果皮, 必需氨基酸亮氨酸(Leu)、赖氨酸(Lys)含量较高, 非必需氨基酸谷氨酸(Glu)含量较高, 据相关的资料, 亮氨酸属于支链氨基酸, 可以刺激蛋白质合成, 并抑制分解, 在临床营养中有重要意义[17], 对体液免疫功能有显著影响, 具有改善创伤后机体的营养及代谢状况, 增强免疫功能, 促进小肠黏膜细胞增殖的主要, 还有改善骨骼肌线粒体功能, 消除运动性疲劳[1]。谷氨酸属于药用氨基酸, 有增强大脑功能、缓解疲劳、改进和维护大脑机能之功效, 对治疗高氨血症、肝功能障碍、贫血等疾病都有很好的效果[18][19], 在人体内与血氮结合, 形成对人体无害的谷氨酰胺, 解除人体代谢中产生的游离氨的积累, 参与肝脏、肌肉及大脑等组织中的解毒作用, 并参与脑组织代谢, 使脑机能活跃, 而

且也是胰岛素的重要组成成分[18]。

2) 黑老虎的果皮氨基酸总量明显高于果肉, 必需氨基酸含量和氨基酸总量之比(E/T), 必需氨基酸和非必需氨基酸之比(E/N), 和 1973 年 FAO/WHO 提出理想蛋白质的标准, 果肉更接近。

3) 和苹果、梨、葡萄、桃、橙相比, 黑老虎果皮和果肉的甜味氨基酸(SAA) [19] [20] [21]丝氨酸、丙氨酸 2 种氨基酸含量较高, 黑老虎果皮的甜味氨基酸(SAA)苏氨酸、鲜味氨基酸[19] [20] [21]谷氨酸(也有的称药用氨基酸[18])含量较高。

综上所述, 黑老虎果肉、果皮均含有人体所需的氨基酸, 既可以帮助人体增强免疫功能, 也可以作为水果鲜食, 是一种极具有开发前景的药食兼用保健水果。由于黑老虎个体差异, 作为鲜食水果开发, 除了考察上述各指标, 还需要综合考虑其它营养指标, 作进一步优选, 筛选出适宜本地开发的优良品种。

项目

桂林市科学研究与计划科技攻关(20160223-1); 广西重点研发计划(桂科 AB18221091)。

参考文献

- [1] 《全国中草药汇编》编写组. 《全国中草药汇编》上册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1975: 855.
- [2] 新文丰出版公司. 《新编中药大辞典》下册[M]. 中国台北: 新文丰出版公司, 1984: 4410-4413.
- [3] 广西壮族自治区革命委员会卫生局. 《广西本草选编》下册[M]. 南宁: 广西人民出版社, 1974: 1382.
- [4] 陈惠芳. 《植物活性成分辞典》第二册[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2001: 326-328, 481-482, 598-599.
- [5] 王楠, 李占林, 华会明. 黑老虎根化学成分的研究(II) [J]. 中草药, 2010, 41(2): 195-197.
- [6] 黄锁义, 龙碧波, 文辉忠, 李琳. 广西黑老虎中微量元素测定[J]. 理化检验-化学分册, 2006, 42(10): 807-808.
- [7] 段永泉, 黄锁义, 许运智. 云南黑老虎中微量元素的测定[J]. 微量元素与健康研究, 2004, 21(4): 32-33.
- [8] 李里, 王静, 宋亚倩, 等. 黑老虎果皮和种子的抗氧化、抑菌和抑酶活性[J]. 经济林研究, 2020, 38(3): 237-244.
- [9] 李志春, 孙健, 封毅, 等. 黑老虎果毒理实验及其对血脂的调节作用[J]. 食品科学, 2011, 32(1): 203-205.
- [10] 陶光林. 冷饭团果实调查研究[J]. 贵州农业科学, 2002, 30(1): 31-32.
- [11] 毛云玲, 付玉嫔, 祁荣频, 等. 云南黑老虎不同种源氨基酸和其他指标的分析与评价[J]. 氨基酸和生物资源, 2015, 37(2): 14-19.
- [12] 高渐飞, 李苇洁, 龙世林, 等. 冷饭团果实营养成分与利用价值研究[J]. 中国南方果树, 2016, 45(5): 84-87.
- [13] 谢玮. 黔东黑老虎果营养品质评价[J]. 食品工业科技, 2019, 40(11): 249-253.
- [14] 葛可佑. 中国营养师培训教材[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 12.
- [15] FAO/WHO (1973) Energy and Protein Requirements. World Health Organization, Geneva.
- [16] 杨月欣. 中国食物成分表, 标准版, 第 6 版/第一册[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2020: 153-159.
- [17] 林晓明. 高级营养学(第 2 版) [M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2020: 229-230.
- [18] 孙锐, 贾明, 杨莉, 孙蕾. 山东引种无花果氨基酸及矿物元素成分分析与评价[J]. 食品工业科技, 2015, 36(19): 352-356, 360.
- [19] 刘剑锋, 刘江华, 谢宜飞, 等. 乌饭树果实中氨基酸种类及含量的地理差异分析[J]. 经济林研究, 2019, 37(1): 117-124, 154.
- [20] 蒋滢, 徐颖, 朱庚伯. 人类味觉与氨基酸味道[J]. 氨基酸和生物资源, 2002, 24(4): 70.
- [21] 武彦文, 欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的呈味作用[J]. 中国调味品, 2001, 1(1): 19-22.