

阿克陶引种栽培的 5个果桑品种桑葚氨基酸分析与评价

邓真华^{1,2,3}, 郑蜀云^{1,2,3}, 黄金枝^{1,2,3}, 杜贤明^{1,2,3,*}, 王军文^{1,2,3}, 范德卿⁴, 胡桂萍^{1,2,3}, 俞燕芳^{1,2,3}

(1.江西省蚕桑茶叶研究所, 江西南昌 330202;

2.江西省经济作物研究所, 江西南昌 330202;

3.江西省蚕桑工程技术研究中心, 江西南昌 330202;

4.新疆阿克陶县科技局, 新疆克州 845350)

摘要:对新疆阿克陶县玉麦乡引种栽植的5个果桑品种的成熟桑葚的氨基酸含量进行了检测,分析了不同品种间的氨基酸组成、总氨基酸、必需氨基酸、鲜味氨基酸、药用氨基酸及支链氨基酸含量的差异,采用 RAA、RC、SRC 等氨基酸评价指标进行了营养评价。结果表明:5个果桑品种的成熟桑葚中均含有16种氨基酸,总含量为0.802~1.323 g/100 g,其中谷氨酸含量最高,色氨酸和蛋氨酸含量最低,不同品种之间 EAA/TAA 差异不显著($P > 0.05$);8632 的总氨基酸、必需氨基酸、鲜味氨基酸、药用氨基酸和支链氨基酸的含量均显著高于其它品种,红果2号次之;与 FAO/WHO 氨基酸模式谱比较得出,除蛋氨酸+胱氨酸之外,其它必需氨基酸接近或符合 FAO/WHO 氨基酸模式要求;氨基酸比值系数法评定可知第一限制氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸,不同品种的 SRC 评分依次为红果2号 > 8632 > 台果 > 大10 > 果选2号,红果2号和8632的 SRC 分别为84.863和82.859。说明5个果桑品种中8632和红果2号的氨基酸营养价值高,作为新疆地区推广的果桑品种具有明显的优势。

关键词:阿克陶,果桑,桑葚,氨基酸,营养评价

Analysis and Evaluation of Amino Acids in Ripe Fruit of Five Mulberry Varieties Introduced and Cultivated by Aketao

DENG Zhen-hua^{1,2,3}, ZHENG Shu-yun^{1,2,3}, HUANG Jin-zhi^{1,2,3}, DU Xian-ming^{1,2,3,*},

WANG Jun-wen^{1,2,3}, FAN De-qing⁴, HU Gui-ping^{1,2,3}, YU Yan-fang^{1,2,3}

(1.Jiangxi Sericulture and Tea Research Institute, Nanchang 330202, China;

2.Jiangxi Economic Crops Institute, Nanchang 330202, China;

3.Research Center of Jiangxi Silk and Mulberry Engineering & Technology, Nanchang 330202, China;

4.Xinjiang Aketao County Bureau of Science and Technology, Kezhou 845350, China)

Abstract: The content of amino acids was detected in 5 fruit mulberry varieties coming from Yu mai County in Xinjiang, Aketao. The amino acids composition, total amino acids, essential amino acids, amino acids with flavor enhancement effect, amino acids with medicinal function and branched-chain amino acids among different varieties were compared and amino acid evaluation index(RAA, RC and SRC) was adopted to make comprehensive nutritional evaluation. The results showed that 16 kinds of amino acid were detected in 5 mature mulberry, with the total content ranging from 0.802 to 1.323 g/100 g and with the highest content of glutamate and the lowest content of tryptophan and methionine. There was no significant difference in EAA/TAA among different varieties ($P > 0.05$). The content of total amino acids, essential amino acids, amino acids with flavor enhancement effect, amino acids with medicinal function and Branched-chain amino acids of 8632 were significantly higher than those of other varieties, followed by Hongguo no.2. The essential amino acids were conformed to or close to FAO/WHO amino acid model, except methionine + cystine. Methionine + cystine were the first limiting amino acid in mulberry fruit by amino acid ratio coefficient method. The SRC score order of different varieties was Hongguo no.2 > 8632 > Taiguo > Da 10 > Guoxuan no.2, and SRC scores of Hongguo no.2 and 8632 were 84.563 and 82.859 respectively, which higher than those of other varieties. The results showed that the amino acid nutritional value of 8632 and Hongguo no.2 was higher among the five fruit mulberry varieties, which had obvious advantages as the fruit mulberry varieties popularized in Xinjiang.

收稿日期:2019-08-20

作者简介:邓真华(1984-),女,硕士,助理研究员,研究方向:蚕桑综合开发与利用,E-mail:276450147@qq.com。

* 通讯作者:杜贤明(1965-),男,本科,研究员,研究方向:果桑栽培与加工利用,E-mail:527518963@qq.com。

基金项目:中央引导地方科技发展专项资金(20192ZDF04026);现代农业产业技术体系建设专项(CARS-18)。

Key words: Aketao; mulberry fruit; mulberry; amino acid; nutritional evaluation

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2020)17-0297-06

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2020.17.050

引文格式: 邓真华, 郑蜀云, 黄金枝, 等. 阿克陶引种栽培的5个果桑品种桑葚氨基酸分析与评价[J]. 食品工业科技, 2020, 41(17): 297-301, 307.

桑树是落叶性多年生经济植物, 属桑科 (Moraceae) 桑属 (*Morus* L.) 桑种 (*Morus alba* L.)^[1], 在《本草纲目》中被称为“神仙树”, 桑叶被称为“神仙叶”, 桑葚^[2]被称为“神仙果”, 1993年桑树被国家卫生部定为“药食同源”植物。桑葚, 又名桑果、桑枣、桑泡儿, 富含蛋白质、人体必需的氨基酸、总糖、游离酸、粗纤维、维生素、矿物质等成分, 具有补肝益肾、滋阴养血、生津止渴、黑发明目、延缓衰老、润肤美容、调节免疫力等功效^[3-4], 已逐渐成为开发功能性食品的优质原料^[5-8]。

氨基酸是生物功能大分子蛋白质的基本组成单位, 是人体不可或缺的重要基础物质, 其中必需氨基酸必需从食物中直接获得, 人体不能合成, 可以促进机体正常生长, 修复组织, 调节血糖, 并提供能量。水果是氨基酸重要的来源^[9-10], 而桑葚自古享有“民间圣果”、“中华果王”之美称, 被誉为“第三代水果”“二十一世纪的最佳保健果品”^[11-12], 含有丰富的氨基酸, 是较为理想的优质蛋白质资源, 同时鲜果中氨基酸种类与含量也是影响果实口感的关键因素^[13-14]。吴祖芳等^[15]研究认为成熟桑椹中氨基酸组成种类齐全, 符合世界粮农组织和卫生组织 (FAO/WHO) 提供的参考蛋白模式值。刘峻池等^[16]测得四倍体果桑新品种嘉陵30号桑椹中氨基酸有12种, 其鲜味氨基酸、药效氨基酸和支链氨基酸含量分别为0.009%、0.014%和0.003%, 除半胱氨酸和甲硫氨酸外, 嘉陵30号桑椹中的各种氨基酸含量均高于其亲本中桑5801, 认为果桑染色体的加倍在一定程度上提高桑椹中的活性氨基酸含量。李俊芳等^[17]采用主成分分析法对10种桑椹的游离氨基酸成分进行分析及综合评价, 测得桑椹中含有17种氨基酸, 总含量最高的是台湾一号, 含量为270.07 mg/100 g, 评价最优。杨喆等^[14]测的6个果桑品种氨基酸总量最高的是江米果桑, 为2057 mg/100 g, 且紫色桑葚氨基酸总量低于白色桑葚。Kusano等^[18]在对土耳其桑椹成分分析发现了6种新的氨基酸。由此可见, 不同地方不同品种桑葚氨基酸的组成有所差异, 进而影响其营养价值的优劣。

新疆克州阿克陶县属温带大陆性干旱气候, 昼夜温差大, 光热资源丰富, 年日照2824 h, 无霜期长达221 d, 年均气温11.2℃, 适合多种作物和果树的生长。新疆特殊的自然环境孕育了特殊的桑树种质资源, 它们不仅具有优良的抗逆基因, 更具有特殊、丰富的营养及功效成分^[19], 在阿克陶县发展果桑产业具有得天独厚的优势。因此, 江西省蚕桑茶叶研究所科技人员于2017年3月在新疆克州阿克陶县玉麦乡引种栽植了5个果桑品种, 其中大10为国内目前最大果桑推广品种, 可用于鲜食采摘和加工, 红果2号和台果为国内主要加工型品种, 果选2号和8632

为区域性应用品种。新鲜桑葚的氨基酸是影响口感和提升人体机能的有效营养成分^[20], 为此, 本文对引进的5个果桑品种的成熟桑葚中的氨基酸含量进行了检测分析, 目的是探讨新疆阿克陶不同果桑品种的氨基酸特点, 筛选出适宜新疆地区栽植的优良果桑品种, 为新疆地区发展果桑产业提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

供试果桑品种有大10、果选2号、8632、红果2号、台果于2017年3月统一栽种管理, 667 m²栽植220株, 采集地点为新疆克州阿克陶县玉麦乡, 于2019年5月24日在新疆阿克陶县玉麦乡采集不同果桑品种的成熟桑葚。所有采摘样品成熟度均一, 桑葚采摘后用保鲜袋分装, 再放入加有冰块的泡沫纸箱, 取回后置冰箱冷冻保存备用; 氨基酸混合标准品 色谱纯, 美国Sigma公司; 苯酚、盐酸 西陇化工股份有限公司; 茚三酮、柠檬酸钠 上海麦克林生化科技有限公司。

L-8900 氨基酸自动分析仪 日本日立公司; FA3204B 电子天平 上海精密科学仪器有限公司; RE-5203 旋转蒸发仪 上海亚荣生化仪器厂; 超纯水仪 美国Millipore公司; GZX-GFC·101-3-BS 电热恒温干燥箱 上海博泰实验设备有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 5个果桑品种氨基酸含量的测定 新鲜桑葚采用匀浆机匀浆后, 称取10 g样品置于水解管中, 加入15 mL 6 mol/L盐酸溶液, 加入新蒸馏的苯酚3滴, 再将水解管放入冷冻剂中, 冷冻5 min后抽真空, 然后充入氮气; 再抽真空充氮气, 在充氮气状态下拧紧螺丝盖, 将已封口的水解管放在(110±1)℃的恒温干燥箱中水解22 h后, 取出冷却。将水解液过滤后, 用超纯水多次冲洗水解管, 将水解液全部转移至50 mL容量瓶内定容、摇匀。吸取滤液1 mL于5 mL容量瓶内, 45℃水温下旋蒸至干, 加2 mL水溶解, 再次旋蒸至干, 加2 mL柠檬酸钠缓冲溶液复溶, 涡旋混匀后过0.22 μm滤膜, 待测。采用氨基酸自动分析仪测定, 检测方法参照杨喆等^[14]。

1.2.2 氨基酸评价方法 通过氨基酸比值系数法^[21-22]进行评价, 即以必需氨基酸模式谱为标准, 通过计算各个样品中的氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RC)以及氨基酸比值系数分(SRC), 通过评分的高低来判断限制氨基酸的强化量及蛋白质的营养价值。其计算公式为:

$RAA = AA1/AA0$, 式中AA1 食品中某氨基酸含量, AA0 为FAO/WHO模式中相应的氨基酸含量。

$RC = RAA1/RAA0$; 式中, RAA1 为某必需氨基

表1 不同果桑品种桑葚中氨基酸含量(g/100 g)
Table 1 Amino acid content of fruit in different fruit mulberry varieties(g/100 g)

成分	大10	果选2号	8632	红果2号	台果
苏氨酸 Thr	0.040 ± 0.007 ^b	0.030 ± 0.004 ^c	0.050 ± 0.004 ^a	0.040 ± 0.004 ^b	0.031 ± 0.004 ^c
缬氨酸 Val	0.050 ± 0.006 ^b	0.040 ± 0.001 ^c	0.080 ± 0.006 ^a	0.050 ± 0.003 ^b	0.040 ± 0.003 ^c
蛋氨酸 Met	0.010 ± 0.003 ^a	0.003 ± 0.001 ^b	0.010 ± 0.001 ^a	0.010 ± 0.003 ^a	0.011 ± 0.002 ^a
异亮氨酸 Ile	0.040 ± 0.007 ^b	0.040 ± 0.003 ^b	0.050 ± 0.006 ^a	0.050 ± 0.004 ^a	0.040 ± 0.004 ^b
亮氨酸 Leu	0.070 ± 0.011 ^{bc}	0.060 ± 0.005 ^c	0.101 ± 0.008 ^a	0.080 ± 0.006 ^b	0.060 ± 0.004 ^c
苯丙氨酸 Phe	0.030 ± 0.005 ^c	0.030 ± 0.005 ^c	0.051 ± 0.003 ^a	0.040 ± 0.003 ^b	0.030 ± 0.005 ^c
赖氨酸 Lys	0.100 ± 0.018 ^a	0.080 ± 0.004 ^b	0.081 ± 0.004 ^b	0.070 ± 0.006 ^b	0.070 ± 0.004 ^b
色氨酸 Trp	0.010 ± 0.003 ^b	0.020 ± 0.002 ^a	0.011 ± 0.002 ^b	0.010 ± 0.002 ^b	0.010 ± 0.002 ^b
必需氨基酸 EAA	0.350 ± 0.037 ^b	0.305 ± 0.013 ^{bc}	0.434 ± 0.029 ^a	0.351 ± 0.022 ^b	0.292 ± 0.020 ^c
天门冬氨酸 Asp	0.110 ± 0.011 ^c	0.110 ± 0.006 ^c	0.180 ± 0.001 ^a	0.130 ± 0.004 ^b	0.091 ± 0.012 ^d
谷氨酸 Glu	0.140 ± 0.005 ^c	0.139 ± 0.005 ^c	0.239 ± 0.007 ^a	0.180 ± 0.007 ^b	0.130 ± 0.005 ^c
丝氨酸 Ser	0.060 ± 0.005 ^{bc}	0.050 ± 0.006 ^c	0.080 ± 0.009 ^a	0.069 ± 0.006 ^{ab}	0.050 ± 0.009 ^c
精氨酸 Arg	0.050 ± 0.005 ^c	0.070 ± 0.003 ^{bc}	0.098 ± 0.023 ^a	0.090 ± 0.006 ^{ab}	0.070 ± 0.007 ^{bc}
甘氨酸 Gly	0.050 ± 0.007 ^b	0.050 ± 0.005 ^b	0.070 ± 0.008 ^a	0.060 ± 0.008 ^{ab}	0.050 ± 0.008 ^b
脯氨酸 Pro	0.110 ± 0.007 ^a	0.060 ± 0.005 ^b	0.120 ± 0.006 ^a	0.070 ± 0.004 ^b	0.060 ± 0.008 ^b
丙氨酸 Ala	0.040 ± 0.005 ^b	0.040 ± 0.004 ^b	0.060 ± 0.013 ^a	0.050 ± 0.009 ^{ab}	0.039 ± 0.009 ^b
酪氨酸 Tyr	0.020 ± 0.005 ^b	0.020 ± 0.004 ^b	0.040 ± 0.005 ^a	0.030 ± 0.007 ^{ab}	0.020 ± 0.006 ^b
非必需氨基酸 NEAA	0.580 ± 0.018 ^c	0.540 ± 0.009 ^{cd}	0.890 ± 0.046 ^a	0.680 ± 0.021 ^b	0.511 ± 0.031 ^d
总氨基酸 TAA	0.931 ± 0.031 ^c	0.845 ± 0.006 ^d	1.323 ± 0.037 ^a	1.031 ± 0.012 ^b	0.802 ± 0.011 ^c
药用氨基酸	0.581 ± 0.013 ^c	0.564 ± 0.011 ^c	0.871 ± 0.025 ^a	0.691 ± 0.006 ^b	0.532 ± 0.006 ^d
鲜味氨基酸	0.250 ± 0.009 ^c	0.250 ± 0.002 ^c	0.420 ± 0.006 ^a	0.310 ± 0.003 ^b	0.221 ± 0.017 ^d
支链氨基酸	0.160 ± 0.016 ^c	0.141 ± 0.006 ^d	0.231 ± 0.015 ^a	0.180 ± 0.011 ^b	0.140 ± 0.008 ^d
EAA/TAA	0.376 ± 0.030 ^a	0.361 ± 0.013 ^a	0.328 ± 0.024 ^a	0.340 ± 0.020 ^a	0.364 ± 0.030 ^a

注:组氨酸和胱氨酸均未检出。同行数据不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$);表2同。

酸的RAA,RAAO各种氨基酸RAA的平均值;

$SRC = 100 - CV \times 100$,式中,变异系数 $CV = RC$ 标准差/RC均数。

1.3 数据处理

试验数据采用Excel 2007和IBM SPSS Statistics 19软件进行数据处理与统计分析,三次重复,结果以($\bar{x} \pm s$)表示,多重比较采用Duncan法。

2 结果与分析

2.1 5个果桑品种桑葚氨基酸组成及含量

不同果桑品种桑葚中氨基酸含量见表1。由表1检测结果知,5个果桑品种的成熟桑葚中共检测出16种氨基酸,总氨基酸含量为0.802~1.323 g/100 g,其中谷氨酸含量最高,变幅为0.130~0.239 g/100 g,其次是天门冬氨酸,变幅为0.091~0.180 g/100 g,含量最低的是色氨酸和蛋氨酸,变幅为0.003~0.020 g/100 g。

5个果桑品种中总氨基酸含量最高的是8632,含量为1.323 g/100 g,其次是红果2号,含量为1.031 g/100 g,总氨基酸含量最低的是台果,含量为0.802 g/100 g,不同品种之间存在显著差异($P < 0.05$)。8种必需氨基酸含量最高的是8632,含量为0.434 g/100 g,其次是红果2号和大10,含量分别为0.351、0.350 g/100 g,含量最低的是台果,含量为0.292 g/100 g。8种非必需氨基酸含量最高的是8632,含量为0.890 g/100 g,其次是红果2号,含量为0.680 g/100 g,含量最低的是台果,含量为

0.511 g/100 g。5个果桑品种中8632成熟桑葚中的总氨基酸、必需氨基酸和非必需氨基酸的含量均显著高于其它品种($P < 0.05$)。

必需氨基酸与总氨基酸比值(EAA/TAA)为0.328~0.376,接近于FAO/WHO所提出的0.400的比值,果桑不同品种之间EAA/TAA差异不显著($P > 0.05$),说明桑葚中必需氨基酸组成比例相对均衡。

药用氨基酸是由天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、酪氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸、精氨酸组成^[17],其含量可以间接地评价桑葚的保健功效。由表1可以看出,9种药用氨基酸含量最高的是8632,含量为0.871 g/100 g,显著高于其它品种($P < 0.05$);其次是红果2号,含量为0.691 g/100 g;大10和果选2号之间差异不显著($P > 0.05$);含量最低的是台果,含量仅为0.532 g/100 g。说明8632的药用价值优于其它品种。

由谷氨酸和天冬氨酸构成的鲜味氨基酸是食物中重要的鲜味物质^[16]。2种鲜味氨基酸含量最高的是8632,含量为0.420 g/100 g,显著高于其它品种($P < 0.05$);其次是红果2号,含量为0.310 g/100 g;大10和果选2号之间差异不显著($P > 0.05$),均为0.250 g/100 g;含量最低的是台果,含量为0.221 g/100 g。说明8632的鲜味氨基酸含量丰富。

支链氨基酸由异亮氨酸、亮氨酸和缬氨酸组成,主要参与骨骼肌代谢,约占骨骼肌蛋白质的必需氨基酸的35%,与骨骼肌的合成有着密切的关系^[16]。3种

表2 不同品种桑葚必需氨基酸的质量分数与 FAO/WHO 氨基酸模式谱的比较(%)

Table 2 Comparison of essential amino acid in different mulberry fruits and FAO/WHO amino acid model(%)

名称	大 10	果选 2 号	8632	红果 2 号	台果	FAO/WHO 氨基酸 模式谱 ^[9,24]
苏氨酸	4.292 ± 0.006 ^a	3.599 ± 0.005 ^a	3.811 ± 0.002 ^a	3.879 ± 0.004 ^a	3.893 ± 0.005 ^a	4.00
缬氨酸	5.363 ± 0.005 ^b	4.778 ± 0.002 ^b	6.077 ± 0.003 ^a	4.882 ± 0.003 ^b	4.961 ± 0.004 ^b	5.00
蛋氨酸 + 胱氨酸	1.117 ± 0.004 ^{ab}	0.377 ± 0.001 ^c	0.789 ± 0.001 ^{bc}	1.001 ± 0.003 ^{ab}	1.326 ± 0.002 ^a	3.50
苯丙氨酸 + 酪氨酸	5.392 ± 0.002 ^b	5.942 ± 0.009 ^{ab}	6.876 ± 0.006 ^a	6.803 ± 0.005 ^{ab}	6.285 ± 0.011 ^{ab}	6.00
异亮氨酸	4.310 ± 0.008 ^{ab}	4.717 ± 0.003 ^{ab}	3.818 ± 0.006 ^b	4.852 ± 0.004 ^{ab}	4.990 ± 0.006 ^a	4.00
亮氨酸	7.507 ± 0.009 ^a	7.150 ± 0.006 ^a	7.611 ± 0.006 ^a	7.755 ± 0.006 ^a	7.508 ± 0.006 ^a	7.00
赖氨酸	10.771 ± 0.018 ^a	9.506 ± 0.005 ^{ab}	6.104 ± 0.003 ^c	6.827 ± 0.006 ^c	8.696 ± 0.006 ^b	5.50

支链氨基酸含量最高的是 8632, 含量为 0.231 g/100 g, 显著高于其它品种 ($P < 0.05$); 其次是红果 2 号和大 10, 含量分别为 0.180 和 0.160 g/100 g; 含量最低的是果选 2 号和台果, 含量均为 0.141 和 0.140 g/100 g。说明 8632 的支链氨基酸含量高于其它品种。

综上所述, 5 个果桑品种中 8632 的成熟桑葚中的总氨基酸、必需氨基酸、药用氨基酸、鲜味氨基酸和支链氨基酸的含量均显著高于其它品种, 红果 2 号次之。刘和洋等^[23] 在新疆地区引种 15 个果桑品种, 研究发现不同品种在抗性、产量方面有一定差异, 其中 8632 具有抗寒性良好、生长快速、产量高、适应性强等特点, 日本甜槠、红果 2 号、一串红、台湾果桑 46C019、北方红单果整齐, 产量较高, 抗寒性稍微差些。由此得出, 8632 在新疆的区域适应性强, 桑葚氨基酸含量丰富, 营养价值较高, 作为新疆地区推广的果桑品种具有明显的优势。

2.2 桑葚必需氨基酸的质量分数与 FAO/WHO 氨基酸模式谱比较

根据联合国粮农组织 (FAO) 和世界卫生组织 (WHO) 1973 年提出了评价蛋白质营养价值的必需氨基酸模式。如果某食物所含必需氨基酸组成比例接近或符合 FAO/WHO 氨基酸模式要求, 则这种食物质量优, 蛋白质营养价值高, 符合人体生长机理所需。不同品种桑葚必需氨基酸的质量分数与 FAO/WHO 氨基酸模式谱的比较结果见表 2。

通过与 FAO/WHO 氨基酸模式谱 (%) 的比较得出 (表 2), 5 个果桑品种的桑葚必需氨基酸中仅蛋氨酸 + 胱氨酸的质量分数 (0.377% ~ 1.326%) 远低于 FAO/WHO 氨基酸模式要求的 3.50%; 亮氨酸和赖氨酸的质量分数分别为 7.150% ~ 7.755% 和 6.104% ~ 10.771%, 均高于 FAO/WHO 氨基酸模式要求的 7.00% 和 5.50%, 符合 FAO/WHO 模式要求; 其它必需氨基酸符合或接近 WHO/FAO 提出的氨基酸模式。其中大 10 的苯丙氨酸 + 酪氨酸的质量分数为 5.392%, 稍低于 WHO/FAO 提出的 6.0%, 除蛋氨酸 + 胱氨酸外, 其它氨基酸均高于 FAO/WHO 模式要求; 果选 2 号的异亮氨酸、亮氨酸和赖氨酸的质量分数分别为 4.717%、7.150% 和 9.506%, 高于 FAO/WHO 氨基酸模式要求, 其它氨基酸均低于 FAO/WHO 氨基酸模式要求; 8632 的苏氨酸和异亮氨酸均为 3.8%, 与 FAO/WHO 提出的 4.00% 接近, 除蛋氨酸

+ 胱氨酸之外, 其它氨基酸均高于 FAO/WHO 模式要求; 红果 2 号和台果的苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸 + 胱氨酸的质量分数低于 FAO/WHO 氨基酸模式要求, 其它氨基酸均高于 FAO/WHO 模式要求。

不同品种之间比较得出, 苏氨酸的质量分数以大 10 (4.292%) 高于其它品种, 比最低的果选 2 号高出 19.26%, 但品种之间差异不显著 ($P > 0.05$); 缬氨酸的质量分数以 8632 最高, 为 6.077%, 显著高于其它品种 ($P < 0.05$), 其它 4 个品种之间差异不显著 ($P > 0.05$); 苯丙氨酸 + 酪氨酸的质量分数以 8632 最高, 为 6.876%, 显著高于最低的大 10 ($P < 0.05$), 其它品种之间差异不显著 ($P > 0.05$); 异亮氨酸的质量分数以台果最高, 为 4.990%, 显著高于最低的 8632 (3.818%) ($P < 0.05$), 其它品种之间差异不显著 ($P > 0.05$); 亮氨酸的质量分数以 8632 最高, 为 7.611%, 品种之间差异不显著 ($P > 0.05$); 赖氨酸的质量分数以大 10 最高, 为 10.771%, 比最低的 8632 (6.104%) 高出 76.46%, 大 10 和果选 2 号之间差异不显著 ($P > 0.05$)。说明 8632 的缬氨酸、苯丙氨酸 + 酪氨酸高于其它品种, 台果的异亮氨酸高于其它品种, 大 10 的赖氨酸高于其它品种, 不同品种间苏氨酸和亮氨酸的差异不显著 ($P > 0.05$)。

说明桑葚中必需氨基酸种类丰富, 营养价值高, 且不同品种之间必需氨基酸存在一定差异。同时也可看出桑葚中第一限制氨基酸为蛋氨酸 + 胱氨酸, 其它必需氨基酸高于或接近 WHO/FAO 提出的氨基酸模式。因此, 桑葚作为食用要注意与含丰富蛋氨酸 + 胱氨酸的食物搭配食用。

2.3 氨基酸比值系数法分析必需氨基酸的 RAA、RC 及 SRC

5 个果桑品种中桑葚必需氨基酸的 RAA、RC 及 SRC 结果见表 3。

从表 3 可看出, 桑葚必需氨基酸中的苏氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸 + 酪氨酸、异亮氨酸和亮氨酸的 RRA 均位于 0.900 ~ 1.250 之间, 其氨基酸组成与 FAO/WHO 模式趋于一致; 而赖氨酸的 RRA 值均大于 1.100, 含量相对过剩; 蛋氨酸 + 胱氨酸为 5 个品种桑葚的共同限制氨基酸, RRA 仅为 0.108 ~ 0.379。除果选 2 号的蛋氨酸 + 胱氨酸的 RC 值 ($RC = 0.409$)、8632 的赖氨酸 RC 值 ($RC = 0.728$) 较低之外, 其它品种的必需氨基酸的 RC 均大于 0.800, 其中苏氨酸、缬

表3 不同品种桑葚必需氨基酸的 RAA、RC 及 SRC
Table 3 RAA, RC and SRC scores of essential amino acid in different mulberry fruits

名称		苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸 + 胱氨酸	苯丙氨酸 + 酪氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	赖氨酸	SRC
大 10	RRA	1.073	1.073	0.319	0.899	1.078	1.072	1.958	78.939
	RC	1.102	1.029	1.214	0.862	0.950	1.000	1.285	
果选 2 号	RRA	0.900	0.956	0.108	0.990	1.179	1.021	1.728	74.239
	RC	0.924	0.917	0.409	0.950	1.040	0.953	1.134	
8632	RRA	0.953	1.215	0.226	1.146	0.955	1.087	1.110	82.859
	RC	0.978	1.166	0.858	1.099	0.842	1.014	0.728	
红果 2 号	RRA	0.970	0.976	0.286	1.134	1.213	1.108	1.241	84.863
	RC	0.996	0.937	1.087	1.087	1.070	1.033	0.814	
台果	RRA	0.973	0.992	0.379	1.048	1.247	1.073	1.581	81.689
	RC	0.999	0.952	1.441	1.004	1.100	1.000	1.037	

氨酸和亮氨酸的 RC 均大于 0.900。

不同品种之间 RRA 和 RC 比较得出,大 10 的苏氨酸和赖氨酸高于其它品种,8632 的缬氨酸、苯丙氨酸 + 酪氨酸高于其它品种,红果 2 号的亮氨酸高于其它品种,台果的异亮氨酸、蛋氨酸 + 胱氨酸高于其它品种。

5 个果桑品种的必需氨基酸比值系数分 (SRC) 分值在 74.239~84.863 之间,其评分依次为红果 2 号 > 8632 > 台果 > 大 10 > 果选 2 号,红果 2 号和 8632 的 SRC 最高,分别为 84.863 和 82.859,果选 2 号最低。

说明桑葚中除蛋氨酸 + 胱氨酸之外,其它必需氨基酸种类丰富,营养价值高,这与孙锐等^[9]、杨喆等^[14]的研究结果一致,且红果 2 号和 8632 的 SRC 高,氨基酸营养价值更全面。如果要筛选出综合品质好的果桑品种,还需对其它营养成分进行综合评价,才能为新疆优质果桑品种选择及产品加工提供更全面的理论依据。

3 结论

本研究通过测定新疆阿克陶引种栽植的不同果桑品种的桑葚氨基酸含量,分析了不同品种的氨基酸组成、总氨基酸、必需氨基酸、非必需氨基酸、鲜味氨基酸、药用氨基酸及支链氨基酸含量的差异,采用 RAA、RC、SRC 等氨基酸评价指标进行了营养评价。5 个果桑品种的成熟桑葚中含有 16 种氨基酸,总含量为 0.802~1.323 g/100 g,其中谷氨酸最高,含量为 0.130~0.239 g/100 g,色氨酸和蛋氨酸最低,含量为 0.003~0.020 g/100 g。不同果桑品种中 8632 的总氨基酸、必需氨基酸、鲜味氨基酸、药用氨基酸和支链氨基酸的含量均显著高于其它品种,分别为 1.323、0.434、0.420、0.871 和 0.231 g/100 g,红果 2 号次之。不同品种间必需氨基酸与总氨基酸比值 (EAA/TAA) 为 0.328~0.376,差异不显著 ($P > 0.05$),与 FAO/WHO 所提出的比值接近。通过与 FAO/WHO 氨基酸模式谱 (%) 比较得出,蛋氨酸 + 胱氨酸的质量分数 (0.377%~1.326%) 远低于 FAO/WHO 氨基酸模式要求的 3.50%,其它必需氨基酸均接近或符合 FAO/WHO 提出的氨基酸模式要求。不同品种之间必需氨基酸存在一定差异,8632 的缬氨酸、苯丙氨酸

+ 酪氨酸高于其它品种,台果的异亮氨酸高于其它品种,大 10 的赖氨酸高于其它品种,不同品种间苏氨酸和亮氨酸的差异不显著 ($P > 0.05$)。因此,桑葚作为食用要注意与含丰富蛋氨酸 + 胱氨酸的食物搭配食用。氨基酸比值系数法评定可知桑葚中第一限制氨基酸为蛋氨酸 + 胱氨酸,RRA 仅为 0.108~0.379;桑葚必需氨基酸中的苏氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸 + 酪氨酸、异亮氨酸和亮氨酸的 RRA 变幅为 0.900~1.250,与 FAO/WHO 模式趋于一致;而赖氨酸的 RRA 值均大于 1.100,含量相对过剩。不同品种的氨基酸比值系数分 (SRC) 依次为红果 2 号 > 8632 > 台果 > 大 10 > 果选 2 号,其中红果 2 号和 8632 优于其它品种,其 SRC 值分别为 84.863 和 82.859。

通过对不同果桑品种桑葚氨基酸的营养品质分析,评价筛选出氨基酸营养价值高的果桑品种——8632 和红果 2 号,作为新疆地区推广的果桑品种具有明显的优势,同时为果桑的深层次食用、药用开发提供了参考依据。

参考文献

[1] 中国农业科学院蚕业研究所.中国桑树栽培学[M].上海:上海科学技术出版社,1985.
[2] 郑蜀云,胡帅,杜贤明,等.“桑葚”与“桑椹”源流辨析[J].蚕业科学,2018,44(2):342-347.
[3] 何雪梅,廖森泰,刘吉平.桑树的营养功能性成分及药理作用研究进展[J].蚕业科学,2004,30(4):390-394.
[4] 王娜,范作卿,朱琳,等.桑椹的化学成分及应用研究进展[J].现代农业科技,2017(9):261-263.
[5] 王军文,黄金枝,石旭平,等.桑椹在食品加工中的研究进展[J].蚕桑茶叶通讯,2016(4):3-6.
[6] 曾小峰,曾顺德,曾志红,等.桑葚资源开发利用研究进展[J].南方农业,2019,13(31):60-63.
[7] Kwaw E, Ma Y, Tchabo W, et al.Effect of lactic acid fermentation on the phytochemical, volatile profile and sensory attributes of mulberry juice [J].Journal of Food Nutrition Research,2017,56(4):305-317.
[8] 汤楚琦,赵节昌.桑葚功能性复合饮料加工工艺研究[J].农产品加工,2019,4(7):37-39.

(下转第 307 页)

protein malnutrition[J].Biofactors, 2015, 41(3):190-197.

[12] 代春美, 廖晓宇, 叶祖光. 海洋中药牡蛎的化学成分、药理活性及开发应用[J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(3): 471-474, 437.

[13] 方玲, 马海霞, 李来好, 等. 华南地区近江牡蛎营养成分分析及评价[J]. 食品工业科技, 2018, 39(2): 301-307, 313.

[14] 褚波. 乌贼、牡蛎——来自海洋的良药[J]. 家庭医药, 2009(2): 20.

[15] 江和基, 曾新斌, 罗刚, 等. 夏季高温应激下牡蛎粗多糖对公猪生精功能的影响[J]. 福建畜牧兽医, 2014, 36(3): 3-6.

[16] 陈艳辉, 李超柱, 黎丹戎. 牡蛎蛋白活性肽的分离及生物活性研究进展[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(15): 135-138.

[17] 方磊, 李国明. 牡蛎生物活性肽的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(7): 1548-1553.

[18] 张亭, 李迪, 乌兰, 等. 牡蛎低聚肽配伍核桃低聚肽和山药多糖对雄性小鼠性功能的影响[J]. 现代预防医学, 2018, 45(12): 2141-2144, 2153.

[19] 张雪妍, 秦小明, 高加龙, 等. 牡蛎酶解工艺优化及其酶解产物对小鼠睾酮分泌的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2019, 39(3): 96-102.

[20] 陈悦, 李路, 闫朝阳, 等. 小分子牡蛎多肽对雄性小鼠性功能的影响[J]. 基因组学与应用生物学, 2019, 38(1): 109-116.

[21] 李大炜, 刘四军, 吴庆光. 牡蛎肽对 D-半乳糖致衰老大鼠睾丸组织及精子质量的影响[J]. 中医药导报, 2019, 25

(11): 55-58.

[22] 何清湖, 周兴. 环磷酰胺复制中老年男性雄激素部分缺乏综合征大鼠模型的研究[J]. 湖南中医药大学学报, 2011, 31(1): 15-17.

[23] 许丹, 林峰, 朱小语, 等. 牡蛎肽对免疫抑制小鼠免疫功能的影响[J]. 北京大学学报: 医学版, 2016, 48(3): 392-397.

[24] 杨菊. 西地那非非生物对雄性家兔和小鼠性行为的影响研究[J]. 中国药房, 2007, 18(16): 1223-1225.

[25] Afifi M, Almaghrabi O A, Kadasa N M. Ameliorative effect of zinc oxide nanoparticles on antioxidants and sperm characteristics in streptozotocin induced diabetic rat testes[J]. Biomed Res Int, 2015: 153573.

[26] Ghanbarzadeh S, Garjani A, Ziaee M, et al. CoQ10 and L-carnitine attenuate the effect of high LDL and oxidized LDL on spermatogenesis in male rats[J]. Drug Res (Stuttg), 2014, 64(10): 510-515.

[27] 陈指龙, 张晓春, 薛立群, 等. 环磷酰胺致小鼠生精障碍作用研究[J]. 动物医学进展, 2017, 38(5): 34-37.

[28] 罗琼, 任世成, 杨明亮, 等. 海带多糖对睾丸受辐射雄性大鼠性功能的影响[J]. 营养学报, 2009, 31(3): 259-262.

[29] 张洁, 陈立勇. 黑木耳多糖对青春期雄性大鼠性功能影响的研究[J]. 现代中西医结合杂志, 2012, (33): 3671-3672.

[30] 朱倩, 崔毓桂. 精子发生的调节机制及其进展[J]. 生殖医学杂志, 2016, 25(4): 378-383.

(上接第 296 页)

[33] 郑永霞. 花色苷药理功效的研究进展[J]. 山西医药杂志, 2008(3): 255-257.

[34] Gizella Csire, József Demjén, Sarolta Timári, et al. Electrochemical and SOD activity studies of copper(II) complexes of bis(imidazol-2-yl) derivatives[J]. Polyhedron, 2013, 61: 202-212.

[35] 韩小苗, 吴苏喜, 吴美芳, 等. 红花籽油对 D-半乳糖致衰

老小鼠模型的抗衰老作用[J]. 食品与机械, 2016, 32(10): 127-131, 167.

[36] 宋家乐, 李贵节, 赵欣. 竹盐酿造酱油对 H₂O₂ 诱发 LLC-PK1 细胞氧化损伤的保护作用[J]. 食品科学, 2015, 36(9): 176-180.

[37] 杨溢焯, 曾德永, 刘艳, 等. 香菇多糖体内抗氧化活性研究[J]. 中国食物与营养, 2016, 22(8): 72-74.

(上接第 301 页)

[9] 孙锐, 孙蕾, 和法涛, 等. 山东引种果桑果实氨基酸组分测定及营养评价[J]. 食品工业科技, 2017, 38(11): 340-343.

[10] 岳冬, 刘娜, 朱为民, 等. 樱桃番茄与普通番茄部分品质指标及氨基酸组成比较[J]. 食品科学, 2015, 36(4): 92-96.

[11] 钱金城. 我国第三代水果的开发价值及发展建议[J]. 河北果树, 2006(3): 9-12.

[12] 韩德承. “21 世纪最佳保健果品”——桑葚[J]. 医食参考, 2017(6): 48.

[13] 蒋滢, 徐颖, 朱庚伯. 人类味觉与氨基酸味道[J]. 氨基酸与生物资源, 2002, 24(4): 1-3.

[14] 杨喆, 陈秋生, 张强, 等. 不同品种桑葚与桑叶中氨基酸含量差异研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(17): 4534-4538.

[15] 吴祖芳, 翁佩芳. 桑椹的营养组分与功能特性分析[J]. 中国食品学报, 2005, 5(3): 102-106.

[16] 刘峻池, 徐立, 伍春, 等. 四倍体果桑新品种嘉陵 30 号桑椹中的氨基酸组成及其含量分析[J]. 蚕业科学, 2011, 37(1): 112-115.

[17] 李俊芳, 马永昆, 张荣. 不同果桑品种成熟桑椹的游离氨基酸主成分分析和综合评价[J]. 食品科学, 2016, 37(14): 132-137.

[18] Kusano G, 赵宇新. 土耳其桑椹中 5 个新的去甲基萜类生物碱和 6 个新的氨基酸. 国外医学[J]. 中医中药分册, 2003, 25(2): 103.

[19] 石旭平, 邓真华, 杜贤明, 等. 阿克陶县桑产业调研现状及发展建议[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2018(1): 4-5.

[20] 张俊, 颜新培, 龚昕, 等. 15 个桑品种不同季节桑叶的游离氨基酸含量及主成分分析[J]. 蚕业科学, 2016(1): 131-142.

[21] 朱圣陶, 吴坤. 蛋白质营养价值评价——氨基酸比值系数法[J]. 营养学报, 1988, 10(2): 187-190.

[22] 姜丹, 蓝亿阳, 王金娥. 不同品牌柴鸡蛋的氨基酸分析与评价[J]. 生物资源, 2018, 40(6): 548-553.

[23] 刘和洋, 伊萨尔古丽·艾合买提, 左少纯, 等. 新疆地区果桑引种试验研究[J]. 北方蚕业, 2015, 36(3): 24-27.

[24] FAO/WHO. Energy and protein requirements [R]. FAO Roma: FAO Nutrition Meeting Report Series, 1973: 52-63.