

# 闽产李果实氨基酸组成及其营养分析

颜孙安, 钱爱萍, 姚清华, 林香信, 林虬\*

(福建省农业科学院中心实验室, 福建省精密仪器农业测试重点实验室, 福州 350003)

**摘要:** 为了弄清闽产李(*Prunus salicina*)果实的氨基酸含量、组成及营养价值, 采用氨基酸自动分析仪对李果实的各种氨基酸含量进行了检测和比较分析。结果表明, 李果实含有 18 种蛋白质氨基酸和 3 种非蛋白质氨基酸。‘田黄’李的牛磺酸含量与蛋白质氨基酸含量均最高, 分别为 26.54 mg (100 g)<sup>-1</sup> 和 496.14 mg (100 g)<sup>-1</sup>; ‘皇后’李的鸟氨酸、药用氨基酸、酸味氨基酸含量以及特殊功效蛋白质氨基酸的比例均最高, 分别为 0.36 mg (100 g)<sup>-1</sup>、364.67 mg (100 g)<sup>-1</sup>、298.28 mg (100 g)<sup>-1</sup> 和 73.45%; 早熟‘胭脂’李的  $\gamma$ -氨基丁酸含量最高, 为 7.98 mg (100 g)<sup>-1</sup>; ‘大胭脂’李的支链氨基酸含量最高, 为 46.77 mg (100 g)<sup>-1</sup>。李果实中的氨基酸种类齐全, 含量存在一定的差异, 具有很大的开发利用价值。

**关键词:** 闽; 李; 蛋白质氨基酸; 非蛋白质氨基酸

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2012.06.006

## Amino Acid Composition and Nutrition Analysis of Plum Fruits in Fujian Province

YAN Sun-an, QIAN Ai-ping, YAO Qing-hua, LIN Xiang-xin, LIN Qiu\*

(Central Laboratory of Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fujian Key Laboratory of Precision Measurement of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China)

**Abstract:** In order to understand the nutrition value of plum (*Prunus salicina*) fruits from Fujian, the contents and composition of amino acids were determined by amino acid analyzer. The results showed that there were 18 protein amino acids and 3 non-protein amino acids in plum fruits. Taurine and protein amino acid contents in ‘Tianhuang’ plum fruits were the highest, accounting for 26.54 mg (100 g)<sup>-1</sup> and 496.14 mg (100 g)<sup>-1</sup>, respectively. The contents of ornithine, medicinal amino acid, sour amino acid in ‘American Plums Queen’ were the highest, accounting for 0.36 mg (100 g)<sup>-1</sup>, 364.67 mg (100 g)<sup>-1</sup>, and 298.28 mg (100 g)<sup>-1</sup>, respectively. The proportion of protein amino acid with special efficiency in ‘American Plums Queen’ was the highest for 73.45%. The  $\gamma$ -aminobutyric acid content was the highest in ‘Early Rounge’ plum fruits for 7.98 mg (100 g)<sup>-1</sup>. The branched chain amino acid content in ‘Big Rounge’ was the highest for 46.77 mg (100 g)<sup>-1</sup>. Therefore, the plum fruits contain all the amino acids, and the contents of amino acids are different. So plum fruits have great value in use.

**Key words:** Fujian; Plum; Protein amino acid; Non-protein amino acid

李(*Prunus salicina*)又名鸡血李、麦李、脆李、金沙李等, 为蔷薇科(Rosaceae)李属植物, 李属植物世界约有 30 种, 我国有 8 种<sup>[1-2]</sup>。李原产于我国中原地区, 目前在全国大部分地区都有种植, 产量最多

的省份为福建、广东、广西。李果实美丽、芳香、多汁、酸甜适口, 且富含糖、酸、蛋白质、碳水化合物及多种维生素, 是营养丰富的鲜食水果<sup>[2]</sup>。

目前, 对李的植物学性状、生物学特性、栽培技

收稿日期: 2012-02-28 接受日期: 2012-05-04

基金项目: 福建省财政专项(闽财指 2006-1253)资助

作者简介: 颜孙安(1981~), 男, 实验师, 主要从事色谱分析与氨基酸营养平衡研究。E-mail: yansunan1982@yahoo.com.cn

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: LINQIU3163@yahoo.com.cn

术、果实理化品质和抗逆性状等方面进行了较多研究<sup>[1-3]</sup>,但有关李果实的氨基酸组成的研究尚未见报道。本研究选择产自福建不同地区、不同品种的李进行氨基酸组分及营养价值分析,以深入探讨其内在品质,挖掘其食用和药用方面的价值,为其在食品、保健上的开发利用提供科学依据。

表 1 样品的来源

Table 1 Source of samples

编号 No.	品种 Cultivars	来源 Resource
P1	‘皇后’ ‘American Plums Queen’	福安市农业科学研究所 Institute of Fuan Agricultural Science
P2	‘黑琥珀’ ‘Black Amber’	宁德市古田县农科所 Institute of Agricultural Sciences in Gutian County, Ningde City
P3	‘红玫瑰’ ‘Red Rose’	福建省农业科学院果树研究所 Institute of Fruit Research, Fujian Academy of Agricultural Sciences
P4	‘宁岗芙蓉’ ‘Ninggang Furong’	福建省农业科学院果树研究所 Institute of Fruit Research, Fujian Academy of Agricultural Sciences
P5	‘田黄’ ‘Tianhuang’	福建省农业科学院果树研究所 Institute of Fruit Research, Fujian Academy of Agricultural Sciences
P6	‘永定芙蓉’ ‘Yongding Furong’	龙岩市永定县农科所 Institute of Agricultural Sciences in Yongding County, Longyan City
P7	‘早熟胭脂’ ‘Early Rounge’	福建省农业科学院果树研究所 Institute of Fruit Research, Fujian Academy of Agricultural Sciences
P8	‘福安芙蓉’ ‘Fu’an Furong’	福安市农业科学研究所 Institute of Fuan Agricultural Science
P9	‘大胭脂’ ‘Big Rounge’	永泰县农科所 Institute of Agricultural Science in Yongtai County
P10	‘永定’ ‘Yongding’	龙岩市永定县农科所 Institute of Agricultural Sciences in Yongding County, Longyan City
P11	‘尤溪芙蓉’ ‘Youxi Furong’	三明市农业科学研究所 Institute of Sanming Agricultural Science

**试验仪器** 日立 L-8800 型氨基酸自动分析仪(分析柱 4.6 mm × 60 mm,分析树脂 2622#;除氨柱 4.6 mm × 60 mm,除氨柱树脂 2650L)。

**标准品** 色氨酸(≥99%)、牛磺酸(≥98%)、鸟氨酸(≥98%)及 γ-氨基丁酸(≥99%)由上海嘉辰化工有限公司提供;其余 17 种氨基酸标准品均由 Sigma 公司提供。

**蛋白质氨基酸的测定** 除色氨酸外其他氨基酸的测定按照 GB/T 5009.124-2003 酸水解法。称取 2~3 g 的果肉匀浆置于 20 mL 水解管中,加入 6.0 mol L<sup>-1</sup> 盐酸 10.0 mL,置液氮或干冰(丙酮)中冷冻,然后抽真空至 7 Pa 后封管。将水解管放在 (110±1)℃ 恒温干燥箱中,水解 22~24 h。取出、冷却、开管、冲洗、定容、过滤,用移液管吸取适量的滤液置真空浓缩器中或浓缩器内(放置无水 CaCl<sub>2</sub> 和 NaOH)蒸干,必需时,加少许水,重复蒸干 1~2 次,加入 3~5 mL pH 2.2 柠檬酸钠缓冲液稀释(使样液中氨基酸浓度达 100~500 nmol mL<sup>-1</sup>) 摇匀,离心,过滤,取上清液待测。

**色氨酸的测定** 按照 GB/T 18246-2000 碱水解法测定色氨酸。称取 2~3 g 的果肉匀浆置于聚四氟乙烯衬管中,加入 4 mol L<sup>-1</sup> 氢氧化锂 1.5 mL,置液氮或干冰(丙酮)中冷冻,而后将衬管插入水解

## 1 材料和方法

供试材料为闽产李(*Prunus salicina*)共 11 个品种(表 1),由福建各地农科所于 6 月底至 8 月初提供,随机挑选各品种成熟度一致的果实约 1 kg,洗净,去皮去核后果肉匀浆待测。

管,抽真空至 7 Pa 后封管。将水解管放在 (110±1)℃ 恒温干燥箱中,水解 20 h。取出、冷却、开管、冲洗,加入 6.0 mol L<sup>-1</sup> 盐酸中和,用 pH 2.2 的柠檬酸钠缓冲液稀释定容,摇匀,离心,过滤,取上清液待测。

**非蛋白质氨基酸的测定** 称取 2~3 g 的果肉匀浆于具塞三角瓶内,加 5% 磺基水杨酸溶液 15 mL,在沸水浴上回流 5 min,后置 30℃ 热水浴中震荡 15 min,并放置 15 h 后,全部移入 50.0 mL 容量瓶内,用 pH 2.2 的柠檬酸钠缓冲液稀释至刻度,摇匀,离心,过滤,取上清液待测。

**必需氨基酸、非必需氨基酸与蛋白质氨基酸的含量** 蛋白质氨基酸总量用 TAA (Total amino acid)表示。人体必需氨基酸含量用 EAA (Essential amino acid)表示,为苏氨酸(Thr)、缬氨酸(Val)、苯丙氨酸(Phe)、蛋氨酸(Met)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)、赖氨酸(Lys)、色氨酸(Trp)等 8 种氨基酸含量之和。非必需氨基酸含量用 NEAA (Non-essential amino acid)表示,为天门冬氨酸(Asp)、谷氨酸(Glu)、甘氨酸(Gly)、脯氨酸(Pro)、酪氨酸(Tyr)、胱氨酸(Cys)、丝氨酸(Ser)、组氨酸(His)、精氨酸(Arg)、丙氨酸(Ala)、天冬酰胺(Asn)、谷氨酰胺(Gln)等 12 种氨基酸含量之和;儿童必需氨基酸含量用 CE (Child essential amino acid)表示,为 Arg 和 His 含量之和。

同时,计算必需氨基酸含量占氨基酸总量的百分比(E/T),必需氨基酸含量与非必需氨基酸含量之比(E/N),儿童必需氨基酸含量占氨基酸总量的百分比(CE/T)。

**药用氨基酸含量** 药用氨基酸<sup>[12]</sup>含量用MAA (Medicinal amino acid)表示,为 Asp、Glu、Gly、Met、Leu、Phe、Tyr、Lys 和 Arg 的含量之和。M/T 表示药用氨基酸含量占氨基酸总量的百分比。

**呈味氨基酸含量** 酸味类氨基酸含量用SOAA (Sour amino acid)表示,为 Asp、Glu 的含量之和;甜味氨基酸含量用SWAA (Sweet amino acid)表示,为 Thr、Ala、Gly、Pro、Ser 的含量之和;苦味类氨基酸含量用BIAA (Bitter amino acid)表示,为 Ile、Leu、Met、Phe、Trp、Val、His、Arg 的含量之和。

**支链氨基酸与芳香族氨基酸含量** 支链氨基酸含量用BCAA (Branched chain amino acid)表示,为 Val、Ile、Leu 的含量之和;芳香族氨基酸总量用AAA (Aromatic amino acid)表示,为 Phe、Tyr、Trp 的含量之和。计算支链氨基酸含量占必需氨基酸含量的百分比(BC/E)、芳香族氨基酸含量占必需氨基酸含量的百分比(A/E)、支链氨基酸同芳香族氨基酸的比值(BC/A)。

**氨基酸营养价值化学评价** 用非生物学评价法。氨基酸分(Amino acid score, AAS)按 Bane<sup>[4]</sup>的方法;化学分(Chemical Score, CS)按 FAO/WHO 等<sup>[5]</sup>推荐的方法;必需氨基酸指数(Essential amino acid index, EAAI)按 Oser<sup>[6]</sup>的方法;氨基酸比值系数分(Amino acid ratio coefficient score, SRCAA)按朱圣陶等<sup>[7]</sup>的方法;必需氨基酸相对比值(Essential amino acid relative ratio, EAARR)按赵建章<sup>[8]</sup>的方法。其中 SRCAA 要以 FAO/WHO 模式作为理想参考蛋白模式,其他评价法应以全蛋模式作为理想参考蛋白模式<sup>[9]</sup>。

**数据处理与分析** 试验数据用 Excel 和 SPSS 17.0 软件进行统计分析,结果以  $\bar{X} \pm S$  表示。

## 2 结果和分析

### 2.1 氨基酸含量及其种类

#### 2.1.1 蛋白质氨基酸种类及含量

自然界已发现的氨基酸至少有 300 多种,分为蛋白质氨基酸与非蛋白质氨基酸两大类。天然食物蛋白中的氨基酸有 20 多种,其中 20 种氨基酸是组成蛋白质的基本单位,按营养功能划分,其中 8

种为必需氨基酸,12 种为非必需氨基酸<sup>[10]</sup>。由表 2 可知,李果实中含有除 Asn 和 Gln 之外的 18 种蛋白质氨基酸,种类较齐全。11 个李品种的氨基酸总量为 235.58~496.14 mg (100 g)<sup>-1</sup>,其中含量最高的为 P5,其次为 P7,最低的为 P4;必需氨基酸总量为 60.40~101.60 mg (100 g)<sup>-1</sup>,其中含量最高的为 P7,其次为 P1,最低的为 P4;非必需氨基酸总量为 175.18~424.48 mg (100 g)<sup>-1</sup>,其中含量最高的为 P5,其次为 P7,最低的为 P4。

#### 2.1.2 非蛋白质氨基酸种类及含量

非蛋白质氨基酸是指不参与蛋白质构成的氨基酸,以游离氨基酸或小分子寡肽存在于生物中<sup>[10]</sup>。由表 3 可知,李果实中,鸟氨酸含量为 0~0.36 mg (100 g)<sup>-1</sup>,其中含量最高的为 P1,其次为 P6,在 P2、P4、P7、P9、P11 中未检出,具体原因有待于进一步研究;牛磺酸含量为 6.91~26.54 mg (100 g)<sup>-1</sup>,其中含量最高的为 P5,其次为 P11,最低的为 P9; $\gamma$ -氨基丁酸含量为 0.85~7.98 mg (100 g)<sup>-1</sup>,其中含量最高的为 P7,其次为 P9,最低的为 P1。

### 2.2 必需氨基酸组成分析

#### 2.2.1 人体必需氨基酸含量

由表 2 可知,李果实中人体必需氨基酸占氨基酸总量的 14.44%~25.64%,其中最高的为 P4,其次为 P11,最低的为 P5;李果实中人体必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为 0.17~0.34,其中最高的为 P4,其次为 P11,最低的为 P5。1973 年 FAO/WHO 提出理想蛋白质的标准是:E/T 在 40% 左右, E/N 在 0.60 以上<sup>[11]</sup>。因此,李果实中的蛋白质不符合理想蛋白质的标准。

#### 2.2.2 儿童必需氨基酸含量

除 8 种人体必需氨基酸外,儿童生长还需有精氨酸和组氨酸。由表 4 可知,李果实中儿童必需氨基酸总量为 11.11~21.81 mg (100 g)<sup>-1</sup>,其中含量最高的为 P7,其次为 P6,最低的为 P3。儿童必需氨基酸占氨基酸总量的 2.76%~4.95%,其中最高的为 P11,其次 P4,最低的为 P5。

### 2.3 药用氨基酸含量及组成分析

Glu、Asp、Arg、Gly、Phe、Tyr、Met、Leu、Lys 等 9 种氨基酸在一般植物中含量少,有些人体不能合成,但又是维持机体氮平衡所必需的,称为药用氨基酸<sup>[12]</sup>。由表 5 可知,李果实中的药用氨基酸含量为 141.80~364.67 mg (100 g)<sup>-1</sup>,是枇杷 (*Eriobotrya*

表2 李果实中的氨基酸含量(mg (100 g)<sup>-1</sup>)Table 2 Contents of proteinaceous amino acids (mg (100 g)<sup>-1</sup>) in *Prunus salicina* fruits

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Ile	9.17±0.12	7.58±0.11	10.14±0.06	6.15±0.11	7.68±0.08	9.44±0.08
Leu	14.80±0.07	12.26±0.10	10.93±0.07	11.93±0.11	12.74±0.03	16.31±0.08
Lys	19.29±0.10	15.02±0.01	14.61±0.07	15.86±0.05	16.06±0.08	19.92±0.05
Cys	0.83±0.03	0.87±0.03	0.91±0.03	0.51±0.02	1.31±0.05	1.12±0.04
Met	0.60±0.02	0.84±0.03	0.57±0.02	0.88±0.03	0.52±0.02	0.44±0.02
Tyr	5.01±0.04	3.66±0.04	3.13±0.02	4.31±0.03	4.67±0.02	5.80±0.04
Phe	9.97±0.05	8.81±0.04	8.45±0.04	7.59±0.02	9.75±0.03	10.10±0.04
Thr	16.92±0.06	9.43±0.03	9.12±0.04	8.47±0.03	11.67±0.04	12.31±0.03
Trp	0.57±0.02	0.81±0.01	0.55±0.01	0.84±0.01	0.84±0.02	0.42±0.01
Val	11.45±0.05	9.24±0.05	8.77±0.03	8.68±0.04	12.40±0.05	13.48±0.05
His	7.16±0.04	5.61±0.04	5.59±0.02	5.90±0.03	6.77±0.03	7.40±0.04
Arg	7.44±0.04	6.16±0.03	5.52±0.02	5.71±0.05	6.92±0.02	9.37±0.03
Asp	268.41±0.10	108.89±0.08	124.65±0.09	60.74±0.06	263.29±0.04	193.37±0.05
Ser	15.28±0.03	10.80±0.02	11.28±0.03	10.75±0.03	19.27±0.03	16.54±0.03
Glu	29.87±0.04	26.40±0.06	23.22±0.04	26.69±0.04	31.71±0.03	28.46±0.04
Pro	26.46±0.05	50.65±0.04	27.29±0.04	39.69±0.05	51.83±0.03	39.82±0.01
Ala	15.86±0.04	14.01±0.04	11.86±0.04	12.79±0.04	30.09±0.02	18.60±0.03
Gly	9.28±0.03	8.49±0.04	7.51±0.03	8.09±0.03	8.62±0.04	10.97±0.02
EAA	82.77±0.15	63.99±0.21	63.14±0.12	60.40±0.28	71.66±0.10	82.42±0.10
NEAA	385.60±0.36	235.54±0.06	220.96±0.13	175.18±0.12	424.48±0.15	331.45±0.06
TAA	468.37±0.29	299.53±0.17	284.10±0.13	235.58±0.16	496.14±0.14	413.87±0.06
E/T (%)	17.67	21.36	22.22	25.64	14.44	19.91
E/N	0.21	0.27	0.29	0.34	0.17	0.25
	P7	P8	P9	P10	P11	
Ile	11.57±0.06	7.97±0.06	8.03±0.07	8.08±0.07	8.76±0.10	
Leu	19.13±0.08	12.48±0.08	13.15±0.14	14.35±0.08	14.89±0.07	
Lys	26.05±0.06	16.95±0.12	16.66±0.01	18.99±0.10	20.68±0.12	
Cys	0.70±0.04	0.42±0.03	0.61±0.02	0.81±0.03	1.07±0.05	
Met	0.68±0.03	0.13±0.01	0.55±0.03	0.43±0.01	0.18±0.01	
Tyr	6.26±0.04	4.44±0.04	5.68±0.03	5.22±0.03	5.50±0.02	
Phe	12.07±0.03	7.54±0.03	8.33±0.03	9.72±0.03	9.38±0.04	
Thr	15.39±0.03	11.10±0.02	8.95±0.04	11.48±0.03	12.54±0.04	
Trp	0.64±0.02	0.11±0.01	0.52±0.02	0.44±0.02	0.81±0.01	
Val	16.07±0.04	11.69±0.03	11.47±0.03	11.88±0.03	13.63±0.03	
His	10.77±0.04	6.55±0.03	7.51±0.02	6.97±0.03	7.82±0.02	
Arg	11.04±0.04	6.72±0.03	7.20±0.03	8.12±0.03	8.21±0.02	
Asp	224.06±0.06	127.37±0.04	176.41±0.07	228.24±0.04	109.42±0.04	
Ser	19.97±0.04	17.21±0.04	14.74±0.04	19.71±0.02	19.73±0.03	
Glu	36.21±0.03	29.00±0.05	29.28±0.03	27.36±0.02	27.11±0.04	
Pro	47.72±0.02	16.07±0.03	37.49±0.03	29.35±0.03	24.21±0.06	
Ala	19.13±0.05	27.20±0.04	15.13±0.02	20.91±0.01	29.89±0.03	
Gly	13.00±0.03	8.42±0.01	8.44±0.04	9.44±0.02	10.20±0.03	
EAA	101.60±0.11	67.97±0.25	67.66±0.13	75.37±0.22	80.87±0.25	
NEAA	388.86±0.17	243.40±0.04	302.49±0.22	356.13±0.14	243.16±0.06	
TAA	490.46±0.15	311.37±0.20	370.15±0.15	431.50±0.17	324.03±0.26	
E/T (%)	20.72	21.83	18.28	17.47	24.96	
E/N	0.26	0.28	0.22	0.21	0.33	

表3 李果实中的非蛋白质氨基酸含量(mg (100 g)<sup>-1</sup>)Table 3 Content of nonprotein amino acids (mg (100 g)<sup>-1</sup>) in plum fruits

	鸟氨酸 Ornithine	牛磺酸 Taurine	γ-氨基丁酸 γ-Aminobutyric acid
P1	0.36±0.03	16.44±0.09	0.85±0.04
P2	N	14.71±0.04	2.14±0.03
P3	0.07±0.02	15.33±0.04	2.02±0.03
P4	N	14.95±0.05	2.14±0.04
P5	0.13±0.03	26.54±0.09	1.34±0.03
P6	0.35±0.04	15.50±0.04	2.89±0.03
P7	N	8.29±0.04	7.98±0.02
P8	0.19±0.02	14.90±0.05	1.02±0.04
P9	N	6.91±0.04	6.25±0.08
P10	0.09±0.01	15.40±0.04	4.62±0.03
P11	N	18.65±0.04	2.85±0.04

N: 未检出。

N: Not detected.

表4 李果实中的儿童必需氨基酸含量(mg (100 g)<sup>-1</sup>)Table 4 Contents of children essential amino acid (mg (100 g)<sup>-1</sup>) in *Prunus salicina* fruits

	儿童必需氨基酸 Child essential amino acid	%
P1	14.60±0.07	3.12
P2	11.77±0.06	3.93
P3	11.11±0.03	3.91
P4	11.61±0.05	4.93
P5	13.69±0.02	2.76
P6	16.77±0.04	4.05
P7	21.81±0.08	4.45
P8	13.27±0.05	4.26
P9	14.71±0.05	3.97
P10	15.09±0.05	3.5
P11	16.03±0.02	4.95

表5 李果实中的药用氨基酸含量(mg (100 g)<sup>-1</sup>)Table 5 Contents of medicinal amino acids (mg (100 g)<sup>-1</sup>) in *Prunus salicina* fruits

	药用氨基酸 Medicinal amino acid	%
P1	364.67±0.20	77.86
P2	190.53±0.06	63.61
P3	198.59±0.21	69.9
P4	141.80±0.04	60.19
P5	354.28±0.10	71.41
P6	294.74±0.04	71.22
P7	348.50±0.08	71.06
P8	213.05±0.20	68.42
P9	265.70±0.02	71.78
P10	321.87±0.11	74.59
P11	205.57±0.23	63.44

*japonica*)的2~5倍<sup>[13]</sup>,其中含量最高的为P1,其次为P5,最低的为P4。药用氨基酸含量占氨基酸总量的60.19%~77.86%,比枸杞(*Lycium chinense*)还高<sup>[12]</sup>,其中最高的为P1,其次为P10,最低的为P4。

## 2.4 呈味氨基酸含量

氨基酸是维系人体生命活动的重要物质,它不仅具有各种生理功能,还在食品的呈味方面起着重要作用<sup>[10]</sup>。由表6可知,李果实中的呈味氨基酸含量差异较大:酸味类氨基酸总量为87.43~298.28 mg (100 g)<sup>-1</sup>,其中含量最高的为P1,有较强的酸味,其次为P5,最低的为P4;甜味类氨基酸总量为67.06~121.48 mg (100 g)<sup>-1</sup>,其中最高的为P5,具有一些甜味,其次为P7,最低的为P3;苦味类氨基酸总量为47.68~81.97 mg (100 g)<sup>-1</sup>,其中最高的为P7,含较少苦味,其次为P6,最低的为P4。

表6 李果实中的呈味氨基酸含量(mg (100 g)<sup>-1</sup>)Table 6 Contents of flavor amino acids (mg (100 g)<sup>-1</sup>) in *Prunus salicina* fruits

	酸味氨基酸 Sour amino acid	甜味氨基酸 Sweet amino acid	苦味氨基酸 Bitter amino acid
P1	298.28±0.15	83.80±0.14	61.16±0.08
P2	135.29±0.09	93.38±0.04	51.31±0.19
P3	147.87±0.11	67.06±0.08	50.52±0.06
P4	87.43±0.05	79.79±0.02	47.68±0.17
P5	295.00±0.07	121.48±0.06	57.62±0.03
P6	221.83±0.03	98.24±0.04	66.96±0.04
P7	260.27±0.03	115.21±0.03	81.97±0.05
P8	156.37±0.03	80.00±0.00	53.19±0.11
P9	205.69±0.10	84.75±0.12	56.76±0.12
P10	255.60±0.05	90.89±0.01	59.99±0.10
P11	136.53±0.03	96.57±0.09	63.68±0.15

## 2.5 支链及芳香族氨基酸含量

蛋白质氨基酸根据分子结构分为支链氨基酸及芳香族氨基酸以及含硫氨基酸等<sup>[10]</sup>。支链氨基酸有保肝护肝、抑制癌细胞、降低胆固醇等功效<sup>[14]</sup>,正常人体及其他哺乳动物的支/芳值为3.0~3.5,当肝受伤时则降为1.0~1.5<sup>[15]</sup>。由表7可知,李果实中的支链氨基酸总量为26.76~46.77 mg (100 g)<sup>-1</sup>,其中最高的为P7,其次为P6,最低的为P4;占必需氨基酸总量的42.79%~48.26%,最高的为P9,其次为P6,最低的为P1;与芳香族氨基酸的比值为2.10~2.66,最高的为P8,接近正常人体的水平,符合人体健康理想食品标准,其次为P7,最低的为

表7 李果实中的支链及芳香族氨基酸含量(mg (100 g)<sup>-1</sup>)Table 7 Contents of branched chain and aromatic amino acids (mg (100 g)<sup>-1</sup>) in *Prunus salicina* fruits

	支链氨基酸 Branched chain amino acid (BC)	芳香族氨基酸 Aromatic amino acid (A)	BC/E (%)	A/E (%)	BC/A
P1	35.42±0.14	15.55±0.10	42.79	18.79	2.28
P2	29.08±0.19	13.28±0.09	45.44	20.75	2.19
P3	29.84±0.10	12.13±0.04	47.26	19.21	2.46
P4	26.76±0.22	12.74±0.05	44.3	21.09	2.1
P5	32.82±0.08	15.26±0.03	45.8	21.3	2.15
P6	39.23±0.11	16.32±0.03	47.6	19.8	2.4
P7	46.77±0.12	18.97±0.05	46.03	18.67	2.47
P8	32.14±0.11	12.09±0.02	47.29	17.79	2.66
P9	32.65±0.18	14.53±0.04	48.26	21.48	2.25
P10	34.31±0.13	15.38±0.07	45.52	20.41	2.23
P11	37.28±0.16	15.69±0.05	46.1	19.4	2.38

表8 李果实中人体必需氨基酸的营养价值评分

Table 8 Valuation of nutrition value of 11 essential amino acids in *Prunus salicina* fruits

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
AAS*	5.38	10.07	9.19	10.4	6.47	6.60	4.96	3.11	5.53	5.15	6.75
CS*	13.94	21.56	19.03	18.41	20.25	14.99	10.98	6.52	13.55	13.37	12.25
EAAI	27.17	37.11	36.57	43.95	24.98	30.13	30.58	25.85	28.86	26.31	39.81
EAARR	36.59	43.82	45.48	52.69	30.05	40.42	41.77	43.88	37.34	35.37	51.46
SRC*	41.6	57.04	50.5	53.63	54.64	46.78	44.42	37.54	49.17	45.41	48.11

\*: 第一限制氨基酸为 Met+Cys。

\*: The first limited amino acid was Met+Cys.

P4。芳香族氨基酸总量为 12.13~18.97 mg (100 g)<sup>-1</sup>, 最高的为 P7, 其次为 P6, 最低的为 P3; 占必需氨基酸总量的 17.79%~21.48%, P9 最高, 其次为 P5, 最低的为 P8。

## 2.6 必需氨基酸营养价值评价

人体组织细胞中蛋白质的氨基酸组成有一定的比例, 食品所提供的各种必需氨基酸的组成与此一致, 才能被机体充分利用。因此, 食品中必需氨基酸含量的多少是评价蛋白质食品营养价值的重要指标<sup>[10]</sup>。由表 8 可知, 李果实的 AAS 为 3.11~10.07, 其中最高的为 P2, 其次为 P4, 最低的为 P8, 第一限制氨基酸均为 Met+Cys; CS 为 6.52~21.56, 其中最高的为 P2, 其次为 P5, 最低的为 P8; EAAI 为 24.98~43.95, 其中最高的为 P4, 其次为 P11, 最低的为 P5; EAARR 为 30.05~52.69, 最高的为 P4, 其次为 P11, 最低的为 P5; SRC 为 37.54~57.04, 最高的为 P2, 其次为 P5, 最低的为 P8。

## 3 结论和讨论

氨基酸是重要营养成分之一, 不同的氨基酸组

成及含量直接影响其营养价值和保健价值<sup>[16]</sup>。与杨桃(*Averrhoa carambola*)<sup>[17]</sup>等常见水果相比, 李果实的氨基酸种类齐全, 有 18 种蛋白质氨基酸和 3 种非蛋白质氨基酸。从氨基酸含量来看, 李果实的蛋白质氨基酸总量及人体必需氨基酸含量均显著高于杨桃(蛋白质氨基酸总量 453.00 mg (100 g)<sup>-1</sup>, 人体必需氨基酸含量 66.00 mg (100 g)<sup>-1</sup>) 等 6 种常见的水果<sup>[17]</sup>。李果实中的药用氨基酸占氨基酸总量的 60.19%~77.86%, 比枸杞(约 60%)还高, 具有很高的药用价值<sup>[12]</sup>; 李果实中的支链氨基酸占必需氨基酸总量的 42.79%~48.26%, 其中‘皇后’李与‘宁岗芙蓉’李的支链氨基酸比例与人体组织细胞中的氨基酸比例(占 EAA 总量的 40%~45%)相似。

研究表明, 李果实中含有 Asp、Glu、Pro、Lys 等多种具有特殊功效的蛋白质氨基酸, 特别是‘皇后’李这 4 种氨基酸含量占氨基酸总量的 73.45%。Asp 有解除氨中毒的作用, 可用于肝病的治疗<sup>[10]</sup>。Glu 能在人体内与血氨结合, 形成对人体无害的谷氨酰胺, 减少人体代谢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<sup>[18]</sup>。Pro 有抗高血压作用,用于烫伤、营养不良、严重肠胃道疾患等病症的治疗及外科手术后的蛋白质补充。Lys 是合成核蛋白、血红蛋白及促进大脑神经细胞再生的重要氨基酸,与鸟氨酸盐是肝细胞再生药,用于治疗肝病<sup>[10]</sup>。

不同品种的李果实在氨基酸组成及含量上存在一定的差异,可根据不同的开发利用目标,选择合适的品种。‘皇后’李可用于药用、呈味、支链及特殊功效氨基酸的开发,还适用于鸟氨酸的提取;‘早熟胭脂’李适合于 $\gamma$ -氨基丁酸的提取;‘田黄’李可用于牛磺酸的提取。

生长在不同地域的‘芙蓉’李,其氨基酸组成及含量也存在较大差异,这除了与果树的选择性吸收、富集能力以及种植、施肥和管理方式等因素有关外,还与当地的气候条件密切相关<sup>[19]</sup>。不同品种李的最佳生长条件还有待于进一步研究和讨论。

## 参考文献

- [1] Yang L X. Study on isozyme genetic of plum varieties [J]. Shandong For Sci Techn, 2011(1): 38–40.  
杨立新. 李品种同工酶遗传性的研究 [J]. 山东林业科技, 2011(1): 38–40.
- [2] Zhang J Y. Disruptive progress of plum and apricot germplasm resources investigation in China [J]. Hort Seed, 2011(2): 7–10,37.  
张加延. 我国李杏种质资源调查研究的突破性进展 [J]. 园艺与种苗, 2011(2): 7–10,37.
- [3] Huang P, Lu S L. Regional cultivation test for plum varieties from foreign countries [J]. Hebei J For Orchard Res, 2006, 21(1): 59–62.  
黄鹏, 路生林. 国外李品种区域化栽培试验 [J]. 河北林果研究, 2006, 21(1): 59–62.
- [4] Chang S T, Quimio T H. Tropical Mushrooms: Biological Nature and Cultivation Methods [M]. Hong Kong: The Chinese University Press, 1982: 363–380.
- [5] FAO. Amino acid content of foods and biological data on proteins [C]// FAO Nutritional Studies No. 24: Food Policy and Food Science Service, Nutrition Division, FAO. Rome: FAO, 1970: 5–6.
- [6] Oser B L. An Integrated Essential Amino Acid Index for Predicting the Biological Value of Proteins [M]. New York: Academic Press, 1959: 281–295.
- [7] Zhu S T, Wu K. Nutritional evaluation of protein-ratio coefficient of amino acid [J]. Acta Nutr Sin, 1988, 10(2): 187–190.  
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.
- [8] Zhao J X. Study on new method of protein nutrition evaluation: Essential amino acid relative ratio method [J]. Food Ind, 1991(5): 38–40.  
赵建幸. 蛋白质营养评价新方法的研究——必需氨基酸相对比值法 [J]. 食品工业, 1991(5): 38–40.
- [9] Yan S A, Lin X X, Qian A P, et al. The study on the ideal reference protein model of chemical analysis and biological value [J]. Chin Agric Sci Bull, 2010, 26(23): 101–107.  
颜孙安, 林香信, 钱爱萍, 等. 化学分析法的理想参考蛋白模式及其化学生物价研究 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(23): 101–107.
- [10] Jiang Y. Application of Amino Acids [M]. Beijing: World Book Inc, 1996: 1–163.  
蒋滢. 氨基酸的应用 [M]. 北京: 世界图书出版公司, 1996: 1–163.
- [11] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Energy and protein requirements [C]// FAO Nutritional Studies, No. 52. FAO Nutrition Meeting Report Series. Geneva: WHO, 1973: 52–63.
- [12] Zhang X Y, Liu J, Yuan H Y, et al. Effect of surrounding conditions on protein and pharmacological amino acid of *Lycium barbarum* L. [J]. Agri Res Arid Areas, 2004, 22(3): 100–104.  
张晓煜, 刘静, 袁海燕, 等. 不同地域环境对枸杞蛋白质和药用氨基酸含量的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(3): 100–104.
- [13] Gao H Y, Jiang F, Zhang L J, et al. Analysis of the compositions and contents of amino acids in five late ripening loquat fruits [J]. Fujian Fruits, 2009(2): 37–41.  
高慧颖, 姜帆, 张立杰, 等. 5个枇杷晚熟品种果实氨基酸组成和含量分析 [J]. 福建果树, 2009(2): 37–41.
- [14] Lu Q E, Feng X Y, Liu X T, et al. Analysis of nutritional composition and content in Dinggui and crucian muscle [J]. Feed Res, 2006(3): 50–52.  
陆清儿, 冯晓宇, 刘新轶, 等. 丁鱕与鲫鱼肌肉营养成分组成和含量比较分析 [J]. 饲料研究, 2006(3): 50–52.
- [15] Chen J M, Ye J Y, Pan Q, et al. A nutrition composition analysis of dorsal flesh of *Erythroculter ilishaeformis* [J]. J Zhejiang Ocean Univ (Nat Sci), 2003, 2(4): 314–317.  
陈建明, 叶金云, 潘茜, 等. 翘嘴红鲌肌肉营养组成分析 [J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2003, 2(4): 314–317.
- [16] Jiang Y, Xu Y, Zhu G B. Human taste and amino acid taste [J]. Amino Acids Biot Resour, 2002, 24(4): 1–3.  
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): 1–3.
- [17] Zhang W M, Wei J, Shi R C, et al. Analysis of amino acid content and the composition in the tropical fruits and Noni fruit [J]. Amino Acids Biot Resour, 2008, 30(3): 37–41.  
张伟敏, 魏静, 施瑞诚, 等. 诺丽果与热带水果中氨基酸含量及组成对比分析 [J]. 氨基酸和生物资源, 2008, 30(3): 37–41.
- [18] Yu C L. Amino acid and human health [J]. Amino Acids Biot Resour, 1999, 21(4): 4–8.  
余传隆. 氨基酸与人类健康 [J]. 氨基酸和生物资源, 1999, 21(4): 4–8.
- [19] Chen M S. Plant Growth and Environment [M]. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 2007: 12–24.  
陈民生. 植物生长与环境 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2007: 12–24.