

不同品种荔枝果实游离氨基酸分析

杨苞梅¹, 姚丽贤¹, 国彬¹, 何兆桓¹, 李国良¹, 周昌敏¹, 涂仕华²

(1. 广东省农业科学院土壤肥料研究所, 广东省养分资源循环利用与耕地保育重点实验室, 广东 广州 510640;

2. 国际植物营养研究所成都办事处, 四川 成都 610066)

摘要: 为探明荔枝果实中游离氨基酸组成及含量, 采用 AccQ • Tag 柱前衍生反相高效液相色谱法测定紫娘喜、大丁香、黑叶、兰竹和甜眼荔枝果实中的 17 种游离氨基酸含量。结果表明: 测定方法重现性好, 精密度高; 甜眼果实中的人体必需氨基酸含量占氨基酸总量的 36.4%, 人体必需氨基酸含量与非必需氨基酸含量之比为 0.57, 较接近理想蛋白质的标准要求; 紫娘喜、大丁香、黑叶、兰竹和甜眼荔枝果实均含有丰富的药效氨基酸、鲜味氨基酸、甜味氨基酸以及少量的芳香族氨基酸, 但不同品种间的含量及比例差异较大。因此, 不同荔枝品种的口感和风味明显不同。

关键词: 反相高效液相色谱法; 6-氨基喹啉基-N-羟基琥珀酰亚胺基-氨基甲酸酯(AQC); 氨基酸; 荔枝

Analysis of Free Amino Acids in Litchi Fruits from Different Cultivars

YANG Bao-mei¹, YAO Li-xian¹, GUO Bin¹, HE Zhao-huan¹, LI Guo-liang¹, ZHOU Chang-min¹, TU Shi-hua²

(1. Guangdong Key Laboratory of Nutrient Cycling and Farmland Conservation, Soil and Fertilizer Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Chengdu Office of International Plant Nutrition Institute, Chengdu 610066, China)

Abstract: An AccQ • tag precolumn derivatization and reversed phase HPLC method was presented to determine the contents of 17 free amino acids in litchi fruits from 5 different cultivars, Ziniangxi, Dadingxiang, Heiye, Lanzhu and Tianyan. The method proved highly reproducible and precise. The ratio of essential amino acids to total amino acids was 36.4% and to non-essential amino acids 0.57 in Tianyan, indicating good agreement with the ideal human protein requirements. The five litchi cultivars were all rich in medicinal, umami and sweet amino acids with a difference in their contents and small amounts of several aromatic amino acids were also found. Therefore, different litchi cultivars distinctly differ in taste and flavor.

Key words: reversed phase high performance liquid chromatography; AQC; amino acids; litchi

中图分类号: S667.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)16-0249-04

荔枝(*Litchi chinensis* Sonn), 为无患子科(Sapindaceae)荔枝属(*Litchi*)植物, 原产于我国南部, 被誉为中华之珍品^[1]。氨基酸是果实品质的组成成分之一, 并参与果实其他品质特征成分和风味物质的合成^[2]。果实中氨基酸组分的准确定性定量分析, 对正确评价水果品质具有重要意义。

氨基酸是组成蛋白质的基本单位, 是生物体中不可缺少的营养成分之一。目前, 氨基酸的分析测定方法较多, 现阶段应用最多的是氨基酸自动分析仪法, 但随着氨基酸分析技术的发展, 柱前衍生反相高效液相色谱法因其通用性强、选择性好、分离度高、可用于多种物质分析等优点而发展最快, 因而广泛应用于氨基酸

的分析测定^[3-4]。目前, 采用柱前衍生反相高效液相色谱法测定荔枝花粉^[5]的游离氨基酸及采用氨基酸自动分析仪测定荔枝核^[6]的游离氨基酸已有报道, 但关于荔枝果肉的氨基酸组成及其含量研究尚未见有报道。AccQ • Tag 方法是美国 Waters 公司专为柱前衍生高效液相分析氨基酸而开发的创新方法, 其核心在于名为 AQC(6-氨基喹啉基-N-羟基琥珀酰亚胺基-氨基甲酸酯)的专利衍生剂能与所有含氨基的化合物发生快速、定量反应^[7-9]。目前国内外对荔枝的植物学性状、生物学特性、栽培技术、果实理化品质和抗氧化成分分析等方面的研究较多, 但关于荔枝氨基酸组成及营养价值的研究尚未见详细的报道。本实验采用 AccQ • Tag 柱前衍生反相高效

收稿日期: 2010-11-09

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(nycytx-32); 国际植物营养研究所资助项目

作者简介: 杨苞梅(1983—), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事植物营养与生理研究。E-mail: yangbaomei163@163.com

液相色谱法分析测定我国荔枝主栽品种果实的游离氨基酸组成及含量,旨在为荔枝的品质及功效成分研究提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

供试荔枝为国内荔枝主产区的主栽品种,分别为广东省高州市的黑叶(21.77715° N, 111.00111° E)和增城市的甜眼(23.24423° N, 113.76718° E),福建省漳州市的兰竹(24.47054° N, 117.62058° E),海南省海口市紫娘喜(19.92593° N, 110.28575° E)和大丁香(19.90411° N, 110.26947° E)。在荔枝成熟期收获整株果实,充分混匀后采集果实样本各3个,带回实验室即时分析荔枝果肉的17种游离氨基酸含量。

天冬氨酸(Asp)、丝氨酸(Ser)、谷氨酸(Glu)、甘氨酸(Gly)、组氨酸(His)、精氨酸(Arg)、苏氨酸(Thr)、丙氨酸(Ala)、脯氨酸(Pro)、半胱氨酸(Cys)、酪氨酸(Tyr)、缬氨酸(Val)、蛋氨酸(Met)、赖氨酸(Lys)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)和苯丙氨酸(Phe)标准品和混合品、AQC柱前衍生剂、乙酸钠-三乙胺缓冲液 美国 Waters 公司;乙腈为色谱纯;实验用水为 MilliQ 高纯水。

2695 高效液相色谱仪(配 2475 荧光检测器和色谱工作站) 美国 Waters 公司;RE-52AA 真空旋转蒸发仪 上海亚荣生化仪器厂;Lab dancer 涡旋混合器 德国 IKA 公司;KQ5200DE 超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司;UFE600 烘箱 德国 MEmmERT 公司。

1.2 方法

1.2.1 色谱条件

表 1 梯度洗脱程序表

Table 1 Mobile phase composition for HPLC gradient elution

时间 / min	流速 / (mL/min)	流动相体积配比 /%			曲线
		A	B	C	
0.00	1.00	100.0	0.0	0.0	
0.50	1.00	99.0	1.0	0.0	11
18.00	1.00	95.0	5.0	0.0	6
19.00	1.00	91.0	9.0	0.0	6
29.50	1.00	83.0	17.0	0.0	6
33.00	1.00	0.0	60.0	40.0	11
36.00	1.00	100.0	0.0	0.0	11
45.00	1.00	100.0	0.0	0.0	6

色谱柱为 Waters AccQ • Tag 氨基酸分析柱(3.9mm × 150mm, 4μm);流速:1.0mL/min;柱温 37℃;荧光检测激发波长 250nm、发射波长 395nm。流动相 A 为乙酸钠-三乙胺缓冲液[使用时以 1:10(V/V)用高纯水稀释,

超声波脱气 1min];流动相 B 为乙腈;流动相 C 为高纯水。梯度洗脱程序见表 1。

1.2.2 样品处理及柱前衍生

取荔枝果肉捣碎成浆,浆汁于 6000r/min 离心 15min,取上清液 0.45μm 膜过滤,滤液于 4℃ 冰箱保存,备用。并同步做果肉密度实验。

移取 10μL 已稀释的样品注入 6mm × 50mm 衍生管底部,加入 170μL 硼酸盐缓冲液,涡旋混合。另移取 20μL 刚配好的 AccQ • Fluor 衍生剂,在涡旋状态下加入衍生管中,并保持涡旋混合 10s。室温放置 1min,用石蜡膜封口,放在 55℃ 恒温烘箱内加热 10min,取出冷却至室温,直接进样 20μL 分析。

1.2.3 氨基酸的定性及定量测定

根据氨基酸标准品的保留时间和荧光光谱对样品中的氨基酸定性,用 Waters 色谱工作站测定纯度后,依据外标曲线计算氨基酸的含量/(μg/g)。

1.2.4 氨基酸组成的分析方法

1.2.4.1 计算人体、儿童必需氨基酸含量占氨基酸总量的质量分数

氨基酸总量用 T 表示,人体必需氨基酸含量(Ile、Leu、Lys、Thr、Val、Phe、Met 含量之和)用 E 表示,非必需氨基酸含量(Cys、His、Arg、Ala、Asp、Glu、Gly、Pro、Ser、Tyr 含量之和)用 N 表示,儿童必需氨基酸含量(His 和 Arg 含量之和)用 CE 表示。计算人体必需氨基酸含量占氨基酸总量的百分比(E/T)、儿童必需氨基酸含量占氨基酸总量的质量分数(CE/T)及人体必需氨基酸含量与非必需氨基酸含量之比(E/N)。

1.2.4.2 计算各种人体必需氨基酸占氨基酸总量的相对含量

分别计算 Thr、Val、Met + Cys、Ile、Leu、Phe + Tyr 和 Lys 占氨基酸总量的质量分数,并与 1973 年 FAO/WHO 修订的人体必需氨基酸含量模式谱(以下简称氨基酸模式谱)比较^[10]。

1.2.4.3 计算各类味觉氨基酸含量

鲜味氨基酸含量为 Glu 和 Asp 之和,甜味氨基酸含量为 Ala、Gly、Ser 和 Pro 含量之和,芳香族氨基酸为 Tyr 和 Phe 含量之和。并计算鲜味氨基酸、甜味氨基酸和芳香族氨基酸占氨基酸总量的质量分数。

试验数据用 SAS 9.0 国际通用统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 方法的回归方程、相关系数及检出限

配制浓度分别为 2、5、10、15、25、50μmol/L 的氨基酸混标溶液,每一标准液依上法衍生后取 20μL 进行测定,以氨基酸溶液浓度为横坐标、峰面积为纵

表3 荔枝中所含人体必需氨基酸和儿童必需氨基酸的含量及比例

Table 3 Proportions of total essential amino acids, human essential amino acids, children s essential amino acids and non-essential amino acids in litchi fruits from 5 different cultivars

品种	T/(μg/g)	E/(μg/g)	N/(μg/g)	CE/(μg/g)	E/N	E/T/%	CE/T/%
黑叶	1188 ± 43 ^c	198 ± 11 ^c	990 ± 32 ^c	174 ± 16 ^b	0.20 ± 0.00 ^b	16.7 ± 0.3 ^b	14.7 ± 0.9 ^c
兰竹	1900 ± 44 ^a	191 ± 5 ^c	1709 ± 39 ^a	346 ± 5 ^a	0.11 ± 0.00 ^c	10.1 ± 0.1 ^c	18.2 ± 0.2 ^b
甜眼	1867 ± 13 ^a	679 ± 19 ^a	1188 ± 6 ^{bc}	218 ± 0 ^b	0.57 ± 0.02 ^a	36.4 ± 0.8 ^a	11.7 ± 0.1 ^d
紫娘喜	1761 ± 347 ^{ab}	309 ± 86 ^b	1452 ± 260 ^{ab}	404 ± 88 ^a	0.21 ± 0.02 ^b	17.6 ± 1.5 ^b	22.9 ± 0.5 ^a
大丁香	1470 ± 115 ^{bc}	248 ± 32 ^{bc}	1222 ± 84 ^{bc}	218 ± 14 ^b	0.20 ± 0.01 ^b	16.9 ± 1.0 ^b	14.8 ± 0.6 ^c

注：同一列数据肩标不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

表4 荔枝中所含人体必需氨基酸的比例与氨基酸模式谱的比较

Table 4 Essential amino acid composition of litchi fruits from 5 different cultivars

品种	Thr	Val	Met + Cys	Ile	Leu	Phe + Tyr	Lys
氨基酸模式谱	4.0	5.0	3.5	4.0	7.0	6.0	5.5
黑叶	1.5 ± 0.0 ^c	5.1 ± 0.1 ^b	4.8 ± 0.6 ^a	2.0 ± 0.0 ^b	1.0 ± 0.1 ^c	4.3 ± 0.1 ^a	1.9 ± 0.1 ^a
兰竹	0.8 ± 0.0 ^d	3.6 ± 0.1 ^c	1.5 ± 0.1 ^c	1.1 ± 0.0 ^c	0.5 ± 0.0 ^d	1.6 ± 0.1 ^c	1.0 ± 0.0 ^b
甜眼	31.8 ± 0.8 ^a	2.2 ± 0.0 ^d	0.0 ± 0.0 ^d	0.4 ± 0.0 ^c	0.3 ± 0.0 ^e	1.3 ± 0.0 ^c	0.9 ± 0.0 ^c
紫娘喜	1.9 ± 0.1 ^c	6.5 ± 0.7 ^a	2.2 ± 0.4 ^b	2.8 ± 0.7 ^{ab}	1.9 ± 0.0 ^b	2.4 ± 0.4 ^b	0.3 ± 0.0 ^e
大丁香	3.0 ± 0.5 ^b	4.7 ± 0.3 ^b	2.2 ± 0.1 ^b	3.1 ± 0.4 ^a	2.3 ± 0.1 ^a	1.7 ± 0.2 ^c	0.4 ± 0.0 ^d

坐标，绘制氨基酸的标准工作曲线，并利用峰面积与浓度进行线性回归，以信噪比为 10 计算检出限，结果如表 2 所示。

表2 线性回归方程、相关系数、相对标准偏差及检出限

Table 2 Linear regression equations, correlation coefficients, RSD and detection limits of 17 amino acids derivatives

氨基酸	线性回归方程	相关系数	检出限 / (μg/L)	相对标准偏 差 /%(n = 3)
Asp	$y = 694701x + 182148$	0.99990	4.0	1.25
Ser	$y = 1000000x + 469249$	0.99995	2.2	1.74
Glu	$y = 820867x + 205722$	0.99990	3.8	1.41
Gly	$y = 1000000x + 736704$	0.99975	1.5	1.11
His	$y = 2000000x + 610235$	0.99995	2.2	1.98
Arg	$y = 2000000x + 1000000$	0.99980	1.1	2.84
Thr	$y = 2000000x + 1000000$	0.99980	0.7	3.15
Ala	$y = 1000000x + 310022$	0.99995	0.4	3.14
Pro	$y = 791476x + 1000000$	0.99985	1.8	3.75
Cys	$y = 228436x + 245688$	0.99965	5.2	4.36
Tyr	$y = 2000000x + 2000000$	0.99980	1.3	4.28
Val	$y = 3000000x + 2000000$	0.99990	0.7	3.15
Met	$y = 2000000x + 2000000$	0.99990	1.0	3.42
Lys	$y = 959022x + 940510$	0.99975	2.0	2.71
Ile	$y = 3000000x + 2000000$	0.99995	0.7	3.07
Leu	$y = 3000000x + 2000000$	0.99990	0.8	3.01
Phe	$y = 5000000x + 2000000$	0.99995	0.8	3.37

2.2 氨基酸标准溶液的色谱分离

按上述色谱条件进行操作，17 种氨基酸混合标准液 AQC 衍生物的色谱分离见图 1，所有衍生物均可获得较好的分离。

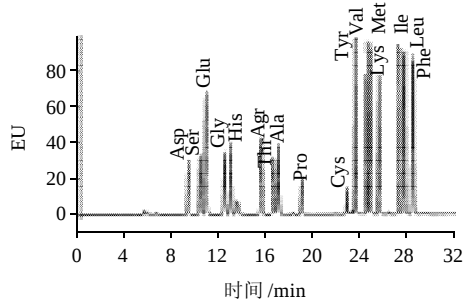


图1 标准氨基酸衍生物的色谱分离谱图

Fig.1 Chromatograms of 17 amino acid standard derivatives

2.3 荔枝果实氨基酸含量及组成

2.3.1 必需氨基酸含量及组成

由表 3、4 可知，不同品种荔枝果实氨基酸总量、人体必需氨基酸总量、人体非必需氨基酸总量及儿童氨基酸总量均存在显著性差异。兰竹果实中氨基酸总量最高，而人体必需氨基酸总量及比例最低；黑叶果实中氨基酸总量最低；甜眼果实中人体必需氨基酸总量最高；紫娘喜果实中儿童必需氨基酸含量及比例均最高，其次是兰竹，黑叶含量最低，甜眼比例最低。1973 年 FAO/WHO 提出的理想蛋白质的标准是 E/T 为 40% 左右^[10]， E/N 在 0.60 以上^[10]。可见，甜眼果实中的蛋白质较接近理想蛋白质的要求，而其他 4 种荔枝果实中的蛋白质均未达到理想蛋白质的要求。与氨基酸模式谱比较，黑叶仅有 Val 和 Met + Cys 两项、甜眼仅 Thr 一项及紫娘喜仅有 Val 一项指标符合氨基酸模式谱，而兰竹和大丁香则无任何指标符合氨基酸模式谱。

表5 荔枝中所含药效氨基酸含量

Table 5 Medicinal amino acids and their relative contents in litchi fruits from 5 different cultivars

μg/g

品种	Asp	Glu	Gly	Arg	Tyr	Lys	Leu	Phe	总计	相对含量/%
黑叶	155 ± 6 ^b	383 ± 22 ^b	21 ± 1 ^b	59 ± 8 ^c	38 ± 1 ^a	23 ± 2 ^b	12 ± 1 ^b	13 ± 0 ^b	703 ± 22 ^a	59.2 ± 1.9 ^a
兰竹	58 ± 1 ^d	184 ± 5 ^c	12 ± 0 ^c	143 ± 3 ^b	20 ± 1 ^b	25 ± 1 ^a	13 ± 0 ^b	10 ± 0 ^c	467 ± 1 ^b	24.6 ± 0.6 ^e
甜眼	91 ± 1 ^c	499 ± 4 ^a	11 ± 0 ^c	21 ± 0 ^d	12 ± 0 ^c	17 ± 0 ^c	6 ± 0 ^c	13 ± 0 ^b	669 ± 5 ^a	35.8 ± 0.5 ^c
紫娘喜	282 ± 28 ^a	130 ± 11 ^d	25 ± 5 ^b	207 ± 35 ^a	11 ± 2 ^c	5 ± 1 ^d	33 ± 7 ^a	33 ± 16 ^a	726 ± 99 ^a	41.6 ± 2.7 ^b
大丁香	140 ± 5 ^b	116 ± 21 ^d	39 ± 3 ^a	112 ± 4 ^b	9 ± 2 ^d	6 ± 0 ^d	34 ± 3 ^a	16 ± 3 ^b	472 ± 34 ^b	32.2 ± 0.3 ^d

表6 荔枝中所含味觉氨基酸含量

Table 6 Tasty amino acids, aromatic amino acids and their relative contents in litchi fruits from 5 different cultivars

μg/g

品 种	鲜味氨基酸				甜味氨基酸						芳香族氨基酸			
	Glu	Asp	总计	相对含量/%	Ala	Gly	Ser	Pro	总计	相对含量/%	Tyr	Phe	总计	相对含量/%
黑叶	383 ± 22 ^b	155 ± 6 ^b	537 ± 23 ^b	45.2 ± 2.4 ^a	48 ± 4 ^d	21 ± 1 ^b	88 ± 6 ^{abc}	75 ± 14 ^b	231 ± 24 ^d	19.4 ± 1.4 ^d	38 ± 1 ^a	13 ± 0 ^b	51 ± 1 ^a	4.3 ± 0.1 ^a
兰竹	184 ± 5 ^c	58 ± 1 ^d	242 ± 4 ^d	12.8 ± 0.5 ^e	451 ± 7 ^b	12 ± 0 ^c	61 ± 1 ^{bc}	544 ± 28 ^a	1069 ± 37 ^a	56.2 ± 0.6 ^a	20 ± 1 ^b	10 ± 0 ^b	31 ± 2 ^{bc}	1.6 ± 0.1 ^c
甜眼	499 ± 4 ^a	91 ± 1 ^c	589 ± 4 ^a	31.6 ± 0.5 ^b	278 ± 2 ^c	11 ± 0 ^c	43 ± 0 ^c	36 ± 0 ^c	369 ± 1 ^c	19.7 ± 0.2 ^d	12 ± 0 ^c	13 ± 0 ^b	24 ± 0 ^c	1.3 ± 0.0 ^c
紫娘喜	130 ± 11 ^d	282 ± 28 ^a	411 ± 37 ^c	23.8 ± 2.7 ^c	462 ± 84 ^b	25 ± 5 ^b	133 ± 47 ^a	4 ± 2 ^e	624 ± 37 ^b	35.3 ± 0.9 ^c	11 ± 2 ^c	33 ± 16 ^a	44 ± 16 ^{ab}	2.4 ± 0.4 ^b
大丁香	116 ± 21 ^d	140 ± 5 ^b	256 ± 23 ^d	17.4 ± 0.5 ^d	575 ± 27 ^a	39 ± 3 ^a	109 ± 21 ^{ab}	16 ± 2 ^d	739 ± 48 ^b	50.3 ± 0.8 ^b	9 ± 2 ^d	16 ± 3 ^b	25 ± 5 ^c	1.7 ± 0.0 ^c

2.3.2 药效氨基酸含量及组成

表5表明,黑叶、兰竹、甜眼、紫娘喜和大丁香果实中含有丰富的药效氨基酸。5种荔枝品种中,紫娘喜果实中的8种药效氨基酸总量最高,其次是黑叶,再次是甜眼,而兰竹最低。8种药效氨基酸总和占氨基酸总量的比例大小依次为黑叶>紫娘喜>甜眼>大丁香>兰竹。黑叶中含量最高的是Glu,其次是Asp、Arg、Tyr、Lys、Gly和Phe,Leu含量最低;兰竹中含量最高的是Glu,其次是Arg、Asp、Lys、Tyr、Leu和Gly,Phe含量最低;甜眼中含量最高的是Glu,其次是Asp、Arg、Lys、Phe、Tyr和Gly,Leu含量最低;紫娘喜中含量最高的是Asp,其次是Arg、Glu、Leu、Phe、Gly和Tyr,Lys最低;大丁香中含量最高的是Asp,其次是Glu、Arg、Gly、Leu、Phe和Tyr,Lys含量最低。可见,5种荔枝果实中含量较高的药效氨基酸是Glu、Asp和Arg,含量较低是Lys和Leu。

2.3.3 味觉氨基酸含量

由表6可知,荔枝果实含有丰富的鲜味氨基酸和甜味氨基酸以及少量的芳香族氨基酸,但不同品种间的含量及比例差异较大。5种荔枝品种中,甜眼果实中的鲜味氨基酸含量之和最高,黑叶位居第1,其次是紫娘喜,再次是大丁香,而兰竹最低。鲜味氨基酸含量之和占氨基酸总量的比例大小依次为黑叶>甜眼>紫娘喜>大丁香>兰竹。兰竹果实中的甜味氨基酸含量之和及占氨基酸总量的比例均最高,大丁香位居第二,其次是紫娘喜,再次是甜眼,黑叶最低。黑叶果实中的芳香族氨基酸含量之和及占氨基酸总量的比例均位居第一,紫娘喜位居第二,而甜眼均最低。因此,不同荔枝品种的口味风味明显不同。

3 结 论

甜眼荔枝果实中的人体必需氨基酸含量占氨基酸总量的质量分数为36.4%,人体必需氨基酸含量与非必需氨基酸含量之比为0.57,较接近理想蛋白质的要求。紫娘喜、大丁香、黑叶、兰竹和甜眼5种荔枝果实含有丰富的鲜味氨基酸和甜味氨基酸以及少量的芳香族氨基酸,但不同品种间的含量及比例差异较大。5种荔枝中,甜眼果实中的鲜味氨基酸含量之和最高,黑叶果实中的鲜味氨基酸含量之和占氨基酸总量的比例最高,兰竹果实中的甜味氨基酸含量之和及占氨基酸总量的比例均最高。因此,不同荔枝品种的口味风味明显不同。

参考文献:

- [1] 农业部发展南亚热带作物办公室. 中国热带南亚热带果树[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 69-90.
- [2] KEUTGEN A J, PAWELZIK E. Contribution of amino acids to strawberry fruit quality and their relevance as stress indicators under NaCl salinity[J]. Food Chemistry, 2008, 111(3): 642-647.
- [3] 侯松媚, 孙敬, 何红波, 等. AQC柱前衍生反相高效液相色谱法测定土壤中氨基酸[J]. 分析化学, 2006, 34(10): 1395-1400.
- [4] 吴光斌, 陈发河. 柱前衍生高效液相色谱法测定食品中的氨基酸含量[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2006, 19(3): 26-30.
- [5] 陈献雄, 杨剑. HPLC法测定荔枝花粉中氨基酸含量[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(25): 10750-10751; 10778.
- [6] 黄雪松, 陈杰. 测定荔枝核中游离氨基酸[J]. 氨基酸与生物资源, 2007, 29(2): 11-14.
- [7] 卢珍华, 郭彩华. AccQ·Tag法测定绿豆蛋白酶解液中的氨基酸含量[J]. 食品科学, 2006, 27(2): 238-241.
- [8] 陈永波, 饶斌, 覃兰. AccQ·Tag法应用技巧[J]. 氨基酸和生物资源, 2001, 23(4): 47-49.
- [9] 庞新安, 万英, 王亚萍. AccQ·Tag柱前衍生反相高效液相色谱法测定果品中氨基酸含量[J]. 安徽农业通报, 2007, 13(16): 32-34.
- [10] 天津工业学院, 无锡轻工业学院. 食品生物化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002.