



## 福建省花生地方品种营养特性分析

颜孙安, 林香信, 刘文静, 黄敏敏, 黄彪, 姚清华

### 引用本文:

颜孙安, 林香信, 刘文静, 黄敏敏, 黄彪, 姚清华. 福建省花生地方品种营养特性分析[J]. *热带亚热带植物学报*, 2023, 31(3): 380–386.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4593>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 六个品种花椰菜花球的营养成分分析与评价

Nutrient Analysis and Evaluation of Six Cauliflower Varieties

*热带亚热带植物学报*. 2022, 30(3): 349–356 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4471>

#### 米老排叶片营养成分与利用前景分析

Nutritional Ingredients in Leaves of *Mytilaria laosensis* and Its Utilization Prospects

*热带亚热带植物学报*. 2021, 29(4): 367–373 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4324>

#### 5个番石榴品种果实食用品质和香气特征分析

Analysis of Edible Quality and Aroma Characteristics of Fruits in Five Cultivars of *Psidium guajava*

*热带亚热带植物学报*. 2023, 31(3): 408–416 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4601>

#### 根际不同供氮水平对紫青菜生长和营养品质的影响

Effect of Nitrogen Supply Level in Rhizosphere on Growth and Nutritional Quality of Purple Pak-choi

*热带亚热带植物学报*. 2016, 24(1): 56–62 <https://doi.org/10.11926/j.issn.1005-3395.2016.01.008>

#### 蔓花生PEPC基因家族的生物信息学分析

Bioinformatics Analysis of PEPC Gene Family in *Arachis duranensis*

*热带亚热带植物学报*. 2018, 26(2): 107–115 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3804>

向下翻页, 浏览PDF全文

# 福建省花生地方品种营养特性分析

颜孙安, 林香信, 刘文静, 黄敏敏, 黄彪, 姚清华\*

(农业农村部农产品质量安全风险评估实验室(福州), 福建省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 福建省农产品质量安全重点实验室, 福州 350003)

**摘要:** 为挖掘并精准利用福建地方特色花生(*Arachis hypogaea*)资源, 以‘赖坊’、‘衙口小琉球’、‘朱口小籽’、‘文亨红衣’、‘洋后’等 5 种地理标志花生为研究对象, 描述生物学性状, 比较分析其营养(脂肪酸、矿质元素、维生素 E、甾醇和白藜芦醇等)差异。结果表明, 供试花生外形特征和种皮颜色有明显的差异, 主茎高或侧枝长与单株生产力均呈负相关; 部分品种间的蛋白质、脂肪、可溶性糖、膳食纤维、脂肪酸、矿质元素和天然功能性成分含量差异显著( $P<0.05$ ), 其中‘衙口小琉球’的蛋白质含量最高, ‘朱口小籽’的脂肪、油亚比、维生素 E、白藜芦醇含量最高, ‘文亨红衣’的铁、植物甾醇含量最高。供试的 5 个花生品种均达到食用花生 1 级、油用花生 3 级标准, 且地方特征明显, 更适合直接食用。

**关键词:** 花生; 生物学性状; 营养品质; 活性物质; 品种

doi: 10.11926/jtsb.4593

## Nutrition Characterization of Peanut (*Arachis hypogaea*) Varieties from Fujian, China

YAN Sun'an, LIN Xiangxin, LIU Wenjing, HUANG Minmin, HUANG Biao, YAO Qinghua\*

(Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agro-products, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Technology Research, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fujian Key Laboratory of Quality and Safety of Agri-Products, Fuzhou 350003, China)

**Abstract:** To excavate and accurately utilize *Arachis hypogaea* resources in Fujian, five geographical indication varieties with different phenotype and seed coat color, including ‘Laifang’, ‘Yakouxiaoliuqi’, ‘Zhukouxiaozi’, ‘Wenhenghongyi’ and ‘Yanghou’, were collected. Their biological traits were described in details and the nutritional components, such as fatty acid, mineral element, vitamin E, and sterols were analyzed. The appearance characteristics and seed coat color of these peanut varieties were different. The main stem height or lateral branch length was negatively correlated with individual plant productivity. Contents of protein, fat, soluble sugar, dietary fiber, fatty acid, mineral elements and bioactive components in different peanut varieties were significantly different ( $P<0.05$ ). Among these, the contents of protein in ‘Yakouxiaoliuqi’, fat, O/L value, vitamin E, and resveratrol in ‘Zhukouxiaozi’, Fe and phytosterol in ‘Wenhenghongyi’ was the highest, respectively. These results indicated that all five special peanuts accord with the grade 1 standards for direct consumption and grade 3 peanuts for oil, and have obvious local characteristics such as high iron contents.

**Key words:** Peanut; Biological traits; Nutritional quality; Active substance; Variety

收稿日期: 2021-12-10 接受日期: 2022-03-18

基金项目: 福建省“5511”协同创新工程项目(XTCXGC2021020); 福建省公益类科研院所专项(2020R1022006); 福建省农业科学院创新团队项目(CXTD2021011-1)资助

This work was supported by the Project for “5511” Collaborative Innovation in Fujian Province (Grant No. XTCXGC2021020), the Special Project of Public Welfare Research Institute in Fujian Province (Grant No. 2020R1022006), and the Project for Innovation Team of Fujian Academy of Agricultural Sciences (Grant No. CXTD2021011-1).

作者简介: 颜孙安(1981 年生), 男, 高级实验师, 主要从事农产品营养与质量安全研究。E-mail: yansunan1982@163.com

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yaoyaoshuimu@163.com

花生(*Arachis hypogaea*)是一种重要的食、油兼用作物。2019年,我国花生种植面积约 $4.67 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ,在大宗作物中居第7位,约占全球花生种植面积的17%<sup>[1-2]</sup>。花生富含蛋白、脂肪及大量的维生素E、植物甾醇等天然活性物质,且不含固有的抗营养因子,生食熟食均可,深受消费者喜爱<sup>[3-4]</sup>。种质资源是花生新品种选育的物质基础。我国花生种质资源丰富,在种质库保存的有7000余份,不同花生品种间营养存在明显差异。张忠信等<sup>[4]</sup>报道河南、山东、河北等地的26个花生品种籽仁的油酸和亚油酸含量有显著差异,结合秸秆的营养价值,筛选出10个仁秆两用型花生品种。杜寅等<sup>[5]</sup>比较了我国主要花生种植区的170个花生品种的蛋白质组分及其亚基相对含量,初步探明了我国花生蛋白开发利用的潜力。此外,对花生品种间维生素E、植物甾醇等功能活性成分的组成特征也进行了比较研究<sup>[6-9]</sup>。

福建省( $23^{\circ}33' \sim 28^{\circ}19' \text{ N}$ ,  $115^{\circ}50' \sim 126^{\circ}43' \text{ E}$ )地处我国东南部,属亚热带海洋性季风气候,温热同季,适于花生种植。作为中国最早引进花生栽培的省份之一,福建具有丰富的花生种质资源,在花生品种资源研究中居于重要地位<sup>[10]</sup>。近年对福建部分花生品种的农艺性状、品质性状和抗病性进行鉴定和评价,并分析了遗传多样性<sup>[10-12]</sup>,但对福建地区花生品种的营养品质特征的全面比较研究尚未见报道。本研究以福建地区获得国家地理标志的‘赖坊’、‘衙口小琉球’、‘朱口小籽’、‘文亨红衣’、‘洋后’等5个花生品种为对象,比较品种间的生物学性状差异,分析其基本营养成分、脂肪酸组成、微量元素及生育酚、植物甾醇和白藜芦醇等天然功能活性成分,为不同花生品种营养成分的比较和福建地方特色花生资源开发利用提供方法借鉴和资料参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

‘赖坊’(LF)、“衙口小琉球”(YK)、“朱口小籽”(ZK)、“文亨红衣”(WH)和“洋后”(YH)等5个全国农产品地理标志花生品种分别由三明市清流县、泉州市晋江市、三明市泰宁县、龙岩市连城县和南平市延平区农业农村局提供。栽培试验在各地地理标志地域保护范围内的试验站进行,均属于亚热带季风气候,年均温分别为 $18.5^{\circ}\text{C}$ 、 $20.5^{\circ}\text{C}$ 、 $17.0^{\circ}\text{C}$ 、 $16.7^{\circ}\text{C}$ 、 $17.3^{\circ}\text{C}$ ,土壤质地分别为沙壤土、沙壤土、紫泥田土、

灰泥田土、沙土壤。供试材料均于2021年3月30日播种,播种前施有机肥 $4000 \text{ kg/hm}^2$ ,氮磷钾复合肥 $400 \text{ kg/hm}^2$ ,设置3个平行组,随机排列,穴播,行距 $40 \text{ cm}$ ,穴居 $18 \text{ cm}$ ,每穴2粒,均于7月下旬收获。样品均为中果皮颜色由白转深、饱满度高的果实,自然晒干(水分 $\leq 10.0\%$ ),去壳,果仁粉碎,待测。

### 1.2 仪器和设备

气相色谱仪(GC-2010 Pro,日本岛津公司);全自动凯氏定氮仪(Kjeltec 2300,丹麦FOSS公司);膳食纤维仪(Kjeltec 2300,丹麦FOSS公司);可见分光光度计(722N,上海精密科学仪器有限公司);电感耦合等离子体质谱仪(ICPMS-2030,日本岛津公司);超高效液相色谱-串联四级杆质谱(Waters H-Class,美国Waters公司);高效液相色谱仪(Waters e2695,美国Waters公司)。

### 1.3 方法

农艺性状评价标准参照NY/T 2237—2012;水分测定参照GB 5009.3—2016;灰分测定参照GB 5009.4—2016;蛋白质测定参照GB 5009.5—2016;脂肪测定参照GB 5009.6—2016;膳食纤维测定参照GB 5009.88-2014;可溶性糖测定参照GB/T 37493—2019;脂肪酸测定参照GB 5009.168—2016;钾、钙、铁和镁测定参照GB 5009.268—2016;维生素E测定参照GB 5009.82—2016;甾醇测定参照NY/T 3111—2017;白藜芦醇测定参照GB/T 24903—2010。上述指标均重复测定3次。

### 1.4 统计分析

试验数据用Excel 2007和SPSS 17.0软件进行统计分析,结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示,利用单因素方差分析(One-Way ANOVA)检验差异显著性、邓肯式新复极差法(Duncan's multiple range test)作多重比较分析和双变量相关系数(Pearson)进行相关性分析。

## 2 结果和分析

### 2.1 生物学性状

5个品种花生的主要农艺性状见表1。‘赖坊’的主茎最高、侧枝最长,‘洋后’的主茎最矮、侧枝最短,5个品种花生组间差异显著( $P < 0.05$ )。总分枝和结果枝分别为 $5.9 \sim 7.8$ 和 $5.0 \sim 6.0$ 条,枝数最高的均为‘文亨红衣’,均显著高于其他品种( $P < 0.05$ );总果数、饱果数分别为 $13.1 \sim 16.0$ 和 $13.0 \sim 14.3$ 个,其中,‘赖坊’的总果数最低,‘赖坊’、‘衙口小琉球’的

饱果数最低, 均显著低于其他品种( $P<0.05$ ); 单株生产力为 18.1~24.6 g, 其中‘洋后’、‘衙口小琉球’的单株生产力居前 2 位, 显著高于其他品种( $P<0.05$ )。由此可见, 花生主茎高或侧枝长与单株生产力之间均呈负相关。

5 个品种花生的外形特征和种皮颜色具有明显的差异(图 1)。“赖坊”以 3~4 粒荚果为主, 荚果串珠型, 带鼻沟, 果壳薄, 网纹清晰, 果仁呈长椭圆形, 种皮深红色; “衙口小琉球”以 2 粒荚果为主, 荚果普通型, 带鼻沟, 果壳薄, 网纹较清晰, 色泽洁白, 果仁呈椭圆形, 种皮浅红色; “朱口小籽”以 2 粒荚果为主, 荚果较普通型小, 带鼻沟, 果

壳薄, 网纹较普通花生清晰, 颜色更深, 果仁呈椭圆形, 种皮粉红色; “文亨红衣”以 2 粒荚果为主, 荚果普通型, 带鼻沟, 果壳较薄, 网纹清晰, 果仁呈桃形, 种皮紫红色; “洋后”以 2 粒荚果为主, 荚果茧型, 果壳较厚, 网纹较浅, 果仁呈椭圆形, 种皮粉红色。

5 个品种间的百果重具有显著性差异( $P<0.05$ ), 其中‘洋后’最重、‘朱口小籽’最轻(表 2)。品种间的百仁重差异与百果重类似, 但‘衙口小琉球’与‘朱口小籽’间的百仁重不存在显著性差异( $P>0.05$ )。5 个品种的出仁率为 66.1%~78.5%, ‘赖坊’、‘朱口小籽’>‘衙口小琉球’、‘文亨红衣’>‘洋后’。根据 NY/T 1067—

表 1 花生农艺性状评价指标

Table 1 Agronomic traits evaluation indicators of peanuts

指标 Index	品种 Variety				
	LF	YK	ZK	WH	YH
主茎高 Height of main branch (cm)	60.5±1.0a	52.1±0.3c	56.2±0.8b	55.1±1.0b	41.3±0.8d
侧枝长 Length of lateral branch (cm)	64.5±0.7a	58.2±0.6c	59.9±1.2b	58.3±1.0c	48.0±0.7d
总分枝 Total branch	7.0±0.3b	6.9±0.2b	5.9±0.2c	7.8±0.5a	6.9±0.2b
结果枝 Bearing branch	5.0±0.2b	5.0±0.1b	5.0±0.2b	6.0±0.4a	5.6±0.2a
总果数 Total fruit number	13.1±0.3c	16.0±0.4a	14.8±0.3b	16.0±0.8a	14.5±0.4b
饱果数 Full pod number	13.1±0.2b	13.0±0.3b	13.7±0.4a	14.0±0.6a	14.3±0.4a
单株生产力 Productivity per plant (g)	18.1±0.1d	21.9±1.1b	20.0±0.2c	24.5±0.6a	24.6±0.9a

LF: ‘赖坊’; YK: ‘衙口小琉球’; ZK: ‘朱口小籽’; WH: ‘文亨红衣’; YH: ‘洋后’; 同行数据后不同字母表示差异性显著( $P<0.05$ )。下同

LF: ‘Laifang’; YK: ‘Yakouxiaoliuqi’; ZK: ‘Zhukouxiaoz’; WH: ‘Wenhenghongyi’; YH: ‘Yanghou’. Data followed different letters in the same line indicate significant difference at 0.05 level. The same below



图 1 5 种花生的外形特征。

Fig. 1 Appearance characteristics of five peanut varieties

2006《食用花生》判定, 5个品种花生仁均属于中型仁, 除‘洋后’外, 其他品种均达到食用花生标准。

## 2.2 基本营养成分

5个品种花生的基本营养成分见表3。蛋白质含量依次为‘衙口小琉球’>‘洋后’>‘朱口小籽’>‘文亨红衣’>‘赖坊’ ( $P<0.05$ )。脂肪含量依次为‘朱口小籽’>‘赖坊’>‘文亨红衣’>‘洋后’>‘衙口小琉球’ ( $P<0.05$ )。根据 NY/T 1067—2006《食用花生》、NY/T 1068—2006《油用花生》, 5种花生均属于食用花生1级、油用花生3级。5个品种花生仁中可溶性糖和膳食纤维含量分别为10.16~11.35、3.17~4.53 g/(100 g)。籽仁含糖量均高于6%, 口感较好<sup>[13]</sup>。

## 2.3 脂肪酸组成

由表4可见, 5个品种花生仁中均检出7种饱和脂肪酸、4种单不饱和脂肪酸、2种多不饱和脂肪酸(PUFA)。其中, 油酸相对含量最高, 其次为亚油酸。除硬脂酸、山萘酸外, 5个花生品种间的脂肪酸相对含量均存在显著性差异( $P<0.05$ )。5个品种花生仁中油酸和亚油酸的相对含量分别为41.55%~46.39%、33.43%~38.38%, 油酸与亚油酸含量呈相反趋势。‘朱口小籽’的油酸/亚油酸(O/L)值最高, ‘文

亨红衣’最低。

## 2.4 矿质元素

由表5可见, 5个品种花生仁的K、Mg、Ca含量均存在显著性的组间差异( $P<0.05$ )。K含量最高的为‘赖坊’, 最低的为‘朱口小籽’; Mg、Ca含量最高的为‘衙口小琉球’, 最低的为‘赖坊’; Fe含量最高的为‘文亨红衣’, 最低为‘赖坊’、‘朱口小籽’。

## 2.5 天然功能性成分

由表6可见, 5个品种花生仁的维生素E含量为19.75~21.91 mg/(100 g), ‘朱口小籽’>‘赖坊’>‘文亨红衣’>‘洋后’>‘衙口小琉球’, 检出的4个亚型生育酚含量为 $\gamma$ -> $\alpha$ -> $\delta$ -> $\beta$ -。其中, 各生育酚含量最高的花生品种分别为‘赖坊’、‘朱口小籽’、‘洋后’、‘衙口小琉球’。

花生的植物甾醇含量呈 $\beta$ -谷甾醇>菜油甾醇>豆甾醇的趋势。本研究的5个品种花生仁中, 植物甾醇总量最高的为‘文亨红衣’, 部分品种间存在显著差异( $P<0.05$ )。白藜芦醇含量为50.71~133.17 mg/(100 g), 其中‘朱口小籽’的白藜芦醇含量显著高于其余4个品种( $P<0.05$ )。

表2 花生的百果重、百仁重和出仁率

Table 2 100-pod weight, 100-kernel weight and kernel rate of peanuts

指标 Index	品种 Variety				
	LF	YK	ZK	WH	YH
百果重 100-pod weight (g)	173.4±2.7b	139.0±1.2d	125.1±0.9e	145.4±2.0c	179.6±2.3a
百仁重 100-kernel weight (g)	59.0±0.3b	53.2±1.0d	52.0±0.4d	57.0±0.6c	68.1±1.0a
出仁率 Kernel rate /%	78.2±0.4a	76.7±1.0b	78.5±0.6a	75.4±0.9b	66.1±0.9c

表3 花生仁的基本营养成分[g/(100 g)]

Table 3 Basic nutritional components of groundnut kernels [g/(100 g)]

营养成分 Nutrition	品种 Variety				
	LF	YK	ZK	WH	YH
水分 Water	4.45±0.17c	5.84±0.04b	5.68±0.07b	6.13±0.14a	5.70±0.06b
蛋白质 Protein	29.88±0.08e	33.18±0.15a	30.53±0.12c	30.16±0.12d	31.13±0.05b
脂肪 Fat	45.73±0.11b	43.57±0.10d	46.87±0.10a	45.60±0.05b	45.27±0.06c
灰分 Ash	2.54±0.04a	2.55±0.04a	2.39±0.03ac	2.49±0.04b	2.45±0.04bc
膳食纤维 Dietary fiber	4.47±0.05a	3.17±0.04c	3.83±0.05b	3.17±0.02c	4.53±0.04a
可溶性糖 Soluble sugar	11.35±0.09a	11.21±0.156a	10.45±0.03c	10.72±0.05b	10.16±0.06d

## 3 结论和讨论

在花生生长过程中, 蛋白、脂类和糖类3大营养物质的代谢是相互关联的, 可通过三羧酸循环互

相转化<sup>[14]</sup>。本文供试的5个品种花生仁3大营养物质含量以脂类>蛋白>糖类, 其中可溶性糖和脂肪含量间呈正相关关系, 二者与蛋白间均呈负相关, 这与前人<sup>[15-16]</sup>的研究结果一致。此外, 花生

表 4 花生仁的脂肪酸组成(%)

Table 4 Fatty acids composition of groundnut kernels (%)

脂肪酸 Fatty acid	品种 Variety				
	LF	YK	ZK	WH	YH
棕榈酸(C16:0) Palmitic acid	11.36±0.03e	13.81±0.04a	12.56±0.02d	12.72±0.01c	13.14±0.02b
珍珠酸(C17:0) Daturic acid	0.06±0.01c	0.07±0.01b	0.08±0.00b	0.07±0.01b	0.10±0.01a
硬脂酸(C18:0) Stearic acid	3.54±0.05a	2.89±0.04c	3.53±0.02a	2.95±0.02b	2.97±0.01b
花生酸(C20:0) Arachidic acid	1.31±0.01a	1.16±0.01c	1.18±0.01b	1.07±0.01d	0.96±0.00e
山嵛酸(C22:0) Behenic acid	2.04±0.03b	2.15±0.02a	1.57±0.01c	1.56±0.02c	1.22±0.01d
二十三碳酸(C23:0) Tricosanoic acid	0.09±0.01b	0.06±0.01c	0.09±0.01b	0.07±0.01c	0.12±0.01a
木蜡酸(C24:0) Xylic acid	0.40±0.01c	0.61±0.01a	0.36±0.01d	0.55±0.01b	0.35±0.01d
棕榈油酸(C16:1n7c) Palmitoleic acid	0.03±0.01c	0.08±0.01a	0.06±0.00b	0.05±0.01b	0.05±0.01b
油酸(C18:1n9c) Oleic acid	42.86±0.04c	44.38±0.03b	46.39±0.02a	41.55±0.01e	42.48±0.01d
二十碳烯酸(C20:1n9) Eicosenoic acid	0.75±0.03b	0.77±0.01a	0.57±0.01c	0.74±0.01b	0.59±0.01c
芥酸(C22:1n9c) Erucic acid	0.03±0.01a	0.03±0.00a	0.02±0.00b	0.03±0.00a	0.02±0.00b
亚油酸(C18:2n6c) Linoleic acid	37.33±0.08c	33.66±0.03d	33.43±0.02e	38.38±0.01a	37.73±0.03b
$\alpha$ -亚麻酸(C18:3n3) Linolenic acid	0.05±0.01a	0.03±0.01c	0.03±0.00c	0.05±0.00a	0.04±0.00b
其他 Other	0.14±0.02c	0.30±0.05a	0.15±0.02c	0.20±0.01b	0.23±0.03b
油亚比(O/L)	1.15	1.32	1.39	1.08	1.13
饱和脂肪酸 SFA	18.80±0.02e	20.75±0.01a	19.37±0.01b	19.00±0.02c	18.87±0.01d
单不饱和脂肪酸 MUFA	43.67±0.02c	45.26±0.02b	47.03±0.01a	42.38±0.01e	43.14±0.00d
多不饱和脂肪酸 PUFA	37.39±0.08c	33.69±0.03d	33.45±0.03e	38.43±0.01a	37.76±0.02b

表 5 花生仁的主要矿物质含量[mg/(100 g)]

Table 5 Contents of main mineral elements in groundnut kernels [mg/(100 g)]

矿物质元素 Mineral element	品种 Variety				
	LF	YK	ZK	WH	YH
Ca	57.45±2.21e	136.00±4.58a	75.94±0.90b	71.83±0.58c	69.61±0.56d
K	951.33±26.10a	826.67±15.01d	770.67±14.04e	905.33±13.01b	884.00±7.00c
Fe	2.04±0.09c	2.73±0.22b	2.03±0.06c	3.09±0.08a	2.65±0.07b
Mg	297.33±14.05e	372.67±22.03a	301.00±6.56d	348.67±6.11c	361.00±8.54b

表 6 花生仁中天然活性物质含量[mg/(100 g)]

Table 6 Contents of natural active substances in groundnut kernels [mg/(100 g)]

活性物质 Active substance	品种 Variety				
	LF	YK	ZK	WH	YH
$\alpha$ -生育酚 $\alpha$ -Tocopherol	4.04±0.09c	5.37±0.28b	5.77±0.29a	5.18±0.18b	4.26±0.16c
$\beta$ -生育酚 $\beta$ -Tocopherol	0.55±0.02b	0.64±0.03a	0.40±0.03d	0.49±0.02c	0.49±0.02c
$\gamma$ -生育酚 $\gamma$ -Tocopherol	15.45±0.23a	12.20±0.34c	13.51±0.17b	13.41±0.24b	12.21±0.53c
$\delta$ -生育酚 $\delta$ -Tocopherol	1.28±0.07c	1.54±0.05d	2.23±0.15b	1.90±0.12c	3.07±0.07a
$\beta$ -谷甾醇 $\beta$ -Sitosterol	76.88±5.26b	76.70±0.84b	59.28±3.48c	97.22±2.38a	60.79±1.90c
豆甾醇 Stigmasterol	8.71±0.50c	10.00±0.96b	12.00±1.44a	10.72±0.50b	8.35±0.26c
菜油甾醇 Rapeseed oil sterol	17.94±1.59a	18.53±1.32a	17.28±1.70a	17.92±1.86a	8.87±0.34b
白藜芦醇 Resveratrol ( $\times 10^{-3}$ )	50.71±0.77b	51.40±1.36b	133.17±3.61a	54.23±1.97b	51.38±2.14b

富含不饱和脂肪酸、生育酚和植物甾醇等脂溶性功能因子,且亚油酸等不饱和脂肪酸含量越高,营养价值越高<sup>[17-18]</sup>。

与其他花生品种相比,本研究选用的 5 个品种花生仁的蛋白、脂类、糖类总量和不饱和脂肪酸含

量明显高于‘铜仁珍珠’、‘彩色’花生 C3 等 12 种鲜食花生<sup>[19-20]</sup>和‘豫花 94 号’、‘远杂 9102’等 26 种油用花生<sup>[4]</sup>,‘衙口小琉球’、‘朱口小籽’花生的 O/L 值达到国际贸易对小花生要求的 1.2 以上<sup>[21]</sup>。有研究表明,蛋白质含量>25%、脂肪含量<51%、蔗糖含

量>5%的中型仁花生品种适用于加工糖果等制品,且花生含糖量越高,烘烤风味越佳,口感越好<sup>[22-23]</sup>。可见,供试的5个花生品种更适用于鲜食或烘烤加工。

花生仁中富含K、Mg、Ca和Fe等多种特殊功效的矿物质元素。Phan-Thien等<sup>[24]</sup>报道花生仁中K、Mg、Ca、Fe含量分别为594.8~779.5、147.8~184.5、47.1~72.1、1.34~1.79 mg/(100 g),但明显低于本研究的5个品种。同时,本研究表明花生仁中的矿物质元素含量与蛋白、脂肪、糖类三大营养素含量密切相关,如K与蛋白含量间呈负相关,Mg、Ca与可溶性糖含量间呈负相关,与蛋白含量间呈正相关,Fe与脂肪含量间呈正相关,这与王传堂等<sup>[25]</sup>的研究结果相一致。

供试花生仁中维生素E含量与前人研究<sup>[6,26]</sup>的花生品种有所差异,主要表现在 $\alpha$ -生育酚和 $\gamma$ -生育酚的含量差异。其中, $\alpha$ -生育酚能够阻拦人体脂肪氧化时特异性金属氧化物的产生, $\gamma$ -生育酚具有破坏过氧亚硝酸盐等有毒化学物质的独特能力,比 $\alpha$ -生育酚表现出更强大的抗炎特性<sup>[27]</sup>。除‘朱口小籽’花生外,其他4种花生中与多种疾病调节相关的 $\beta$ -谷甾醇的相对含量高于前人研究的部分花生品种<sup>[6,28]</sup>。

综上,‘赖坊’、‘衙口小琉球’、‘朱口小籽’、‘文亨红衣’、‘洋后’等5种具有地理标志的福建花生品种不仅具有富铁等区域特色,且各自间营养特点各异,但整体营养上均达到食用花生1级标准,适合于直接食用或烘烤加工。

## 参考文献

- [1] LIAO B S. A review on progress and prospects of peanut industry in China [J]. Chin J Oil Crop Sci, 2020, 42(2): 161–166. [廖伯寿. 我国花生生产发展现状与潜力分析 [J]. 中国油料作物学报, 2020, 42(2): 161–166. doi: 10.19802/j.issn.1007-9084.2020115.]
- [2] FAO. FAO Database [DB/OL]. (2020-02-06). [联合国粮农组织. FAO数据库 [DB/OL]. (2020-02-06). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.]
- [3] LI Y Z, XIAO H Q, ZHAO M M, et al. Research progress on modification mechanism and application of peanut protein [J]. Grain Sci Technol Econ, 2016, 41(5): 65–69. [李玉珍, 肖怀秋, 赵谋明, 等. 花生蛋白质改性机理及应用研究进展 [J]. 粮食科技与经济, 2016, 41(5): 65–69. doi: 10.16465/j.gste.cn431252ts.20160518.]
- [4] ZHANG Z X, WANG Q D, ZHAO J Y, et al. Nutritional components comprehensive analysis of stalk and kernels in different peanut varieties [J]. J Plant Genet Resour, 2020, 21(1): 215–223. [张忠信, 王庆东, 赵婧伊, 等. 不同花生品种秆与籽仁营养成分综合分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2020, 21(1): 215–223. doi: 10.13430/j.cnki.jpgr.20191029004.]
- [5] DU Y, WANG Q, LIU H Z, et al. Major protein fractions and subunit contents in peanut from different cultivars [J]. Food Sci, 2013, 34(9): 42–46. [杜寅, 王强, 刘红芝, 等. 不同品种花生蛋白主要组分及其亚基相对含量分析 [J]. 食品科学, 2013, 34(9): 42–46. doi: 10.7506/spkx1002-6630-201309010.]
- [6] ZHANG J S, WANG Q, LIU H Z, et al. Comparative analysis of tocopherol and phytosterol composition of peanut cultivars from different regions [J]. Food Sci, 2012, 33(22): 191–195. [张建树, 王强, 刘红芝, 等. 不同地区花生品种VE、植物甾醇组成与含量的分析比较 [J]. 食品科学, 2012, 33(22): 191–195.]
- [7] SHAN S H, LI C J, XU T T, et al. Research of storage period on seed components of peanut germplasm [J]. J Peanut Sci, 2005, 34(3): 21–25. [单世华, 李春娟, 许婷婷, 等. 贮藏期对花生种质籽粒成分影响研究 [J]. 花生学报, 2005, 34(3): 21–25. doi: 10.3969/j.issn.1002-4093.2005.03.005.]
- [8] GROSSO N R, ZYGADLO J A, LAMARQUE A L, et al. Proximate, fatty acid and sterol compositions of aboriginal peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds from Bolivia [J]. J Sci Food Agric, 1997, 73(3): 349–356. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(199703)73:3<349::AID-JSFA736>3.0.CO;2-E.
- [9] GROSSO N R, GUZMÁN C A. Lipid, protein, and ash contents, and fatty acid and sterol compositions of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds from Ecuador [J]. Peanut Sci, 1995, 22(2): 84–89. doi: 10.3146/i0095-3679-22-2-2.
- [10] CHEN X Y, XU R R, TANG Z X. Analysis of genetic diversity of Fujian peanut farm varieties based on agronomic traits [J]. Chin Agric Sci Bull, 2015, 31(24): 86–92. [陈湘瑜, 徐日荣, 唐兆秀. 福建省花生农家品种农艺性状的遗传多样性分析 [J]. 中国农学通报, 2015, 31(24): 86–92.]
- [11] CHEN Y S, YE Y X, HONG D Z, et al. Characterization and evaluation of peanut germplasm in Fujian [J]. Fujian J Agric Sci, 1999, 14(2): 12–16. [陈永水, 叶贻勋, 洪敦章, 等. 福建花生种质资源特征特性的鉴定与分析 [J]. 福建农业学报, 1999, 14(2): 12–16. doi: 10.3969/j.issn.1008-0384.1999.02.003.]
- [12] XU R R, TANG Z X. Genetic diversity of peanut landraces in Fujian Province [J]. Mol Plant Breed, 2014, 12(6): 1235–1242. [徐日荣, 唐兆秀. 福建省花生地方品种的遗传多样性研究 [J]. 分子植物育种, 2014, 12(6): 1235–1242. doi: 10.13271/j.mpb.012.001235.]
- [13] QIN L, LIU H, DU P, et al. Determination of sucrose content in peanut

- seed kernel based on near infrared spectroscopy [J]. *Chin J Oil Crop Sci*, 2016, 38(5): 666–671. [秦利, 刘华, 杜培, 等. 基于近红外光谱法的花生籽仁中蔗糖含量的测定 [J]. *中国油料作物学报*, 2016, 38(5): 666–671. doi: 10.7505/j.issn.1007-9084.2016.05.018.]
- [14] PENG Z Y, SHAN L, ZHANG Z M, et al. Variation analysis of amino acid content in peanut distant hybrid progeny [J]. *J Peanut Sci*, 2019, 48(1): 21–26. doi: 10.14001/j.issn.1002-4093.2019.01.004.
- [15] CHEN T W. Studies on quality analysis on major Fujian peanuts and new technologies of peanut processing [D]. Fujian: Fujian Agricultural and Forestry University, 2008. [陈团伟. 福建主栽花生品质分析及花生加工新技术的研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2008.]
- [16] FANG Y J, SUN Z Q, MIAO L J, et al. Characterization of kernel appearance and nutritional quality in peanut accessions and its application for food-use peanut breeding [J]. *J Plant Genet Resour*, 2018, 19(5): 875–886. [房元瑾, 孙子淇, 苗利娟, 等. 花生籽仁外观和营养品质特征及食用型花生育种利用分析 [J]. *植物遗传资源学报*, 2018, 19(5): 875–886. doi: 10.13430/j.cnki.jpgr.20180110001.]
- [17] AKHTAR S, KHALID N, AHMED I, et al. Physicochemical characteristics, functional properties, and nutritional benefits of peanut oil: A review [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2014, 54(12): 1562–1575. doi: 10.1080/10408398.2011.644353.
- [18] LI L, LIU H J, SUN Y T, et al. Study on the breeding of high linoleic acid, high protein, low oil content and high quality new edible peanut variety 'Xiang Hua B' [J]. *J Peanut Sci*, 2003, 32(S1): 220–223. [李林, 刘海军, 孙玉桃, 等. 高亚油酸高蛋白低油分优质食用型花生新品种湘花 B 的选育研究 [J]. *花生学报*, 2003, 32(S1): 220–223. doi: 10.3969/j.issn.1002-4093.2003.z1.046.]
- [19] FU C, ZHANG X J, YUE F L, et al. Nutrition and quality analysis of special new peanut varieties [J]. *J China Agric Univ*, 2017, 22(5): 32–38. [付春, 张小军, 岳福良, 等. 特色花生新品种系营养品质解析 [J]. *中国农业大学学报*, 2017, 22(5): 32–38. doi: 10.11841/j.issn.1007-4333.2017.05.04.]
- [20] LIN M, ZHAO J F, ZHENG X Y, et al. Analysis of nutrition, sense and quality of peanut seed with different testa color [J]. *Mol Plant Breed*, 2019, 17(5): 1647–1657. [林茂, 赵景芳, 郑秀艳, 等. 不同种皮颜色花生生品的营养、感官和品质的分析 [J]. *分子植物育种*, 2019, 17(5): 1647–1657. doi: 10.13271/j.mpb.017.001647.]
- [21] SHI T Y, YU M, HAN Y Q. The nutrients and characteristic analysis of Liaoning peanut varieties [J]. *Food Res Dev*, 2017, 38(22): 142–147. [石太渊, 于淼, 韩艳秋. 辽宁花生品种营养成分及特性分析 [J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(22): 142–147. doi: 10.3969/j.issn.1005-6521.2017.22.029.]
- [22] MISRA J B, GHOSH P K, DAYAL D, et al. Agronomic, nutritional and physical characteristics of some Indian groundnut cultivars [J]. *Ind J Agric Sci*, 2000, 70(11): 741–746.
- [23] LUO H, ZHOU G Y, FANG H B, et al. Studies on biochemical characters relative to direct edible peanut [J]. *J Peanut Sci*, 2004, 33(4): 1–4. [罗虹, 周桂元, 方洪标, 等. 鲜食花生相关生化特性的研究 [J]. *花生学报*, 2004, 33(4): 1–4. doi: 10.3969/j.issn.1002-4093.2004.04.001.]
- [24] PHAN-THIEN K Y, WRIGHT G C, LEE N A. Genotype-by-environment interaction affects the essential mineral composition of peanut (*Arachis hypogaea* L.) kernels [J]. *J Agric Food Chem*, 2010, 58(16): 9204–9213. doi: 10.1021/jf101332z.
- [25] WANG C T, WANG Z W, WANG X Z, et al. Peanut kernel mineral content and its relationship with main quality properties, germination characteristics and salt-alkali tolerance [J]. *Shandong Agric Sci*, 2019, 51(9): 102–109. [王传堂, 王志伟, 王秀贞, 等. 花生子仁矿质元素含量及其与主要品质指标、萌发特性和耐盐碱性的关系 [J]. *山东农业科学*, 2019, 51(9): 102–109. doi: 10.14083/j.issn.1001-4942.2019.09.016.]
- [26] LI S Y, LIU G Q. Increase of lipid-soluble nutritional components content in peanuts by germination [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2018, 34(4): 30–38. [李淑莹, 刘国琴. 发芽提高花生中主要脂溶性营养物质的含量 [J]. *现代食品科技*, 2018, 34(4): 30–38. doi: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.04.006.]
- [27] KIM Y N, CHO Y O. Vitamin E status of 20- to 59-year-old adults living in the Seoul metropolitan area of South Korea [J]. *Nut Res Pract*, 2015, 9(2): 192–198. doi: 10.4162/nrp.2015.9.2.192.
- [28] CHEN Y K, ZENG A, LUO Z H, et al. Advances on pharmacology of  $\beta$ -sitosterol [J]. *J Guangdong Pharm Univ*, 2021, 37(1): 148–153. [陈元莹, 曾奥, 罗振辉, 等.  $\beta$ -谷甾醇药理作用研究进展 [J]. *广东药科大学学报*, 2021, 37(1): 148–153. doi: 10.16809/j/cnki.2096-3653.2020040801.]