

12 种百合主要营养成分和活性成分的分析评价

胡悦^{1,2}, 杜运鹏², 张梦^{1,2}, 张秀海², 任建武^{1*}

¹北京林业大学生物科学与技术学院, 北京 100083;

²北京农业生物技术研究中心 北京市功能花卉工程技术研究中心 北京市农林科学院, 北京 100097

摘要:为了探讨百合营养品质综合评价中的主要影响因子, 选育赏药食兼用的新品种百合, 本文比较研究测定了 12 个百合种/品种鳞茎的营养成分、活性物质和氨基酸组成, 通过主成分分析法综合评价百合营养品质特征。结果表明, 12 个百合种/品种鳞茎以多酚和生物碱两个活性物质指标含量变异系数大, 膳食纤维、氨基酸等指标含量差异相对较小。品质指标转化数据经主成分分析, 被提取的前 4 个主成分累积方差贡献率达 90.229%, 影响百合综合营养品质评价的次序依次为: 功能因子、营养因子和碳水化合物因子。经综合评价, 岷江百合、宜昌百合和‘塞拉达’营养品质评分最高, 传统食用百合龙牙百合和兰州百合(平陆)营养品质也较好。该研究基于营养成分、活性物质和氨基酸组成 3 个方面对 12 个百合种/品种鳞茎进行了系统评价, 为筛选新型赏药食兼用百合、充实和完善百合营养品质评价体系提供参考依据。

关键词:百合; 营养成分; 活性物质; 氨基酸; 综合评价

中图分类号: R284.1; R914.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2019)2-0292-07

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2019.2.018

Characters and comprehensive evaluation of nutrients and active components of 12 *Lilium* species

HU Yue^{1,2}, DU Yun-peng², ZHANG Meng^{1,2}, ZHANG Xiu-hai², REN Jian-wu^{1*}

¹College of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

²Beijing Agro-Biotechnology Research Center, Beijing Functional Flower Engineering Technology Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China

Abstract: Plants from the genus *Lilium* are a rich source of chemical diversity. Currently edible *Liliaceae* concentrated on traditional varieties such as *L. Davidii* var. *Willmottiae*, *L. Brownie* var. *viridulum* and *L. lancifolium*, which are deteriorating because of succession cropping obstacle. Therefore, it's considerable to select new dual-purpose type varieties. This paper not only studied the nutritive components, active substances and amino acid composition of 12 varieties, but also made a comprehensive evaluation on nutritional quality of lilies with factor analysis. The results demonstrated that the variation coefficient of polyphenols and alkaloids of 12 *Lilium* species were large, while the variation coefficient of dietary fiber, amino acid and other indicators were relatively small. The contributing rate of cumulative sums of 4 common factors was 90.229%, and the key factors affecting nutrient quality evaluation were functional substances factors, nutrient quality cofactors and carbohydrate factors. According to the comprehensive evaluation, *L. regale*, *L. leucanthum* and The *Longiflorum* × Asiatic hybrids ‘Serrada’ had the highest nutritional quality score, and the traditional edible lilies *L. brownie* var. *viridulum* and *L. Davidii* var. *willmottiae* (pinglu) also had good nutritional quality. Based on nutrient composition, active material and amino acid composition, this study systematically evaluated 12 *Lilium* species bulbs to provide a reference for screening new dual-purpose type varieties and enriching the evaluation system of lilies nutrient quality.

Key words: genus *Lilium*; basic nutritive components; active substances; amino acids; comprehensive evaluation

收稿日期: 2018-05-29 接受日期: 2018-12-18

基金项目: 北京市科委项目 (Z161100000916004); 北京市农林科学院青年基金 (201619); 国家自然科学基金 (31601781); 北京市农业科技项目 (20160109)

* 通信作者 E-mail: jianwur@163.com

百合属 (*Lilium*) 植物分布于北半球温带地区 (约 110 ~ 115 个种), 我国是百合属植物的主要分布区 (约有 55 个种), 种质资源丰富。百合肉质鳞

叶肥厚、色泽洁白、味甜清香、略有苦味,不仅是高蛋白、高糖和低脂肪的保健食品,而且具有良好的药用价值。百合是我国卫生计生委审批通过的首批药食同源植物,其入药部位是干燥的肉质鳞叶,用于阴虚久咳、痰中带血、虚烦惊悸等^[1]。目前通过百合属植物化学成分的药理研究表明,百合属的部分植物化学成分具有抗肿瘤、降血糖、抗氧化、消炎等作用;对百合基本营养成分、活性物质和氨基酸组成的研究种类主要集中于兰州百合(*L. davidii* var. *willmottiae*)、卷丹(*L. lancifolium*)和龙牙百合(*L. brownie* var. *viridulum*)^[2]。茅云枫^[3]等对比兰州百合、卷丹、龙牙百合(*L. brownie* var. *viridulum*)和川百合(*L. davidii*)还原糖和游离氨基酸含量,发现川百合含量均最高,龙牙百合最低。靳磊^[4]发现岷江百合鳞茎中还原糖、蛋白质、维生素C、灰分、多酚、黄酮和皂苷的含量显著高于兰州百合,而可溶性糖和粗纤维的含量兰州百合要高于岷江百合。但是,传统

食用百合种球自然退化,导致产量下降,同时生长年限较长,极大地限制了百合产业的发展。因此,选育赏食兼用的新品种百合就凸显其重要性。本文分析评价了12个百合种/品种鳞茎的主要营养品质,明确影响百合综合营养品质评价的关键因子,旨在为筛选新型赏食兼用百合、充实和完善百合营养品质评价体系提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

供试材料为12个百合种及品种的成熟鳞茎,取百合鳞茎中部鳞片,去泥洗净,自然阴干,粉碎,过100目筛后待用。主要种及品种如表1所示。

石油醚(60~90℃)、NaOH、无水乙醇、氯仿、正丁醇、香草醛、高氯酸等常规药品均为分析纯级。乙腈为色谱纯,百灵威科技有限公司。钙、钾标准品,国家标准物质中心。

表1 供试的12个百合种及品种信息

Table 1 Introduction of 12 *Lilium* species or cultivars

序号 Number	种/品种 Species or cultivars	序号 Number	种/品种 Species or cultivars
1 传统食用种 Traditional edible <i>Lilium</i> species	兰州百合(兰州) <i>L. davidii</i> var. <i>willmottiae</i>	7 品种 Cultivars	穿梭 Asiatic hybrids 'Tresor'
2 传统食用种 Traditional edible <i>Lilium</i> species	龙牙百合 <i>L. brownie</i> var. <i>viridulum</i>	8 品种 Cultivars	耀眼 Longiflorum × Asiatic hybrids 'Dazzle'
3 传统食用种 Traditional edible <i>Lilium</i> species	兰州百合(平陆) <i>L. davidii</i> var. <i>willmottiae</i>	9 品种 Cultivars	亮钻 Longiflorum × Asiatic hybrids 'Bright Diamond'
4 野生种 Wild <i>Lilium</i> species	宜昌百合 <i>L. leucanthum</i> Baker	10 品种 Cultivars	塞拉达 Longiflorum × Asiatic hybrids 'Serrada'
5 野生种 Wild <i>Lilium</i> species	岷江百合 <i>L. regale</i> Wilson	11 品种 Cultivars	方吉奥 Longiflorum × Asiatic hybrids 'Fangio'
6 野生种 Wild <i>Lilium</i> species	大花卷丹 <i>L. leichlinii</i> var. <i>maximowiczii</i>	12 品种 Cultivars	粉宫殿 Longiflorum × Asiatic hybrids 'Pink palace'

1.2 测定方法

可溶性还原糖含量参照《GB 5009.7-2016 食品安全国家标准食品中还原糖的测定》;水分含量参照《GB 5009.3-2016 食品安全国家标准食品中水分的测定》;淀粉含量参照《GB 15203-2014 食品安全国家标准淀粉糖》;蛋白质含量参照 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》;膳食纤维含量参照 GB 5009.88-2014《食品安全国家标准食品中膳食纤维的测定》。总多酚含量参照福林-肖卡试剂法^[5]测定,结果以每克百合鳞茎中含有的没食子酸质量(mg/g)表示;总黄酮含量参照 NaNO₂-AlCl₃法^[6]测定,结果以每克百合鳞茎中含

有的芦丁质量(mg/g)表示;总皂苷含量参照香草醛-冰醋酸法测定^[7],结果以每克百合鳞茎中含有的薯蓣皂苷质量(mg/g)表示;生物碱含量参照溴甲酚绿比色法测定^[8],结果以每克百合鳞茎中含有的秋水仙碱质量(mg/g)表示。氨基酸含量的测定参照盐酸水解法^[9]。各检测指标试验重复三次。

1.3 数据统计分析

采用 SPSS18.0 版软件完成均值统计和显著性差异分析。由于百合中各项营养价值指标存在差异,本文基于主成分分析法的思想,根据各指标相关性大小将它们分组,使得同组内的指标之间相关性较高,不同组的变量之间的相关性较低,找出影响百

合营养品质的几个综合指标,称之为成分。以主成分为评价指标体系,进行综合评价与分析。运用的主要公式如下:

综合评价值 F 计算公式: $F = \sum [F_i \times W_i]$, $i = 1, 2, \dots, n$, 式中 F 值为百合营养综合评价值, F_i 为百合第 i 个公因子的分值, W_i 为百合第 i 个公因子的方差贡献率, n 为公因子的个数。

2 结果与分析

2.1 百合鳞茎营养成分及活性物质分析

碳水化合物是百合中最主要的营养成分,可溶性糖、淀粉含量分别与百合的甜度、质构正相关,膳食纤维不仅能调节人体肠道健康,而且能有效防治心血管疾病、糖尿病、结肠癌等^[10]。由表2可知,淀粉含量变化范围为12.52~36.80%,其中‘塞拉达’淀粉含量最高,宜昌百合含量最低;可溶性糖质量分数变化范围为1.247~3.547%,兰州百合(平陆)含

量最高,‘亮钻’最低;膳食纤维含量变化范围为3.86~5.205 mg/g且不同百合种/品种间差异最小。12个百合种/品种中兰州百合(平陆)蛋白质含量最高,达到33.9 mg/g,‘方吉奥’最低,为4.3 mg/g。百合中营养成分含量随品种而异,但各指标变异系数均较小。百合属植物的活性物质具有抗肿瘤、降血糖、抗氧化、消炎等作用^[11-21]。本文检测结果表明,12个样品中岷江百合活性成分含量指标最高,其中多酚、黄酮、生物碱和皂苷分别达到3.677、3.997、0.826、13.184 mg/g;‘塞拉达’多酚含量最低,为0.560 mg/g;兰州百合(平陆)的黄酮和生物碱含量均最低,分别为1.563 mg/g和0.369 mg/g。皂苷含量变化范围为0.573~13.184 mg/g,其中‘亮钻’含量最低。多酚、黄酮、生物碱和皂苷含量随百合品种而异,且多酚与生物碱指标变异系数较大。

表2 12个百合种及品种的营养成分及活性物质分析

Table 2 The analysis results of 12 *Lilium* species or cultivars' chemical composition and bioactive substances

种/品种 Species or cultivars	水分 Water (%)	淀粉 Starch (%)	可溶性糖 Soluble sugar (%)	膳食纤维 Dietary fiber (mg/g)	蛋白质 Protein (mg/g)	多酚 Polyphenol (mg/g)	黄酮 Flavone (mg/g)	生物碱 Alkaloid (mg/g)	皂苷 Saponin (mg/g)
兰州百合(兰州)	30.52 ^{deC}	29.62 ^{eE}	1.857 ^{eD}	5.205 ^{beB}	22.3 ^{deDE}	0.874 ^{abcABC}	1.89 ^{cdeDEF}	0.459 ^{aA}	2.293 ^{abAB}
兰州百合(平陆)	42.97 ^{fd}	32.41 ^{fG}	3.457 ^{jh}	4.960 ^{hb}	33.9 ^{gH}	0.948 ^{bcABCD}	1.563 ^{aA}	0.369 ^{aA}	6.496 ^{cdC}
龙牙百合	21.72 ^{abA}	17.40 ^{bb}	1.807 ^{deD}	4.095 ^{aA}	19.4 ^{dD}	1.184 ^{cdCD}	1.815 ^{bcCDE}	0.700 ^{bcBC}	2.675 ^{abAB}
‘塞拉达’	29.00 ^{edeBC}	36.80 ^{hH}	1.527 ^{bcBC}	5.105 ^{beB}	27.0 ^{fFG}	0.560 ^{aA}	1.801 ^{bcCD}	0.656 ^{bB}	1.911 ^{abAB}
‘亮钻’	30.91 ^{cC}	30.62 ^{eEF}	1.247 ^{aA}	5.055 ^{beB}	23.3 ^{eE}	0.608 ^{abA}	1.652 ^{aAB}	0.759 ^{bedBC}	0.573 ^{aA}
‘穿梭’	28.64 ^{edBC}	30.4 ^{eEF}	2.323 ^{gEF}	5.425 ^{cC}	27.5 ^{fG}	0.587 ^{aA}	1.845 ^{bedCDEF}	0.693 ^{bcB}	1.235 ^{aAB}
‘耀眼’	27.42 ^{eb}	20.17 ^{cC}	1.673 ^{cdCD}	5.065 ^{beB}	32.0 ^{gH}	0.604 ^{aA}	1.763 ^{bBC}	0.684 ^{bcB}	0.764 ^{aA}
‘范吉奥’	23.70 ^{ba}	22.22 ^{Dd}	2.880 ^{iG}	5.875 ^{dC}	4.3 ^{aA}	0.743 ^{abAB}	1.927 ^{deEF}	0.714 ^{bcBC}	1.401 ^{aAB}
‘粉官殿’	30.35 ^{deC}	34.41 ^{gC}	1.460 ^{bB}	5.275 ^{beB}	14.6 ^{cC}	1.027 ^{bedBCD}	1.897 ^{cdeDEF}	0.763 ^{± edBC}	2.298 ^{abAB}
岷江百合	21.42 ^{aA}	13.66 ^{aA}	2.707 ^{hG}	3.860 ^{aA}	7.200 ^{aAB}	3.677 ^{eE}	3.997 ^{Ch}	0.826 ^{dC}	13.184 ^{eE}
宜昌百合	27.56 ^{cb}	12.52 ^{aA}	2.413 ^{gF}	4.95 ^{bB}	10.8 ^{bB}	3.404 ^{eE}	2.691 ^{fG}	0.782 ^{cdBC}	10.508 ^{eDE}
大花卷丹	27.19 ^{cb}	16.34 ^{bB}	2.157 ^{fE}	5.06 ^{bcB}	23.8 ^{eEF}	1.285 ^{dD}	1.964 ^{eF}	0.706 ^{bcBC}	6.316 ^{cdC}
标准差 SD	5.61	8.6	0.66	0.54	9.51	1.08	0.67	4.12	0.13
均值 Mean	28.45	24.69	2.13	5.00	20.51	1.29	2.07	4.14	0.68
变异系数 CV (%)	19.7	34.8	30.9	10.8	46.4	83.5	32.3	99.5	19.6

注:小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平下的显著性差异,大写字母表示在 $P < 0.01$ 水平下的显著性差异。

Note: Capital letter $P < 0.05$; lowercase letter $P < 0.01$.

2.2 百合鳞茎氨基酸成分分析

百合中氨基酸种类齐全且含量较高。由表3表4可知,共检测出16种氨基酸,宜昌百合(TAA)最高,达到18.578 mg/g,塞拉达百合最低,达到11.882 mg/g。其中人体必需氨基酸(EAA)占其总

量的7.91%~8.99%,兰州百合(平陆)含量最高,功能性氨基酸(MAA)占氨基酸总量的46.11%~79.34%,大花卷丹含量最高,种/品种间差异极小。12个百合种/品种的氨基酸指标均有一定差异,但半胱氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸和精氨酸变异系数较

小,其中精氨酸变异系数最小但含量均最高,达到5.494~7.791 mg/g;丙氨酸、谷氨酸、脯氨酸和天冬氨酸含量也较高,含量在0.893~2.898 mg/g之间。

16种氨基酸中,兰州百合、‘方吉奥’和‘粉宫殿’分别各有4种氨基酸含量最高,宜昌百合有3种、龙牙百合有1种氨基酸含量最高。

表3 12个百合种和品种氨基酸总量及组分分析(mg/g)

Table 3 The analysis results of 12 *Lilium* species or cultivars' amino acids(mg/g)

种/品种 Species or cultivars	天冬氨酸 ^b Asp	谷氨酸 ^b Glu	甘氨酸 ^b Gly	组氨酸 His	丝氨酸 Ser	丙氨酸 ^b Ala	脯氨酸 Pro	酪氨酸 Tyr	缬氨酸 ^a Val	亮氨酸 ^a Leu
1 兰州百合(兰州)	0.821 ^A	1.993 ^F	0.499 ^D	0.196 ^{CD}	0.990 ^F	1.033 ^B	1.793 ^F	0.245 ^G	0.412 ^C	0.175 ^{DE}
2 兰州百合(平陆)	1.325 ^E	2.551 ^G	0.585 ^E	0.197 ^{CD}	0.388 ^{ABC}	1.969 ^F	1.642 ^{DE}	0.239 ^G	0.348 ^{EF}	0.199 ^{EF}
3 龙牙百合	1.146 ^C	1.577 ^D	0.334 ^B	0.141 ^{ABC}	0.407 ^{BC}	1.265 ^{CD}	1.962 ^H	0.164 ^{DE}	0.315 ^{CDE}	0.163 ^{CDE}
4‘塞拉达’	1.036 ^B	1.002 ^A	0.346 ^B	0.114 ^A	0.332 ^{AB}	0.922 ^A	0.948 ^A	0.134 ^{ABC}	0.245 ^A	0.107 ^A
5‘亮钻’	1.112 ^C	1.450 ^C	0.486 ^D	0.184 ^{BCD}	0.616 ^D	1.028 ^B	1.302 ^C	0.195 ^F	0.294 ^{BCD}	0.137 ^{ABC}
6‘穿梭’	1.300 ^E	1.747 ^E	0.574 ^E	0.145 ^{ABC}	0.669 ^{DE}	1.073 ^B	1.553 ^D	0.117 ^A	0.286 ^{BCD}	0.110 ^{AB}
7‘耀眼’	1.356 ^E	1.943 ^F	0.509 ^D	0.207 ^{DE}	0.629 ^D	1.223 ^C	1.950 ^{GH}	0.170 ^E	0.341 ^{EF}	0.148 ^{CD}
8‘方吉奥’	2.297 ^G	1.182 ^G	0.639 ^F	0.286 ^F	0.740 ^E	1.698 ^E	1.824 ^{FG}	0.291 ^H	0.361 ^F	0.221 ^F
9‘粉宫殿’	1.108 ^C	1.357 ^C	0.699 ^G	0.261 ^{EF}	1.044 ^F	0.893 ^A	1.321 ^C	0.242 ^G	0.278 ^{ABC}	0.148 ^{CD}
10 岷江百合	1.472 ^F	1.374 ^C	0.340 ^B	0.143 ^{ABC}	0.484 ^C	2.898 ^H	1.780 ^F	0.138 ^{BC}	0.32 ^{DE}	0.164 ^{CDE}
11 宜昌百合	1.222 ^D	2.558 ^G	0.385 ^C	0.167 ^{ABCD}	0.468 ^C	2.642 ^G	1.753 ^{EF}	0.148 ^{CD}	0.279 ^{ACBD}	0.146 ^{BCD}
12 大花卷丹	1.315 ^E	1.213 ^B	0.269 ^A	0.129 ^{AB}	0.306 ^A	1.314 ^D	1.118 ^B	0.127 ^{AB}	0.267 ^{AB}	0.150 ^{CD}
标准差 SD	0.360	0.512	0.137	0.048	0.242	0.675	0.333	0.057	0.048	0.034
均值 Mean	1.221	1.574	0.446	0.163	0.563	1.433	1.483	0.174	0.293	0.146
变异系数 CV(%)	29.514	32.539	30.663	29.600	43.023	47.085	22.451	32.769	16.402	23.380

表4 12个百合种和品种氨基酸总量及组分分析(mg/g)

Table 4 The analysis results of 12 *Lilium* species or cultivars' amino acids(mg/g)

种/品种 Species or cultivars	半胱氨酸 Cys	精氨酸 ^b Arg	异亮氨酸 ^{ab} Ile	蛋氨酸 ^{ab} Met	苯丙氨酸 ^{ab} Phe	赖氨酸 ^{ab} Lys	TAA	M%	E%
1 兰州百合(兰州)	0.411 ^D	6.501 ^{BC}	0.182 ^A	0.100 ^{ABC}	0.132 ^F	0.417 ^G	15.900 ^D	73.447 ^A	8.918 ^{DE}
2 兰州百合(平陆)	0.362 ^{BC}	6.422 ^B	0.257 ^B	0.218 ^G	0.184 ^J	0.336 ^D	17.222 ^E	80.403 ^E	8.954 ^E
3 龙牙百合	0.337 ^{ABC}	6.408 ^B	0.163 ^A	0.114 ^{BC}	0.157 ^I	0.269 ^B	14.922 ^C	76.618 ^{BC}	7.914 ^{ABC}
4‘塞拉达’	0.326 ^{AB}	5.654 ^A	0.127 ^A	0.069 ^A	0.135 ^G	0.384 ^F	11.881 ^A	81.433 ^{EF}	8.981 ^A
5‘亮钻’	0.335 ^{ABC}	6.544 ^{BC}	0.137 ^A	0.092 ^{AB}	0.085 ^A	0.353 ^E	14.345 ^{BC}	78.648 ^D	7.619 ^{AB}
6‘穿梭’	0.325 ^{AB}	5.484 ^A	0.144 ^A	0.116 ^{BC}	0.130 ^F	0.304 ^C	14.077 ^B	77.232 ^{BC}	7.743 ^A
7‘耀眼’	0.368 ^{BCD}	6.458 ^{BC}	0.175 ^A	0.112 ^{BC}	0.097 ^B	0.415 ^G	16.101 ^D	76.318 ^B	8.000 ^{CD}
8‘方吉奥’	0.329 ^{AB}	5.537 ^A	0.182 ^A	0.172 ^{EF}	0.143 ^H	0.314 ^C	16.216 ^E	76.80 ^{BC}	8.590 ^D
9‘粉宫殿’	0.330 ^A	7.601 ^E	0.198 ^{AB}	0.129 ^{CD}	0.099 ^C	0.371 ^F	15.540 ^D	77.60 ^{CD}	6.081 ^{BC}
10 岷江百合	0.354 ^{BC}	7.239 ^D	0.139 ^A	0.151 ^{DE}	0.135 ^G	0.344 ^{DE}	17.475 ^E	80.641 ^E	7.170 ^{CD}
11 宜昌百合	0.351 ^{BC}	7.791 ^E	0.139 ^A	0.195 ^{FG}	0.103 ^D	0.231 ^A	18.578 ^F	82.20 ^F	5.883 ^{AB}
12 大花卷丹	0.373 ^{CD}	6.703 ^C	0.139 ^A	0.096 ^{ABC}	0.109 ^E	0.271 ^B	13.749 ^B	83.225 ^F	6.415 ^A
标准差 SD	0.026	0.748	0.037	0.045	0.029	0.059	1.840	3.033	1.107
均值 Mean	0.325	6.084	0.155	0.124	0.118	0.313	14.450	72.941	7.183
变异系数 CV(%)	7.853	12.290	23.725	36.275	24.691	18.756	12.732	4.158	15.414

注:a表示必需氨基酸(E);b表示药效氨基酸(M);氨基酸总含量(T);大写字母表示在P<0.05水平下的显著性差异。

Note:a;essential amino-acid(E);b;Pharmacoamino acid(M);Total amino acid content(T);capital letter P < 0.05.

2.3 百合营养品质指标相关性分析

相关性分析结果表明,12个百合种/品种9项指标之间多酚-黄酮/皂苷、黄酮-皂苷极显著正相

关;氨基酸-多酚/皂苷显著正相关;淀粉-多酚/黄酮/皂苷、纤维素-多酚/黄酮/皂苷、蛋白质-多酚/黄酮/生物碱显著负相关。

表5 12个百合种及品种相关性分析

Table 5 Correlation analysis of 12 *Lilium* species or cultivars

品质指标 Indexs	淀粉 Starch	可溶性糖 Soluble sugar	纤维素 Cellulose	蛋白质 Protein	多酚 Polyphenol	黄酮 Flavone	生物碱 Alkaloid	皂苷 Saponin	氨基酸 Amino acid
可溶性糖 Soluble sugar	-0.266	1							
纤维素 Cellulose	0.475	-0.019	1						
蛋白质 Protein	-0.163	-0.163	-0.163	1					
多酚 Polyphenol	-0.696 ⁽¹⁾	0.34	-0.595 ⁽¹⁾	-0.59 ⁽¹⁾	1				
黄酮 Flavone	-0.6 ⁽¹⁾	0.286	-0.595 ⁽¹⁾	-0.623 ⁽¹⁾	0.904 ⁽²⁾	1			
生物碱 Alkaloid	-0.468	-0.349	-0.224	-0.596 ⁽¹⁾	0.425	0.491	1		
皂苷 Saponin	-0.607 ⁽¹⁾	0.532	-0.59 ⁽¹⁾	-0.403	0.932 ⁽²⁾	0.831 ⁽²⁾	0.186	1	
氨基酸 Amino acid	-0.507	0.563	-0.215	-0.411	0.648 ⁽¹⁾	0.487	-0.030	0.601 ⁽¹⁾	1

注:(1)表示在 $P < 0.05$ 水平下的显著性水平,(2)表示在 $P < 0.01$ 水平下的显著性水平。相关系数临界值, $\alpha = 0.05$ 时, $r = 0.576$; $\alpha = 0.01$ 时, $r = 0.708$ 。

Note: (1): $P < 0.05$; (2): $P < 0.01$ Critical concentration of correlation coefficient, $\alpha = 0.05$, $r = 0.576$; $\alpha = 0.01$, $r = 0.708$.

2.4 百合营养品质的主成分分析与综合评价

对12个百合种/品种的淀粉、可溶性糖、膳食纤维、蛋白质、多酚、黄酮、生物碱、皂苷和氨基酸进行主成分分析,表6描述了主成分分析初始值对原有

变量的总体描述情况。由表可知前4个主成分的累积方差贡献率达到90.229%,基本上包括了9个指标的大部分信息,因此选择前4个主成分作为综合指标对其品质进行综合评价。

表6 特征值和贡献率

Table 6 Eigenvalue and contribution

主成分 Component	特征值 Eigenvalues	贡献率 Contribution (%)	累计贡献率 Cumulative contribution (%)
1	4.866	54.071	54.071
2	1.706	18.954	73.025
3	1.046	11.623	84.648
4	0.502	5.581	90.229
5	0.382	4.245	94.474
6	0.246	2.735	97.209
7	0.145	1.607	98.816
8	0.095	1.055	99.872
9	0.012	0.128	100.000

由表7可知,第1主成分与多酚、黄酮和皂苷呈高度正相关,与膳食纤维显著负相关,可称之为百合功能因子;第2主成分与蛋白质呈高度负相关,与生

物碱正相关,可称之为百合营养因子;第3、4主成分分别与可溶性糖和淀粉呈高度正相关,可称第3(可溶性糖显著正相关,氨基酸正相关)、4主成分(淀粉

正相关)为百合碳水化合物因子。因总方差 85% 以上的贡献来自前 4 个主成分,故可认为多酚、黄酮、皂苷、蛋白质、可溶性糖和淀粉这 6 个指标是衡量百合综合营养品质的主要指标。

按综合评价函数计算得出不同种/品种百合的

综合得分(F)及排名,如表 8 所示,岷江百合营养品质评分最高。排名前六位的百合种/品种依次为岷江百合、宜昌百合、‘塞拉达’、龙牙百合、兰州百合(平陆)和大花卷丹。

表 7 旋转变换后的因子矩阵

Table 7 Factor matrix after rotation transform

品质指标 Indexes	主成分 Principal component			
	1	2	3	4
淀粉 Starch	-0.377	-0.314	-0.209	0.809
可溶性糖 Soluble sugar	0.104	-0.045	0.912	0.003
纤维素 Cellulose	-0.905	0.082	0.108	0.257
蛋白质 Protein	-0.092	-0.909	-0.218	0.127
多酚 Poly phenol	0.717	0.482	0.373	-0.258
黄酮 Flavone	0.735	0.567	0.256	-0.094
皂苷 Saponin	0.764	0.265	0.513	-0.133
生物碱 Alkaloid	0.195	0.766	-0.436	-0.316
氨基酸 Amino acid	0.199	0.198	0.753	-0.390

表 8 12 个百合种及品种综合因子得分及排名

Table 8 The comprehensive factor scores and rankings of 12 *Lilium* species or cultivars

种/品种 Species or cultivars	FAC1	FAC2	FAC3	FAC4	F	名次
兰州百合(兰州)	-0.29084	-0.6152	0.37648	0.5084	-0.22	8
兰州百合(平陆)	0.17567	-1.93995	1.96203	0.75397	0.00	5
龙牙百合	0.5612	-0.60766	-0.9433	-1.31777	0.01	4
‘塞拉达’	0.30371	-0.20163	-1.20383	1.75849	0.09	3
‘亮钻’	-0.31426	0.07622	-1.23252	0.10682	-0.33	9
‘穿梭’	-0.53353	-0.13632	-0.16528	0.58498	-0.34	10
‘耀眼’	-0.5004	-0.93331	-0.52578	-1.55847	-0.66	11
‘范吉奥’	-1.89296	1.47074	1.08012	-0.14527	-0.70	12
‘粉宫殿’	-0.45917	0.9507	-0.54365	0.90544	-0.09	7
岷江百合	2.4227	1.19485	0.56179	0.18957	1.79	1
宜昌百合	0.40648	0.99657	0.97579	-1.1049	0.51	2
大花卷丹	0.12141	-0.25502	-0.34184	-0.68127	-0.07	6

3 结论

百合富含大量碳水化合物、丰富的活性物质和药效氨基酸。12 个百合种/品种鳞茎营养品质指标以多酚与生物碱两个活性物质指标含量变异系数大,膳食纤维、氨基酸等指标含量差异较小。本研究发现 12 个百合种/品种鳞茎中岷江百合评分最高,

其次是宜昌百合。二者目前虽未被药典收录,但其药用品质较好。岷江百合活性成分含量指标均最高,宜昌百合与其无显著差异,且二者氨基酸含量显著高于其他百合。目前已有文献发现岷江百合中甾族皂苷对环 AMP 磷酸二酯酶活性有抑制作用^[22],且含丰富的酚类糖苷,具有较强的抗氧化能力^[23];

另外,其可溶性糖质量分数虽较高,但口味较苦涩,具体致苦成分未有相关研究报道。‘塞拉达’不仅具有较高的观赏价值,且兼具良好的药食用品质,其淀粉含量在12个百合种/品种中最高,蛋白质、活性物质和功能性氨基酸含量也显著高于其他百合。兰州百合(平陆)具有良好的食用品质,其可溶性糖、蛋白质与必须氨基酸含量在12个百合种/品种中均最高,且含丰富的皂苷。本研究以期对百合相关药食标准的制定以及从野生资源和现有品种资源中进行新型赏药食兼用的百合筛选与开发提供参考。

参考文献

- Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Vol I (中华人民共和国药典:第一部) [M]. Beijing: China Medical Science Press, 2010:11.
- Hu Y, Du YP, Tian CJ, et al. Chemical constituents and bioactivities from the genus *Lilium* [J/OL]. Food Sci (食品科学), 2018, 39:323-332.
- Mao YF, Li ZL, Duan Q, et al. Study on the differences of nutrients in four species of *Lilium* [J]. J Yunnan Agric Univ: Nat Sci (云南农业大学学报:自科版), 2017, 32:366-370.
- Jin L, Liu SY, Zhang P. Analysis on nutritional components and active substances of bulb of *Lilium regale* Wilson [J]. Food Ind (食品工业), 2016, 37:255-258.
- Kim DO, Chun OK, Kim YJ, et al. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums [J]. J Agric Food Chem, 2003, 51:6509-6515.
- Price ML, Scoyoc SV, Butler LG. A critical evaluation of vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain [J]. J Agric Food Chem, 1978, 26:1214-1218.
- Wu XB, Ren FL, Qiu CG. Extraction, purification and characterization of *Lilium Brownii* [J]. Guangzhou Chem (广州化学), 2005, 30(2):36-40.
- Li HJ. Study on the nutrients, bioactive materials and cultivation characteristics of *L. lancifolium* [D]. Yangling: Northwest A&F University (西北农林科技大学), 2007.
- Chen QL, Li ZH, Chen SQ. Analysis of amino acid composition and nutritional evaluation in five local edible fungus [J]. Food & Mach (食品与机械), 2014, 30(6):43-46.
- Wang XM, Mu TH, Li PG. Research progress in prevention and treatment of diabetes and the complications thereof by dietary fiber: a literature review [J]. J Nucl Agric Sci (核农学报), 2013, 27:1324-1330.
- Jin L, Zhang Y, Yan L, et al. Phenolic compounds and antioxidant activity of bulb extracts of six *Lilium* species native to China. [J]. Molecules, 2012, 17:9361-9378.
- Francis JA, Rumeiha W, Nair MG. Constituents in easter lily flowers with medicinal activity [J]. Life Sci, 2004, 76:671-683.
- Obmann A, Tsendayush DT, Zehl M, et al. Extracts from the Mongolian traditional medicinal plants *Dianthus versicolor* Fisch. and *Lilium pumilum* Delile stimulate bile flow in an isolated perfused rat liver model [J]. J Ethnopharmacol, 2010, 131:555.
- Munafa JR JP, Gianfagna TJ. Antifungal activity and fungal metabolism of steroidal glycosides of easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.) by the plant pathogenic fungus, *Botrytis cinerea* [J]. J Agric Food Chem, 2011, 59:5945-5954.
- Ori K, Mimaki Y, Mito K, et al. Jatropha derivatives and steroidal saponins from the bulbs of *Lilium hansonii* [J]. Phytochemistry, 1992, 31:2767-2775.
- Shimomura H, Sashida Y, Mimaki Y, et al. Jatropha glucoside from the bulbs of *Lilium hansonii* [J]. Phytochemistry, 1987, 26:582-583.
- Uhlig S, Hussain F, Wisloff H. Bioassay-guided fractionation of extracts from easter lily (*Lilium longiflorum*) flowers reveals unprecedented structural variability of steroidal glycoalkaloids [J]. Toxicon, 2014, 92:42-49.
- Mimaki Y, Sashida Y, Nakamura O, et al. Steroidal saponins from the bulbs of *Lilium regale*, and *L. henryi* [J]. Phytochemistry, 1993, 33:675-682.
- Mimaki Y, Nakamura O, Sashida Y, et al. Steroidal saponins from the bulbs of *Lilium longiflorum* and their antitumour-promoter activity [J]. Phytochemistry, 1994, 37:227-232.
- Mimaki Y, Satou T, Kuroda M, et al. Steroidal saponins from the bulbs of *Lilium candidum* [J]. Phytochemistry, 1999, 51:567-573.
- Zhou ZL, Feng ZC, Fu CY, et al. Steroidal and phenolic glycosides from the bulbs of *Lilium pumilum* DC and their potential Na^+/K^+ ATPase inhibitory activity [J]. Molecules, 2012, 17:10494-10502.
- Mimaki Y, Sashida Y, Nakamura O, et al. Steroidal saponins from the bulbs of *Lilium regale*, and *L. henryi* [J]. Phytochemistry, 1993, 33:675-682.
- Jin L, Zhang Y, Yan L, et al. Phenolic compounds and antioxidant activity of bulb extracts of six *Lilium* species native to China [J]. Molecules, 2012, 17:9361-9378.