

胡小霞, 邓丽娟, 刘睿婷, 等. 基于主成分分析的大蒜药用质量评价 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(12): 293–299. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022080237

HU Xiaoxia, DENG Lijuan, LIU Ruiting, et al. Evaluation of Medicinal Quality of Garlic Based on Principal Component Analysis[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(12): 293–299. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022080237

· 分析检测 ·

基于主成分分析的大蒜药用质量评价

胡小霞¹, 邓丽娟², 刘睿婷^{3,4}, 史荣梅^{3,5,*}

(1. 乌鲁木齐海关技术中心, 新疆乌鲁木齐 830063;

2. 天康生物制药有限公司, 新疆乌鲁木齐 830026;

3. 新疆医科大学药学院, 新疆乌鲁木齐 830011;

4. 新疆胡蒜研究院(有限公司), 新疆乌鲁木齐 830013;

5. 新疆大蒜药用研究重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830013)

摘要:通过比较分析大蒜的药用品质, 建立大蒜药用质量评价体系。以水分、灰分、水溶性浸出物、大蒜素含量、蒜氨酸含量、大蒜辣素含量和蒜酶活力为指标, 分析甘肃民乐、江苏邳州、山东金乡、河南郑州、重庆巫溪和新疆且末、拜城、种马场、虎头镇、大有镇、新地乡等 11 个产地大蒜的药用品质特征及差异, 并通过相关性分析、主成分分析和聚类分析对大蒜质量进行综合评价。结果表明, 不同产地大蒜的上述指标都具有显著性差异。相关性分析表明, 蒜酶活力与水分呈极显著正相关性 ($P < 0.01$), 蒜氨酸含量与灰分和大蒜辣素含量呈显著正相关性 ($P < 0.05$)。利用主成分分析可筛选出 3 个累计贡献率达到 81.134% 的主成分, 在贡献率最大的第 1 主成分中, 蒜氨酸对大蒜药用品质影响最大, 其次为大蒜辣素和蒜酶活力。对 11 个产地大蒜进行综合评价, 甘肃民乐大蒜的主成分综合评分得分最高为 1.44, 其余 4 个得分大于零的皆为新疆大蒜。系统聚类分析可将大蒜聚为四类, 其中郑州大蒜单独为一类, 金乡、巫溪和种马场大蒜聚为一类, 新地、大有和民乐大蒜聚为一类, 其余三地聚为一类。蒜氨酸、大蒜辣素和蒜酶活力可用于体现不同产地大蒜药用品质间的差距, 利用综合评分可筛选出综合得分最高的大蒜, 为优质大蒜的种质资源研究与药用大蒜规模化种植提供思路。

关键词:大蒜, 蒜氨酸, 蒜酶活力, 大蒜辣素, 主成分分析

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)12-0293-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022080237



本文网刊:

Evaluation of Medicinal Quality of Garlic Based on Principal Component Analysis

HU Xiaoxia¹, DENG Lijuan², LIU Ruiting^{3,4}, SHI Rongmei^{3,5,*}

(1. Technical Center of Urumqi Customs, Urumqi 830063, China;

2. Tecon Biology Pharmacy Co., Ltd., Urumqi 830026, China;

3. College of Pharmacy, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China;

4. Hu Suan Research Institute (Co., Ltd.), Urumqi 830013, China;

5. Key Laboratory of Garlic Medicinal Research in Xinjiang, Urumqi 830013, China)

Abstract: To compare and analyze the medicinal quality of garlic, a garlic medicinal quality evaluation system was established. Moisture, ash, water-soluble extract, diallyl trisulfide content, alliin content, allicin content and alliinase activity were screened out as indicators to analyze the medicinal quality of garlic from 11 regions, including Minle, Pizhou, Jinxiang, Zhengzhou, Wuxi, Qiemo, Baicheng, Zhongmachang, Hutou, Dayou and Xindi. The correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis were performed to determine the quality of garlic in different regions. The results showed that all the above-mentioned indicators of garlic from different regions had significant differences. The

收稿日期: 2022-08-23

作者简介: 胡小霞 (1988-), 女, 硕士, 研究方向: 分析测试技术与新药研发, E-mail: 450226120@163.com。

* 通信作者: 史荣梅 (1985-), 女, 硕士, 高级实验师, 研究方向: 分析测试技术与新药研发, E-mail: Ackey8585@126.com。

correlation analysis showed that alliinase activity had an extremely significant and positive correlation with moisture ($P<0.01$), and alliin content showed a significant positive correlation with ash and alliin content ($P<0.05$). Three principal components with a cumulative contribution of 81.134% could be selected using the principal component analysis. Among the first principal component with the largest contribution, alliin had the greatest influence on the medicinal quality of garlic, followed by allicin and alliinase activity. In the comprehensive evaluation of garlic from 11 regions, the highest score of 1.44 was obtained from Minle, and the remaining four scores greater than zero were all from Xinjiang. The systematic clustering analysis revealed that the garlic from 11 regions could be clustered into four categories. Among them, Zhengzhou garlic was a separate category. Jinxiang, Wuxi and Zhongmachang garlic were clustered into one category. Xindi, Dayou and Minle garlic were clustered into one category, and the remaining three regions were clustered into one category. Alliin, allicin and alliinase activity could be used to reflect the disparity between the medicinal quality of garlic from different regions. The garlic with the highest overall score could be screened using the integrated score, which would provide ideas for the research of germplasm resources of high-quality garlic and the large-scale cultivation of medicinal garlic.

Key words: garlic; alliin; alliinase activity; allicin; principal component analysis

大蒜是多年生广义百合科植物大蒜 *Allium sativum* L.的鳞茎。中国是世界上重要的大蒜种植和出口国之一,2010~2021 年,我国大蒜出口量稳居世界第一,占世界出口总量的 40% 以上^[1]。我国疆域辽阔,海拔高度差异大,生态环境多样,形成了诸多具有地方特色的大蒜名优品种。大蒜不仅能食用,还有巨大的潜在药用价值。大量现代医学研究表明,大蒜在心血管疾病^[2-5]、感染性疾病^[6-7]、抗氧化^[8-9]及肿瘤的预防与治疗^[10-14]等方面具有活性作用。大蒜已被多国药典所收录,但其检测指标却不尽相同。《中国药典》^[15]中,“大蒜”项下分别对总灰分、浸出物和大蒜素含量进行测定。而《美国药典》^[16]和《欧盟药典》^[17]中,大蒜及其相关制剂的检测指标却多为蒜氨酸、大蒜辣素和蒜酶活力。因此,为了更好地发掘中国大蒜的药用价值,增加其在国际市场的竞争力,亟需建立一套与国际接轨的大蒜药用品质评价体系。

国际公认的大蒜指标成分是蒜氨酸(S-烯丙基-L-半胱氨酸亚砷),它是大蒜的主要生物活性物质之一^[18-19]。大蒜辣素(二烯丙基硫代亚磺酸酯)是大蒜最重要的生物活性成分之一,是其防治心脑血管疾病及感染性疾病的核心有效成分^[20-22],已被《欧盟药典》及《美国药典》确定为大蒜及其制剂的指标成分。然而,完整大蒜本身并不含大蒜辣素,只有当其被切割或破碎时,分处细胞不同部位的蒜氨酸与蒜酶相遇,发生催化裂合反应才产生大蒜辣素^[23]。大蒜辣素因其结构中包含不稳定的亚砷基和烯丙基,故极易分解。而《中国药典》“大蒜”项下的“大蒜素”(二烯丙基三硫醚),实为大蒜辣素的分解产物之一,它并非大蒜中的天然成分,自然也不能代表大蒜的药理作用。国内已有研究者对大蒜素和大蒜辣素的结构和命名进行了区分,并建议中国药典对大蒜的标准进行修订^[24-26]。

研究者也对不同产地的大蒜开展了大量研究。赵东升^[27]建立了以蒜氨酸为主的氨基酸类物质群和以大蒜辣素为主的含硫化合物类物质群的高效液相色谱指纹图谱方法,并进行了统计学分析。关明

等^[28-29]分别采用傅里叶红外光谱法和高效液相色谱法测定了 25 份大蒜样品,研究了不同地理居群对大蒜的理化性质和潜在大蒜辣素含量的影响。王薇薇等^[30]对 12 份大蒜品种的 23 个性状进行遗传变异分析,用于大蒜种质资源的综合评价。李攀龙等^[31]研究了大蒜鳞茎品质与产地土壤养分的关系,利用主成分分析筛选出大蒜素、硒、锗和可溶性糖四个贡献率较大的主成分。目前,对于不同产地大蒜的药用品质研究与评价体系建立尚未见报道。因此,本研究通过收集国内 11 个产地的大蒜,参照《中国药典》、《美国药典》和《欧盟药典》中大蒜的检测指标,结合大蒜的功效研究成果,筛选了水分、总灰分、浸出物、大蒜素、蒜氨酸、大蒜辣素、蒜酶活力等 7 项指标,采用相关性分析、主成分分析和聚类分析,对大蒜质量进行综合评价,为药用大蒜的选材提供依据,也为优质大蒜种质资源的保护与利用提供科学指导。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

大蒜 夏季叶枯时采挖,去处须根和泥沙,通风晾晒至外皮干燥(自市场购入,详细产地信息见表 1),

表 1 大蒜样品信息

Table 1 Information of garlic samples from different regions

编号	产地	备注
1 [#]	江苏省邳州市	PZ
2 [#]	山东省济宁市金乡县	JX
3 [#]	河南省郑州市	ZZ
4 [#]	新疆伊犁州昭苏县虎头镇75团	HTZ
5 [#]	新疆伊犁州昭苏县种马场	ZMC
6 [#]	新疆昌吉市吉木萨尔新地乡	XD
7 [#]	新疆昌吉市吉木萨尔大有镇	DY
8 [#]	新疆阿克苏地区拜城县	BC
9 [#]	甘肃省张掖市民乐县	ML
10 [#]	新疆巴州且末县	QM
11 [#]	重庆市巫溪县	WX

注:大蒜购入时间2020年7~10月,购入后两个月内完成检测,期间于4℃冷藏保存。

为百合科植物大蒜 *Allium sativum* L. 的鳞茎, 性状均符合《中国药典》大蒜的要求; 蒜氨酸对照品 纯度 $\geq 99.0\%$, 新疆埃乐欣药业有限公司; 大蒜素对照品 纯度 94.2% , 中国食品药品检定研究院; 甲醇 色谱纯, Sigma-Aldrich; 实验用水 超纯水; 其它分析试剂均为国产分析纯。

AB135S 分析天平 梅特勒-托利多; BPG-9070A 精密鼓风干燥箱 上海一恒科学仪器有限公司; SX-4-10 中温箱式电阻炉 北京市永光明医疗仪器有限公司; UV2550 紫外可见分光光度计、LC-2010A 高效液相色谱仪 日本岛津公司。

1.2 实验方法

1.2.1 基本理化指标的测定 水分: 参照《中国药典》2020 版四部通则“0832 水分测定法”第二法(烘干法); 灰分: 参照《中国药典》2020 年版四部通则“2302 灰分测定法”; 浸出物: 参照《中国药典》2020 年版四部通则“2201 水溶性浸出物测定法”项下“热浸法”; 大蒜素含量: 参照《中国药典》2020 年版一部“大蒜”项下“含量测定”方法。

1.2.2 大蒜辣素含量的测定 参照《欧盟药典》。

1.2.3 蒜酶活力测定 大蒜蒜酶活力测定采用紫外-可见分光光度法^[32]。

供试品溶液的制备: 取各产地新鲜大蒜, 脱皮后于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 预冷 12 h 。称取 100 g 蒜瓣(平行测定三次)置匀浆机中, 加入 300 mL 匀浆液($4\text{ }^{\circ}\text{C}$), 打浆 $20\text{ s}\times 5$ 次, 匀浆液经 8 层纱布过滤。收集滤液, 于 12000 r/min 低温($4\text{ }^{\circ}\text{C}$)离心 5 min , 合并上清, 作为供试品溶液。

1.2.4 蒜氨酸含量的测定 蒜氨酸含量的测定采用高效液相色谱法^[33]。

色谱条件: 色谱柱: Innert Sustain C_{18} ($4.6\text{ mm}\times 250\text{ mm}$, $5\text{ }\mu\text{m}$); 柱温: $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, 流动相: 0.04% 三氟乙酸水溶液, 流速: 0.5 mL/min , 检测波长: 214 nm , 进样量: $10\text{ }\mu\text{L}$ 。

对照品溶液的制备: 称取蒜氨酸对照品适量, 加水, 制成每 1 mL 含 $150\text{ }\mu\text{g}$ 的溶液, 作为对照品溶液。

样品的前处理: 取脱皮蒜瓣约 100 g , 精密称定, 置 500 mL 烧杯中, 加水 200 mL , 水煮灭酶 10 min , 匀浆 1 min , 浆液全部转移至 500 mL 量瓶中, 加水稀释至刻度, 摇匀, 离心(8000 r/min) 15 min , 精密吸取上清液 1.0 mL , 置 100 mL 量瓶中, 加水稀释至刻度, 摇匀, 即得。以保留时间定性, 外标法定量, 计算公式如下:

蒜氨酸含量(%) = $\frac{A_x \times C_s \times D \times V}{A_s \times W \times 1000} \times 100$

式中: A_x 为供试品溶液峰面积, C_s 为蒜氨酸对照品溶液浓度, A_s 为蒜氨酸对照品溶液峰面积, V 为匀浆液总体积, D 为稀释倍数, W 为蒜瓣称样量。

1.3 数据处理

每次实验均采取三次平行。数据处理和分析采用 Excel 2007 与 SPSS 26.0 相结合的方法, 对所测大蒜的品质指标进行单因素方差分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同产地大蒜的指标测定结果

对不同产地大蒜的水分、总灰分、浸出物、大蒜素(按干品计)、蒜氨酸(按干品计)、大蒜辣素(按干品计)、蒜酶活力(按干品计)的测定结果见表 2。其中, 蒜氨酸含量最高的大蒜依次为新疆昭苏虎头镇(5.35%)、甘肃民乐(4.96%)和新疆昭苏种马场(4.51%), 大蒜辣素含量的大蒜最高依次为甘肃民乐(2.46%)、新疆拜城(2.12%)和新疆昭苏虎头镇(1.94%), 蒜酶活力最高的大蒜依次为河南郑州(3715.7 U/g)、山东金乡(3338.5 U/g)和重庆巫溪(3268.7 U/g)。利用单因素方差分析(ANOVA)法进行差异显著性分析, 结果表明不同产地大蒜的水分、总灰分、浸出物、大蒜素、蒜氨酸、大蒜辣素和蒜酶活力都具有显著性差异($P<0.05$)。

大蒜的生长发育, 可分为萌发期、幼苗期、花芽鳞芽分化期、蒜薹伸长期、鳞茎膨大期和生理休眠期等 6 个时期。生理休眠期是指蒜头采收后到蒜瓣萌

表 2 不同产地大蒜品质参数比较
Table 2 Comparison of quality parameters of garlic from different regions

产地	水分(%)	总灰分(%)	浸出物(%)	大蒜素(%)	蒜氨酸(%)	大蒜辣素(%)	蒜酶活力(U/g)
PZ	60.9±0.7 ^a	1.20±0.02 ^f	79.4±4.4 ^{abde}	0.51±0.01 ^a	2.99±0.04 ⁱ	0.90±0.04 ^a	2603.2±80.1 ^c
JX	64.1±1.3 ^a	1.29±0.02 ^{ef}	71.7±0.4 ^{cd}	0.16±0.01 ^g	3.24±0.10 ^h	1.70±0.10 ^d	3338.5±313.9 ^{abcde}
ZZ	63.0±0.7 ^a	1.39±0.07 ^{cdf}	80.3±0.1 ^{ab}	0.36±0.02 ^c	3.41±0.04 ^g	1.31±0.02 ^f	3715.7±84.9 ^a
HTZ	61.1±0.3 ^a	1.98±0.02 ^{ac}	73.1±0.8 ^{bc}	0.43±0.01 ^c	5.35±0.09 ^a	1.94±0.20 ^c	2319.7±276.2 ^{cd}
ZMC	61.5±0.4 ^a	1.69±0.13 ^{adf}	81.4±3.3 ^{abde}	0.50±0.01 ^a	4.51±0.15 ^c	1.60±0.06 ^c	2988.3±50.3 ^b
XD	61.3±1.4 ^a	1.36±0.04 ^{ef}	79.9±3.8 ^{abde}	0.25±0.01 ^f	4.49±0.14 ^c	1.23±0.14 ^f	1988.7±38.6 ^d
DY	61.0±0.7 ^a	1.28±0.03 ^{ef}	87.9±0.7 ^a	0.38±0.02 ^d	3.93±0.08 ^c	1.61±0.06 ^c	1753.7±35.3 ^c
BC	60.9±0.9 ^a	1.46±0.01 ^{cbdf}	91.3±1.6 ^{ad}	0.51±0.03 ^a	4.19±0.12 ^d	2.12±0.10 ^b	2591.4±104.5 ^{abcde}
ML	61.5±0.2 ^a	1.84±0.04 ^{ad}	63.9±0.8 ^c	0.50±0.02 ^a	4.96±0.11 ^b	2.46±0.07 ^a	2027.8±38.9 ^d
QM	60.4±0.5 ^a	1.71±0.03 ^{ebd}	78.2±2.6 ^{abde}	0.25±0.01 ^f	4.23±0.09 ^d	1.76±0.04 ^d	2269.6±49.6 ^d
WX	64.5±1.3 ^a	1.94±0.05 ^{ab}	87.1±1.1 ^a	0.45±0.01 ^b	3.53±0.08 ^f	1.09±0.23 ^g	3268.7±185.7 ^{abcde}

注: 同列不同字母表示不同产地间具有显著性差异($P<0.05$)。

芽的阶段,大蒜采收时通常已进入休眠期,即使环境条件适宜也不会发芽。大蒜休眠期的长短与品种有关,一般为2~3个月^[34],低温干燥是保持大蒜休眠的重要条件^[35]。大蒜经过休眠期后,就要发芽,发芽时要消耗养分,使肉质变软,水分减少,蒜瓣干瘪,致使大蒜商品性下降。这时需要通过低温、干燥,强迫其继续休眠,才能继续贮藏。GB/T 24700-2010《大蒜冷藏》规定:大蒜贮藏温度应在 $0\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度应保持在65%~75%,且应保持空气在恒温条件下循环。因此,为了更加客观、真实地反映大蒜的药用品质,其相关研究应尽可能在大蒜生理休眠期内进行。

2.2 大蒜品质指标的相关性分析

利用SPSS 26.0软件对不同产地大蒜的7项指标进行了相关性分析。多样本两指标之间相关系数绝对值越大,表明两指标间的联系越紧密。由表3可知,蒜酶活力与水分呈极显著正相关性($P<0.01$),蒜氨酸含量与灰分和大蒜辣素含量呈显著正相关性($P<0.05$)。相关性分析结果表明,各指标之间都有一定的相关关系,说明所统计的原始数据反映的信息存在重叠,故适合使用主成分分析法对上述7项指标进行简化,以提高大蒜品质评价的分析效率。

表3 不同产地大蒜各指标之间的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of garlic from different regions

指标	水分	灰分	浸出物	大蒜素	蒜氨酸	大蒜辣素	蒜酶活力
水分	1						
灰分	0.044	1					
浸出物	-0.032	-0.258	1				
大蒜素	-0.234	0.306	0.197	1			
蒜氨酸	-0.532	0.639*	-0.330	0.199	1		
大蒜辣素	-0.344	0.389	-0.401	0.125	0.667*	1	
蒜酶活力	0.759**	-0.029	0.096	-0.071	-0.559	-0.351	1

注:**表示在0.01水平(双尾),极显著相关性, $P<0.01$; *表示在0.05水平(双尾),显著相关性, $P<0.05$ 。

2.3 大蒜品质指标的主成分分析及综合评价

大蒜品质的构成因子较多,不同的品质因子间存在密切相关性和相对独立性。为综合评价不同产地间大蒜的质量差异,对已测定7个指标进行主成分分析,将各指标因子进行无量纲标准处理化后,求得相关系数矩阵。通过选取特征值大于1的成分作为主成分,共提取了3个有效的主成分。第1个主成分(F1)贡献率为42.167%,第2个主成分(F2)贡献率为21.481%,第3个主成分(F3)贡献率为17.486%(表4)。前3个主成分的累计方差贡献率达81.134%,即代表了大蒜总信息的81.134%,说明这3个主成分已包含了原来7个指标的大部分信息。

通过上述3个主成分的特征值和方差贡献率可以计算得到主成分因子荷载矩阵(表5)。结果表明,第1个主成分中,蒜氨酸、大蒜辣素和蒜酶活力的载荷系数较大,其值分别为0.926,0.771和-0.707,它们对第1个主成分的贡献最多。由此可知,蒜氨酸、大

表4 各成分的特征值、方差贡献率和累积方差贡献率

Table 4 Eigenvalue and variance cumulative contribution of garlic from different regions

主成分	特征值	方差贡献率(%)	累积方差贡献率(%)
F1	2.952	42.167	42.167
F2	1.504	21.481	63.648
F3	1.224	17.486	81.134
F4	0.542	7.741	88.876
F5	0.455	6.503	95.378
F6	0.215	3.078	98.457
F7	0.108	1.543	100.000

表5 主成分因子载荷矩阵

Table 5 Component load matrix after principal component analysis

因子	主成分		
	F1	F2	F3
水分	-0.681	0.652	0.071
灰分	0.549	0.601	0.418
浸出物	-0.381	-0.578	0.516
大蒜素	0.299	-0.126	0.837
蒜氨酸	0.926	0.131	0.034
大蒜辣素	0.771	0.246	-0.122
蒜酶活力	-0.707	0.538	0.245

蒜辣素和蒜酶活力是判断不同产地大蒜药材质量的重要因素。

利用主成分载荷矩阵(表5)中各指标数据除以主成分相应的特征值开平方,便可得到3个主成分中各指标所对应的系数,即特征向量,根据特征向量可得3个主成分的得分表达式如下:

$$F1=-0.396X_1+0.320X_2-0.222X_3+0.174X_4+0.539X_5+0.449X_6-0.412X_7,$$

$$F2=0.532X_1+0.490X_2-0.471X_3-0.103X_4+0.107X_5+0.201X_6+0.439X_7,$$

$$F3=0.064X_1+0.378X_2+0.466X_3+0.757X_4+0.031X_5-0.110X_6+0.221X_7.$$

根据上述3个主成分的方差贡献率,可得大蒜品质综合评价模型: $F=42.167\%F_1+21.481\%F_2+17.486\%F_3$ 。据该综合评价模型可计算各产地大蒜

表6 不同产地大蒜的主成分得分及综合排序

Table 6 Factor scores and comprehensive ranking of garlic from different regions

产地	F1	F2	F3	综合得分	排序
PZ	-1.54	-1.42	0.34	-0.90	10
JX	-2.05	1.48	-1.94	-0.89	9
ZZ	-2.08	0.65	0.12	-0.72	8
HTZ	2.39	0.90	0.26	1.24	2
ZMC	0.43	0.19	1.09	0.41	3
XD	0.08	-1.02	-1.25	-0.41	7
DY	0.15	-1.94	-0.29	-0.41	7
BC	0.61	-1.14	1.13	0.21	4
ML	2.88	1.27	-0.27	1.44	1
QM	0.93	-0.28	-0.96	0.16	5
WX	-1.79	1.33	1.78	-0.16	6

的主成分得分及综合得分,结果见表 6。综合得分越高,表示该大蒜综合品质越好。测定结果表明,有 5 个产地大蒜的综合得分大于 0,占比 45.5%。其中,ML(甘肃民乐)大蒜综合得分最高为 1.44,2~5 名依次为 HTZ(新疆昭苏虎头镇)、ZMC(新疆昭苏种马场)、BC(新疆拜城)、QM(新疆且末)大蒜。

我国幅员辽阔,大蒜的种植范围较广,产区主要集中在山东、江苏、甘肃、湖北、陕西、河南、新疆等地。李攀龙等^[31]研究了全国 16 个省区的 50 个大蒜品种鳞茎品质与产地土壤养分的关系,结果表明土壤中硫元素与大蒜素和可溶性糖显著正相关,土壤 pH 与大蒜锗含量显著正相关,土壤 N 含量与大蒜可溶性糖极显著正相关。赵勇强^[36]研究了大蒜品种、产地、海拔和生长期积温等因素对大蒜辣素、硒、锗、可溶性糖和可溶性蛋白的影响,发现可以通过筛选产地和品种来获得大蒜辣素、硒元素、锗元素较高的大蒜。从不同方面证明,产地的海拔、自然环境、气候特征、栽培品种和栽培方式的差异,都有可能影响大蒜的品质。

2.4 不同产地大蒜品质参数聚类分析

聚类分析是将相似度大的样品优先聚合,最终按照类别的综合性质完成多个品种聚合的过程。为考察大蒜中不同指标含量差异与产地之间的相互关系,以 11 批不同产地大蒜中 7 项指标为基准,采用系统聚类分析方法,通过组间连接方法,以平方欧氏距离作为样品相似性的判定,分析结果见图 1。以欧式距离 5 为临界点时,11 个产地的大蒜聚集成 4 类。其中 ZZ 单独为一类,其蒜酶活力最高;JX、WX 和 ZMC 大蒜聚为一类,这些大蒜的蒜酶活力较高;XD、ML 和 DY 大蒜聚为一类,这些大蒜的蒜酶活力较低;其余三地聚为一类。

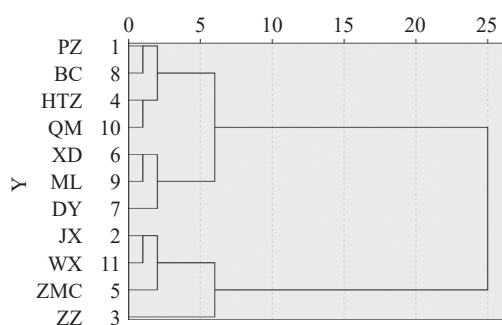


图 1 聚类分析结果

Fig.1 Systematic clustering diagram

3 结论

本文以为水分、总灰分、浸出物、大蒜素、蒜氨酸、大蒜辣素和蒜酶活力为指标,研究了 11 个不同产地大蒜的药用品质差异。结果表明,不同产地大蒜的上述指标都具有显著性差异。相关性分析表明,蒜酶活力与水分呈极显著正相关性($P<0.01$),蒜氨酸含量与灰分和大蒜辣素含量呈显著正相关性($P<0.05$)。利用主成分分析,对大蒜的品质做出初步评价。根据

主成分分析的降维思想,筛选出可代表大蒜 81.134% 总信息的 3 个主成分。其中,贡献率最大的第 1 主成分中,蒜氨酸、大蒜辣素和蒜酶活力的贡献最大,与《美国药典》和《欧盟药典》检测指标一致,也与大蒜的药效学研究结果一致^[37-38]。利用主成分分析的综合评价,可完成对不同产地大蒜的品质评价工作。在综合得分大于 0 的五个大蒜产地中,除得分第一的甘肃民乐大蒜外,其余四个皆为新疆大蒜,表明新疆独特的气候环境及高海拔地理优势对于大蒜生长和优质蒜种的栽培具有重要意义。聚类分析可将上述大蒜分为四类,其中郑州大蒜单独为一类,金乡、巫溪和种马场大蒜聚为一类,新地、大有和民乐大蒜聚为一类,其余三地聚为一类。通过不同产地大蒜药用质量评价体系的建立,不仅可为药用大蒜选材提供科学依据,也为优势大蒜资源的选种,大蒜种质资源的保护与利用,规模化大蒜种植基地的建立提供数据支持。

大蒜药用质量不仅与其品种相关,还受到产地的自然环境、地理特征和栽培方式等多方面的影响。因此,通过统计分析对大蒜质量进行评分、评级与归类,尚需进行大量数据积累和产地调研工作。此外,大蒜种植过程中,由于长期的无性繁殖和不同地区区间的引种,导致生产上用种混杂、品种更新慢及品种退化,使得大蒜栽培、育种工作难度增加,大大限制了大蒜产量和品质的提高。因此,新疆优质大蒜的种质资源研究与药用大蒜规模化种植已成为本课题组的后续研究重点之一。

参考文献

- [1] 李慧颖,白丽.中国大蒜出口价格波动特征分析[J].农村经济与科技,2021,32(17):124-126. [LI H Y, BAI L. Analysis on the characteristics of Chinese garlic export price fluctuation[J]. Rural Economy and Science of Technology, 2021, 32(17): 124-126.]
- [2] 张起毓,严啸,李汇华.大蒜来源有机硫化物与心血管疾病的联系的研究进展[J].中国食物与营养,2020,26(1):54-58. [ZHANG Q Y, YAN X, LI H H. Research progress on the relationship between garlic-derived organic sulfides and cardiovascular diseases[J]. Food and Nutrition in China, 2020, 26(1): 54-58.]
- [3] HUSSEIN J H, IMAD H H, MOHAMMED Y H. A review: Anti-microbial, anti-inflammatory effect and cardiovascular effects of garlic: *Allium sativum*[J]. Research Journal of Pharmacy and Technology, 2017, 10(11): 4069-4078.
- [4] ALARE K, ALARE T, LUCIANO N. Medicinal importance of garlic and onions on autonomic nervous system[J]. Clinical Pharmacology & Biopharmaceutics, 2020, 9(4): 1-3.
- [5] 崔天薇,余丞浩,刘伟宇,等.大蒜辣素的急性降压作用及其与硫化氢相关的作用机制[J].中华中医药杂志,2020,35(5): 2618-2622. [CUI T W, YU C H, LIU W Y, et al. Acute anti-hypertensive effect of Allicin and its mechanisms relating with hydrogen sulfide[J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2020, 35(5): 2618-2622.]
- [6] 胡万起,唐建国.大蒜提取物抗白念珠菌作用机制研究进展[J].中国感染与化疗杂志,2020,20(2): 221-225. [HU W C, TANG J G. Research updates on the mechanisms of garlic extract

- against *Candida albicans*[J]. *Chinese Journal of Infection and Chemotherapy*, 2020, 20(2): 221–225.]
- [7] KAUR G, BANSAL A, PANDEY N. Antibacterial and pharmacological properties of garlic: A review [J]. *Journal of Biology and Nature*, 2020, 1–6.
- [8] MOUSA A S, MOUSA S A. Anti-angiogenesis efficacy of the garlic ingredient alliin and antioxidants: role of nitric oxide and p53[J]. *Nutrition and Cancer:An International Journal*, 2005, 53(1): 104–110.
- [9] 张云, 苗敬芝, 董玉玮, 等. 双酶法提取大蒜水溶性膳食纤维及其抗氧化活性分析[J]. *农产品加工(下半月)*, 2021, 9(9): 15–17. [ZHANG Y, MIAO J Z, DONG Y W, et al. Extraction of water soluble dietary fiber from garlic by double enzyme method and analysis of its antioxidant activity[J]. *AEM Products Processing*, 2021, 9(9): 15–17.]
- [10] JIKIHARA, HIROSHI Q, GUANGYING N, KOICHIRO H, et al. Aged garlic extract inhibits 1, 2-dimethylhydrazine-induced colon tumor development by suppressing cell proliferation[J]. *Oncology Reports*, 2015, 33(3): 1131–1140.
- [11] FEDERICA B, PAOLA T, SILVIA G, et al. Ethanol-based garlic extract prevents malignant evolution of non-invasive breast tumor cells induced by moderate hypoxia[J]. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2021, 142: 112052.
- [12] 陈雪艳, 熊婷, 刘晓旺, 等. 大蒜内烯丙基硫在恶性肿瘤中的作用[J]. *国际肿瘤学杂志*, 2017, 44(2): 122–124. [CHEN X Y, XIONG T, LIU X W, et al. The role of garlic allyl sulfide in malignant tumor[J]. *Journal of International Oncology*, 2017, 44(2): 122–124.]
- [13] SUN D S, SUN C Q, QIU G C, et al. Allicin mitigates hepatic injury following cyclophosphamide administration via activation of Nrf2/ARE pathways and through inhibition of inflammatory and apoptotic machinery[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, 28(29): 39625–39636.
- [14] JAN B, JANA F, ULRIKE K, et al. Allicin, the odor of freshly crushed garlic: a review of recent progress in understanding allicin's effects on cells[J]. *Molecules*, 2021, 26(6): 1505.
- [15] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 25–26. [National Pharmacopoeia Committee. *Pharmacopoeia of the People's Republic of China, Volume I*[S]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020: 25–26.]
- [16] The United States Pharmacopeial Convention. USP40-NF35 (U. S. Pharmacopeia 40-National Formulary 35)[S]. Rockville, Maryland: United Book Press, 2017: 6989–6991.
- [17] European Directorate for the Quality of Medicines & Healthcare (EDQM). *European Pharmacopoeia 9thed*[S]. Strasbourg: Council of Europe, 2017: 1364–1365.
- [18] 蒋茂婷, 黄雪松. 蒜氨酸生物活性的研究现状[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(16): 264–269. [JIANG M T, HUANG X S. Research progress on alliin bioactivity[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2020, 46(16): 264–269.]
- [19] BASTAKI S M A, OJHA S, KALASZ H, et al. Chemical constituents and medicinal properties of *Allium* species[J]. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 2021, 476(12): 4301–4321.
- [20] CAVALLITO C J, BAYLEY J H. Allicin, the antibacterial principle of *Allium sativum*: (i) Isolation, physical properties and anti-bacterial action[J]. *Journal of the American Chemical Society*, 1944, 66: 1950–1951.
- [21] MA L N, LI L D, LI S C, et al. Allicin improves cardiac function by protecting against apoptosis in rat model of myocardial infarction[J]. *Chinese Journal of Integrative Medicine*, 2017, 23(8): 589–597.
- [22] CHOO S, CHIN V K, WONG E H, et al. Review: Antimicrobial properties of allicin used alone or in combination with other medications[J]. *Folia Microbiologica*, 2020, 65(3): 451–465.
- [23] 李新霞, 史荣梅, 刘睿婷. 大蒜主要化学成分及检测标准[J]. *新疆医科大学学报*, 2020, 43(6): 697–700. [LI X X, SHI R M, LIU R T. The main chemical components and testing standards of garlic[J]. *Journal of Xinjiang Medical University*, 2020, 43(6): 697–700.]
- [24] 魏宁漪, 吴建敏, 张启明. 关于大蒜和大蒜素质量标准的商榷[J]. *药物分析杂志*, 2011, 31(1): 180–185. [WEI N Y, WU J M, ZHANG Q M. Discussion on drug specification of garlic and all-tride[J]. *Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis*, 2011, 31(1): 180–185.]
- [25] 李新霞, 赵东升, 关明, 等. 有关 2010 年版中国药典大蒜质量标准的几点建议[J]. *药物分析杂志*, 2012, 32(4): 682–688. [LI X X, ZHAO D S, GUAN M, et al. Suggestion about specification of garlic in Chinese Pharmacopoeia[J]. *Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis*, 2012, 32(4): 682–688.]
- [26] 赵东升, 史荣梅, 陈尚珂, 等. 《中华人民共和国药典》大蒜标准中含量测定的商榷[J]. *医学导报*, 2016, 35(10): 1117–1120. [ZHAO D S, SHI R M, CHEN S K, et al. Discussion of content determination on garlic standard in Chinese pharmacopoeia[J]. *Herald of Medicine*, 2016, 35(10): 1117–1120.]
- [27] 赵东升. 大蒜药材物质群特征成分分析及质量研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2012. [ZHAO D S. Study on the characteristics active substances analysis and quality for garlic[D]. Urumqi: Xinjiang Medical University, 2012.]
- [28] 关明, 陈利新, 佟小强, 等. 不同地理居群大蒜中潜在大蒜辣素的含量测定及聚类分析[J]. *食品科学*, 2011, 32(8): 186–189. [GUAN M, CHEN L X, TONG X Q, et al. Determination and cluster analysis of potential allicin content in garlic from different geographic populations[J]. *Food Science*, 2011, 32(8): 186–189.]
- [29] 关明, 李晓静, 郭勇, 等. 不同地理居群大蒜 FTIR 图谱比较研究[J]. *光谱学与光谱分析*, 2011, 31(6): 1494–1497. [GUAN M, LI X J, GUO Y, et al. Comparative study on FTIR spectra of garlic from different geographical populations[J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2011, 31(6): 1494–1497.]
- [30] 王薇薇, 郭军, 梅斌, 等. 大蒜种质资源的综合评价与聚类分析[J]. *江苏农业学报*, 2017, 33(2): 397–403. [WANG W W, GUO J, MEI Y, et al. Comprehensive evaluation and clustering analysis of garlic germplasm resources[J]. *Jiangsu Journal of Agriculture Science*, 2017, 33(2): 397–403.]
- [31] 李攀龙, 李夏夏, 杨帆, 等. 中国大蒜主产区主要品种鳞茎品质及其与产地土壤养分的关系[J]. *西北农业学报*, 2020, 29(6): 949–957. [LI P L, LI X X, YANG F, et al. Bulb quality of different collections from main producing areas in China and its relations with local soil nutrition[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2020, 29(6): 949–957.]
- [32] 胡小霞, 肖文浚, 宋百灵, 等. 大蒜粉蒜酶活力的测定方法研究[J]. *化学与生物工程*, 2021, 38(5): 71–75. [HU X X, XIAO W J, SONG B L, et al. Determination of alliinase activity in garlic powder[J]. *Chemistry & Bioengineering*, 2021, 38(5): 71–75.]

- [33] 宋百灵, 张唯, 史荣梅, 等. 大蒜化学成分不同测定方法比较及相关性探讨[J]. 药物分析杂志, 2016, 36(4): 727-732. [SONG B L, ZHANG W, SHI R M, et al. Study on the comparison and correlation of chemical constituents of garlic[J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2016, 36(4): 727-732.]
- [34] 刘国芬. 大蒜栽培与储藏[M]. 北京: 金盾出版社, 2000: 8-9. [LIU G F. Garlic cultivation and storage[M]. Beijing: Jindun Publisher, 2000: 8-9.]
- [35] 翟广华. 大蒜贮藏原理及技法[J]. 农村实用技术与信息, 2007, 10: 38-39. [ZHAI G H. Garlic storage principle and techniques[J]. Practical Rural Technology and Information, 2007, 10: 38-39.]
- [36] 赵勇强. 中国不同产区大蒜鳞茎品质评价及其与产地环境关系分析[D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2018. [ZHAO Y Q. Evaluation on the quality of garlic bulbs in different production areas in china and its relationship with the environment of producing areas[D]. Shanxi: Northwest Agriculture and Forestry University, 2018.]
- [37] 李少春. 大蒜辣素对心肌缺血大鼠的心肌保护作用及机制研究[D]. 北京: 中国中医科学院, 2017. [LI S C. Cardioprotective effect and mechanism of allicin on myocardial ischemia in rat [D]. Beijing: China Academy of Chinese Medical Science, 2017.]
- [38] 方奕巍, 朱文涛, 陈金明. 蒜氨酸微丸-蒜酶肠溶双层片制备工艺优选及体外抗肿瘤作用评价[J]. 中国药业, 2022, 31(3): 59-64. [FANG Y W, ZHU W T, CHEN J M. Optimization of preparation process of enteric-coated alliin pellets-alliinase bilayer tablets and *in vitro* evaluation of their anti-tumor effect[J]. China Pharmaceuticals, 2022, 31(3): 59-64.]