

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2022.01.006

# 两个产地洋葱的 UHPLC 图谱分析及 前列腺素 A1 含量测定

UHPLC profiling of onions from two origins and  
the determination of prostaglandin A1 content

王晓婷<sup>1</sup> 谭超<sup>1</sup> 王燕华<sup>1</sup>

WANG Xiao-ting<sup>1</sup> TAN Chao<sup>1</sup> WANG Yan-hua<sup>1</sup>

秦太峰<sup>2</sup> 张乃明<sup>2,3</sup> 李芳艳<sup>3</sup>

QIN Tai-feng<sup>2</sup> ZHANG Nai-ming<sup>2,3</sup> LI Fang-yan<sup>3</sup>

(1. 云南农业大学食品科学技术学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南省土壤培肥与污染修复工程实验室,  
云南 昆明 650201; 3. 云南农业大学资源与环境学院, 云南 昆明 650201)

(1. College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201,  
China; 2. Yunnan Soil Fertilizer and Pollution Remediation Engineering Laboratory, Kunming, Yunnan 650201,  
China; 3. College of Resource and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China)

**摘要:**目的:对不同产地洋葱化学成分含量的差异进行分析评价。方法:以中国南北(云南和黑龙江)两个主产地的洋葱为原料,采用超高效液相色谱(UHPLC),结合多元统计学分析两个产地洋葱化学成分含量差异及特征化学成分前列腺素 A1(PGA1)。结果:洋葱 UHPLC 化学成分含量图谱共标定 73 个共有色谱峰,通过正交偏最小二乘法,能区别出两个产地洋葱化学成分含量,结合 VIP 值 $>1$ 、 $P < 0.05$  和 S-plot 分析共筛选出 11 种主要差异标志物。云南洋葱 PGA1 含量 $[(197.21 \pm 63.22) \text{ mg/kg}]$ 显著高于黑龙江洋葱 $[(121.37 \pm 43.12) \text{ mg/kg}]$ 。结论:云南和黑龙江两个产地洋葱化学成分含量及 PGA1 含量存在显著差异。

**关键词:**洋葱;前列腺素;超高效液相色谱

**Abstract: Objective:** This study focused on the analysis and evaluation of the differences in the chemical composition of onions from different origins. **Methods:** Onions from two main production areas in North and South China (Yunnan and Heilongjiang) were used as raw materials, and the differences in chemical composition content and characteristic chemical composition prostaglandin A1 between the two production areas were

**基金项目:**黑龙江齐齐哈尔地方政府合作项目(编号: KX13190250001)

**作者简介:**王晓婷,女,云南农业大学在读硕士研究生。

**通信作者:**谭超(1985—),男,云南农业大学讲师,博士。

E-mail: tetj\_1212@163.com

**收稿日期:**2021-07-18

analyzed by ultra-high performance liquid chromatography (UHPLC) combined with multivariate statistics. **Results:** A total of 73 peaks were identified by UHPLC, and the chemical contents of onions from two origins could be distinguished by orthogonal partial least square discriminant analysis (OPLS-DA), combined with VIP values  $> 1$ ,  $P < 0.05$  and S-plot. 0.05 and S-plot analysis, and a total of 11 major markers of variation were screened. The PGA1 content of Yunnan onion  $[(197.21 \pm 63.22) \text{ mg/kg}]$  was significantly higher than that of Heilongjiang onion  $[(121.37 \pm 43.12) \text{ mg/kg}]$ . **Conclusion:** There were significant differences in the chemical composition content and PGA1 content of onion between the two origins in Yunnan and Heilongjiang.

**Keywords:** onion; prostaglandin; ultra high performance liquid chromatography (UHPLC)

洋葱(*Allium cepa* L.)又称为球葱、圆葱、玉葱、葱头,为石蒜科葱属植物。在中国南北均有种植,由于产地、品种、气候环境、土壤等因素的影响,洋葱品质各异。洋葱中含有丙基二硫等硫化物<sup>[1]</sup>、芹菜素等黄酮类化合物<sup>[2-3]</sup>、蒜氨酸等酶类<sup>[4]</sup>、螺甾烷醇型和呋甾烷醇型的甾体皂苷化合物<sup>[5]</sup>、含氮化合物<sup>[6]</sup>以及葡萄糖<sup>[7]</sup>等多种活性成分。除此以外,洋葱还是极少数富含前列腺素(Prostaglandin, PG)的蔬菜之一<sup>[8]</sup>。洋葱中的 PG 主要包括 PGA1、PGA2、PGB1、PGE1 和 PGF1  $\alpha$ 等<sup>[9]</sup>,具有抗炎、抗氧化、杀菌、降血压、降血糖及预防心脑血管疾病等作用<sup>[10-11]</sup>。目前对洋葱活性成分的研究主要集中在黄酮、

多糖、含硫化合物等<sup>[12-14]</sup>,PGA1更多被应用于临床治疗<sup>[15]</sup>,而云南与黑龙江洋葱化学成分含量的区别及PGA1含量尚不明确。

超高效液相色谱(Ultra-High Pressure Liquid Chromatography, UHPLC)相比HPLC具有更高效率、超快速、高灵敏、应用范围广及有机溶剂用量少等优点,被广泛用于中药材质量控制<sup>[16]</sup>。试验拟采用UHPLC测定两个产地洋葱的化学成分含量与PGA1含量,以期为洋葱后续开发利用提供数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与试剂

#### 1.1.1 样品

共采集两个产地(云南省红河州和黑龙江省齐齐哈尔市)23批洋葱样品,均采集自2020年(表1)。

#### 1.1.2 主要试剂

PGA1标准品(CAS:14152-28-4):纯度98%,北京元宝山色谱科技有限公司;

甲醇(CAS:67-56-1)、七氟丁酸(CAS:375-22-4):色

谱纯,美国Fisher公司;

超纯水:南京欧铠环境科技有限公司。

### 1.2 仪器与设备

超高效液相色谱系统:Thermo Scientific UltiMate 3000型,赛默飞世尔科技(中国)有限公司;

色谱柱:Diamonsil C<sub>18</sub>(2)(150 mm × 4.6 mm,

3.0 μm)型,北京迪马欧泰科技发展中心;

高速粉碎机:JP-500C型,浙江久品工贸有限公司;

分析天平:ME204T/02型,梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司;

恒温水浴锅:HH-4型,上海力辰邦西仪器科技有限公司;

电热鼓风干燥箱:101-2B型,上海力辰邦西仪器科技有限公司。

### 1.3 试验方法

1.3.1 样品的处理 新鲜洋葱切碎于50℃鼓风干燥12h,粉碎后过100目筛。取洋葱粉0.5g置于具塞锥形瓶中,加5mL甲醇,超声(功率120W、频率40kHz)提取

表1 洋葱品种与产地<sup>†</sup>

Table 1 Variety and origin of onion

编号	品种	产地
A	NA	云南省红河州个旧市大屯镇
B	NA	云南省红河州建水县
C	日本龙井福特	云南省红河州个旧市
D	日本龙井优美	云南省红河州个旧市
E	日本龙井007	云南省红河州建水县
F	日本龙井3-2优越	云南省红河州建水县
G	本地红	云南省红河州个旧市大屯镇
H	意大利美红208	云南省红河州建水县
I	荷兰斯董娜	云南省红河州建水县
J	荷兰金虎	云南省红河州建水县
K	NA	黑龙江省齐齐哈尔市梅里斯达斡尔族区
L	日本龙井007(黄)	黑龙江省齐齐哈尔市梅里斯达斡尔族区
M	日本龙井3-2优越	黑龙江省齐齐哈尔市梅里斯达斡尔族区
N	日本龙井3-2优越	黑龙江省齐齐哈尔市梅里斯达斡尔族区
O	303	黑龙江省齐齐哈尔市梅里斯达斡尔族区
P	日本龙井3-2优越	黑龙江省齐齐哈尔市梅里斯达斡尔族区
Q	毛葱(4~6瓣)	黑龙江省齐齐哈尔市梅里斯达斡尔族区
R	意大利美红208	黑龙江省齐齐哈尔市梅里斯达斡尔族区
S	日本龙井3-2优越	黑龙江省齐齐哈尔市梅里斯达斡尔族区
T	116	黑龙江省齐齐哈尔市梅里斯达斡尔族区
U	NA	黑龙江省齐齐哈尔市梅里斯达斡尔族区
V	日本龙井007(黄)	黑龙江省齐齐哈尔市梅里斯达斡尔族区
W	紫途—紫葱	黑龙江省齐齐哈尔市梅里斯达斡尔族区

<sup>†</sup> NA表示未知品种。

30 min,用甲醇定容至 10 mL 容量瓶中,用 0.45 μm 滤器过滤,即为洋葱 PGA1 供试品溶液。

1.3.2 PGA1 对照溶液的制备 准确称取 PGA1 标准品 1.00 mg,用甲醇稀释并定容至 10 mL,制成 0.1 mg/mL 的标准溶液。

1.3.3 PGA1 含量测定 参照孙启良等<sup>[17]</sup>的方法,修改如下:

色谱柱: Diamonsil C<sub>18</sub> (2) (150 mm × 4.6 mm, 3.0 μm),流动相:A 为 0.1% 七氟丁酸水溶液,B 为甲醇;流速 0.6 mL/min,梯度洗脱(0~5 min,5% B;5~35 min,5%~95% B;35~40 min,95% B;40~42 min,95%~5% B;42~47 min,5% B)。柱温 35 °C,平衡时间 0.5 min,进样体积 5.0 μL;UV 检测器检测波长 254 nm。

1.3.4 方法学考察

(1) 精密度试验:取制备的洋葱(W)样品溶液,供试品溶液适量,重复进样 6 次。以 PGA1 为参照峰,计算 PGA1 峰的相对保留时间和相对峰面积的相对标准偏差。

(2) 稳定性试验:取制备的洋葱(W)样品溶液,供试品溶液适量,在室温条件下(20~25 °C)放置 0,2,4,8,12,24 h,进样。以 PGA1 为参照峰,计算 PGA1 峰的相对保留时间和相对峰面积的相对标准偏差。

(3) 重复性试验:取制备的洋葱(W)样品溶液,制备 6 份供试溶液后进样。以 PGA1 为参照峰,计算 PGA1 峰的相对保留时间和相对峰面积的相对标准偏差。

1.4 数据处理

利用 TTools 1.05 进行匹配矩阵绘制,SPSS 24.0 进行 Pearson 相关性及聚类分析对比不同产地不同洋葱样品之间化学成分的共性和差异性,SIMCA14.0 进行 PCA 及 OPLS-DA 分析,Origin 2019b 进行 PGA1 含量分析。

2 结果与分析

2.1 方法学考察

2.1.1 精密度试验 PGA1 峰的相对保留时间 RSD 为 1.01%,相对峰面积 RSD 为 2.13%,表明仪器精密度良好。

2.1.2 稳定性试验 PGA1 峰相对保留时间 RSD 为 0.34%,相对峰面积 RSD 为 2.71%,表明供试品溶液在室温条件下保持稳定。

2.1.3 重复性试验 PGA1 峰相对保留时间 RSD 为 1.21%,相对峰面积 RSD 为 3.25%,表明该方法重复性良好。

2.2 基于 UHPLC 洋葱化学成分含量图谱

取 23 批洋葱样品进行 UHPLC 测定,得到洋葱样品叠加图谱并对共有峰标示(图 1)。23 批洋葱样品共有 73 个共有色谱峰,出峰时间为 1~48 min。对比不同批次洋葱同一保留时间色谱峰,部分色谱峰具有差异,说明不同产地洋葱间化学成分含量具有差异。

2.3 化学成分分析

对 UHPLC 图谱每个峰进行积分峰面积分析(图 2),

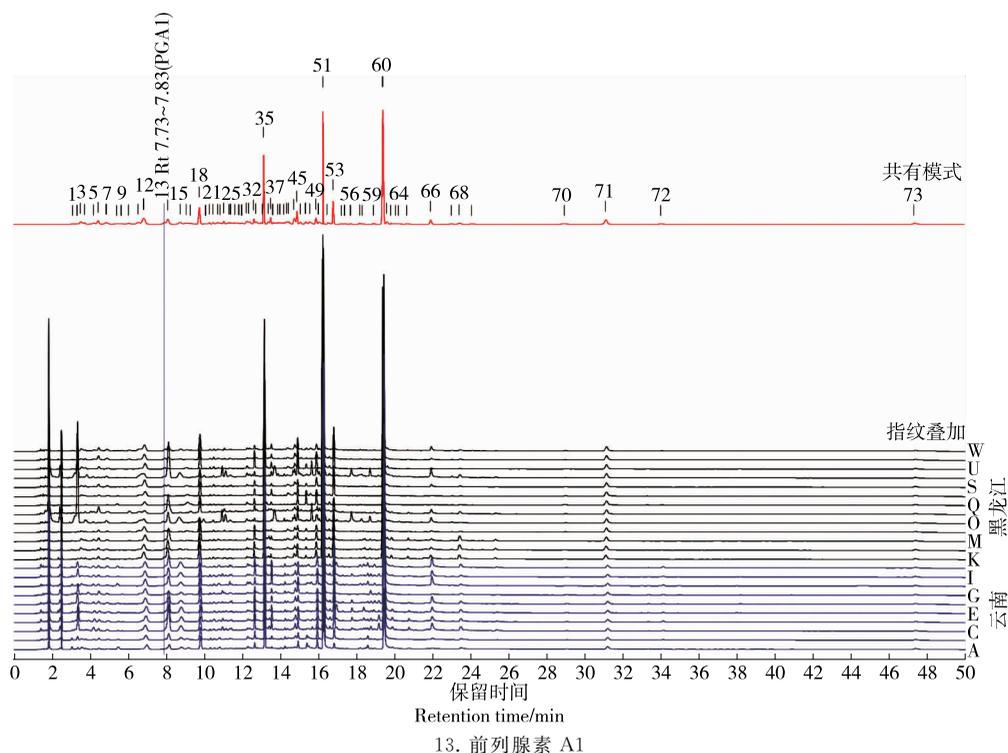


图 1 洋葱 UHPLC 图谱共有模式和叠加图

Figure 1 UHPLC fingerprint common pattern and overlay of onion samples



图2 洋葱UHPLC指纹图谱检出化学成分总峰面积图

Figure 2 The total peak area of chemical components detected by UHPLC fingerprint of onion

T、C、J、D等样品检出化学成分积分总峰面积较大。共有色谱峰中12,18,35,51,60号峰面积较大较明显分辨,说明这些峰所对应的化学成分相对含量较高。通过对比发现云南洋葱的这些峰平均峰面积均比黑龙江洋葱高,12,18,35,51,60号均分别高出23.84%,13.32%,21.12%,40.77%,51.51%。且云南洋葱检出的平均总峰面积为12 916 919,黑龙江洋葱检出的平均总峰面积为10 546 150,云南洋葱比黑龙江洋葱平均总峰面积高出22.48%,表明云南洋葱所含化学成分含量比黑龙江洋葱更高。

#### 2.4 Pearson相关性分析及聚类分析

对23批洋葱样品共有的73个化学成分变量进行SPSS Pearson相关性分析及聚类分析(图3)。云南洋葱样品G、A、B、H之间化学成分含量具有相关性,相关性大于0.94;黑龙江洋葱样品N、Q、R、U、O、T化学成分含量具有独立性,与其他洋葱样品之间相关性较低,相关性为0.39~1.00;云南洋葱样品I、K、E、F、C、J、D与黑龙江洋葱样品V、S、M、P、L、W之间化学成分含量具有相关性,相关性大于0.82,其中云南洋葱样品E、F、C、J、D相关性大于0.94。

从图3可以看出,不同产地、不同批次的洋葱样品化学成分含量相关性差异不明显,Pearson相关性分析及聚类分析不能直观区分两个产地洋葱化学成分含量直接差异性。

#### 2.5 主成分分析(PCA)

PCA分析通过线性变换降维处理,以较少的指标反映尽可能多的信息,并对具有代表性的主成分进行可视化<sup>[18]</sup>。所建模型累积解释能力参数 $R^2 X=0.673>0.5$ ,预测能力参数 $Q^2=0.356<0.4$ ,说明模型的拟合准确性差,不能够较好充分反映数据信息,理论上 $R^2$ 和 $Q^2$ 数值大于0.4可接受,大于0.5较好,越接近1说明模型越好<sup>[19-20]</sup>。对23批样品进行PCA分析,从PCA得分图

(图4)可以直观看出,每个点分布距离越远表明差异性越大,黑龙江洋葱中Q、P、O、T与其他样品化学成分含量差异较大,与匹配矩阵分析结果相似。其他样品中,两个产地洋葱样品出现混杂情况,无法区分不同产地洋葱化学成分含量差异性。表明用PCA构建模型未能将两个产地的洋葱化学成分含量进行有效区分。

#### 2.6 正交偏最小二乘法分析(OPLS-DA)

为更好区分两个产地间洋葱,对获取的UHPLC数据进行OPLS-DA多元统计分析。通过SIMCA14.1软件建模OPLS-DA分析23批洋葱中共有的73个化学成分变量,得到OPLS-DA散点图(图5)、VIP值图(图6)和S-plot图(图7)。OPLS-DA分析相比聚类分析、匹配矩阵和PCA分析能更有效区分两个产地洋葱中化学成分含量存在差异。图5表明两个产地洋葱能够较好区分,A、B、G样品聚集,说明化学成分含量差异较小,K、M、L样品聚集,说明化学成分含量差异较小,Q样品较为特殊虽产自黑龙江但化学成分含量接近云南产洋葱。VIP值可衡量各共有特征峰的表达模式对样本分类判别的影响强度和解释能力,从而辅助筛选质量差异标志物<sup>[21]</sup>。VIP>1表明该变量对所建模型的贡献度高于平均水平<sup>[22]</sup>。VIP值越大对地域判别的差异性越显著<sup>[23]</sup>。以VIP>1为筛选标准,筛选云南与黑龙江两个产地洋葱间化学成分含量差异的主要标志性物质。创建模型后自动拟合获得累积解释能力参数 $R^2 X=0.537>0.5$ ,累积解释能力参数 $R^2 Y=0.775>0.5$ ,说明53.7%的变量可解释77.5%的组间差异。预测能力参数 $Q^2=0.625>0.5$ ,表示该模型稳定可靠,且能够较好充分反映数据信息,具有较好的预测能力,能够对两个产地之间的化学成分含量进行正确分类,后续可用于化学成分含量之间的区分。

OPLS-DA模型置换检验permutation test,以确定模型是否过拟合。云南(图6)与黑龙江(图7)洋葱的

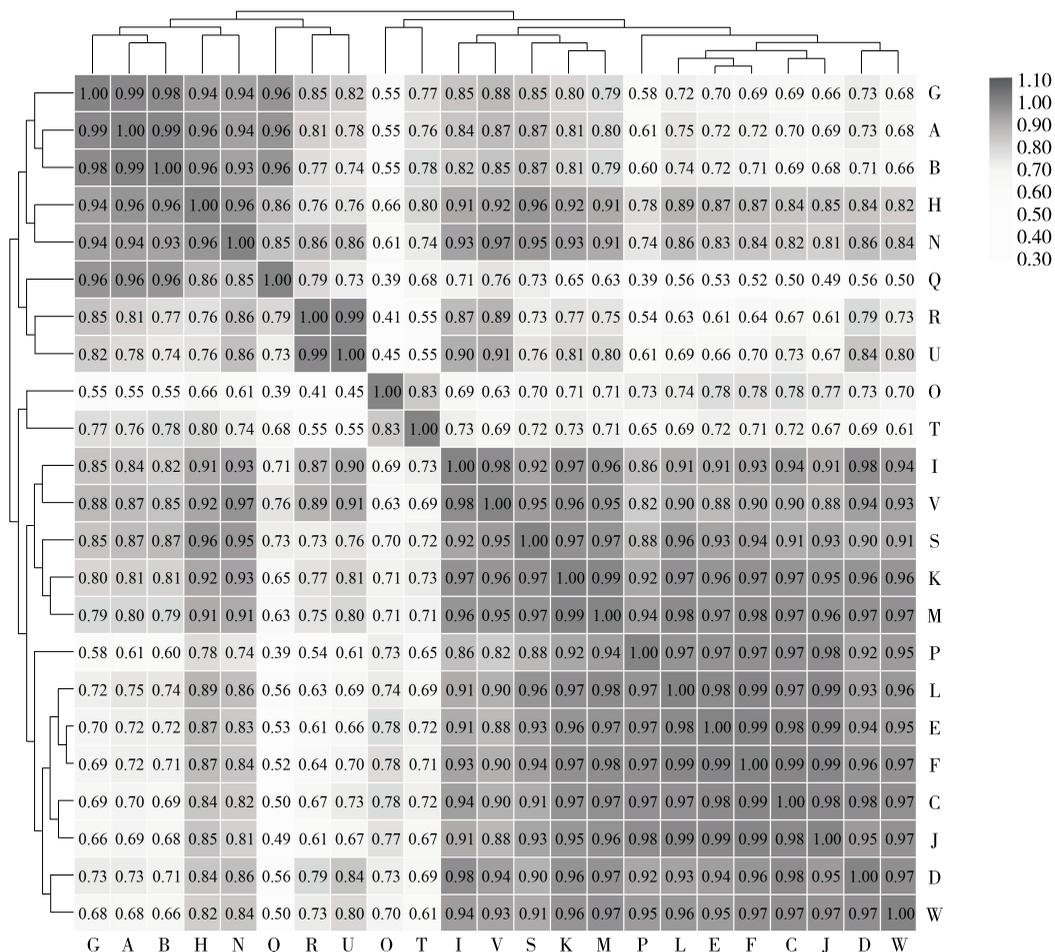


图 3 洋葱样品 Pearson 相关性及其聚类分析图

Figure 3 Pearson correlation and cluster analysis diagram of onion samples

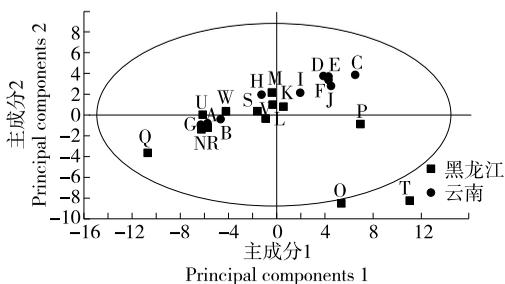


图 4 洋葱样品 PCA 分析图

Figure 4 PCA diagram of onion samples

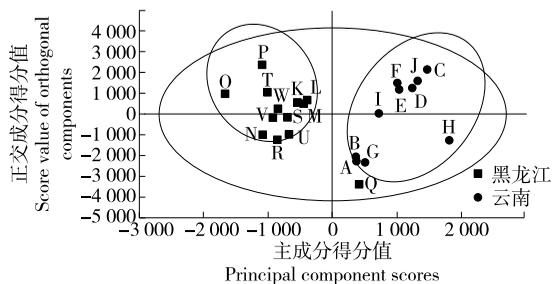


图 5 洋葱样品 OPLS-DA 分析图

Figure 5 OPLS-DA diagram of onion samples

permutation test 结果表明,两组样本结果在 y 轴上的截距小于 0,模型没有过拟合,具有较好的预测能力。

提取 OPLS-DA 模型中变量重要性投影 (VIP) 图,见图 8,以 VIP 值 > 1.0 为标准筛选化学成分差异标志物,在云南与黑龙江两个产地洋葱间共得到 11 个 VIP 值 > 1 的共有峰,分别为 60 号峰 (VIP 值为 4.75)、51 号峰 (VIP 值为 3.50)、35 号峰 (VIP 值为 1.90)、2 号峰 (VIP 值为 1.80)、71 号峰 (VIP 值为 1.60)、15 号峰 (VIP 值为 1.50)、53 号峰 (VIP 值为 1.40)、32 号峰 (VIP 值为 1.30)、66 号

峰 (VIP 值为 1.20)、18 号峰 (VIP 值为 1.25)、12 号峰 (VIP 值为 1.10)。说明这些峰所代表的化学成分是造成云南与黑龙江产地洋葱间化学成分含量差异的主要标志物质<sup>[24]</sup>,但这些成分还有待于进一步鉴别。S-plot 图 (图 9),差异性化合物分布在 S 型曲线的上下端,右上端 VIP 值大于 1 的差异化合物色谱峰 60,51,35,15,53,32,66,18,12,表示云南洋葱中峰面积较大的化合物,云南洋葱中这些化合物含量显著高于黑龙江洋葱。左下端 VIP 值大于 1 的差异化合物色谱峰 2,71,表示云南洋葱中峰

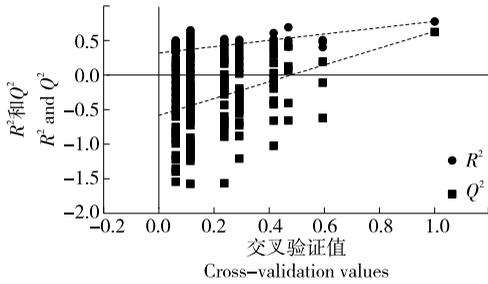


图 6 黑龙江洋葱的 OPLS-DA 置换检验图

Figure 6 Permutation test diagram of onion samples in Heilongjiang

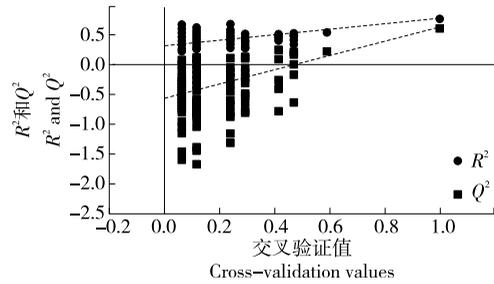


图 7 云南洋葱的 OPLS-DA 置换检验图

Figure 7 Permutation test diagram of onion samples in Yunnan

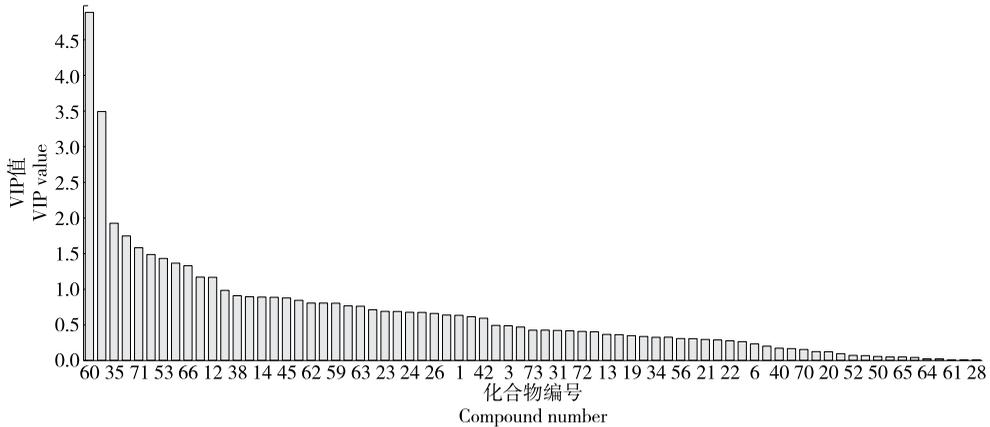


图 8 洋葱样品 OPLS-DA VIP 值图

Figure 8 OPLS-DA VIP value diagram of onion samples

面积较小的化合物,表示云南洋葱中这些化合物含量显著低于黑龙江洋葱。

### 2.7 不同产地洋葱中 PGA1 的含量分析

PGA1 是洋葱中特征活性成分,云南的 10 批洋葱样品 PGA1 平均含量为(197.21±63.22) mg/kg,黑龙江的 13 批洋葱样品 PGA1 平均含量为(121.37±43.12) mg/kg(图 10)。洋葱中营养活性成分的累积受品种、种植环境、光照、生长温度、土壤、施肥等因素的影响。从日照角度来看,洋葱属于长日照作物,在中国北方多种植长日照晚熟种,日照刚好拥有适宜于鳞茎膨大和抽薹开花所需的 14 h 以上长日照条件。而中国南方多种植短日照早熟品种,在高温短日照条件利于长叶不利于形成

葱头。从 PGA1 含量来看云南洋葱中 PGA1 含量比黑龙江的洋葱更高,可能短日照更能促进 PGA1 累积。从温度对营养活性成分的累积来看,洋葱适宜的生长温度为 13~26 °C,种子和鳞茎可在 3~5 °C 下发芽<sup>[25]</sup>。云南省红河州建水县年平均气温 19 °C<sup>[26]</sup>。黑龙江齐齐哈尔年平均气温 3.9 °C<sup>[27]</sup>。南方更适宜于洋葱生长和 PGA1 累积,当然 PGA1 的累积可能受多种因素影响,还可能与土壤、施肥<sup>[28]</sup>等因素相关,张郑等<sup>[29]</sup>研究表明环境条件及土壤理化性质不同,洋葱品质差异较大。因此影响洋葱中营养活性成分含量的具体因素有待于进一步研究。

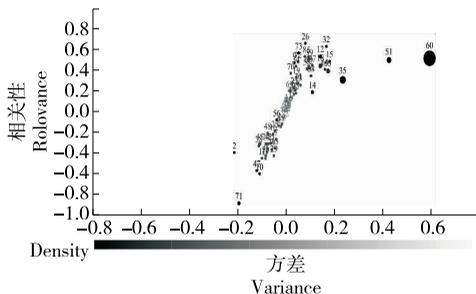


图 9 洋葱样品 OPLS-DA S-plot 图

Figure 9 OPLS-DA S-plot diagram of onion samples

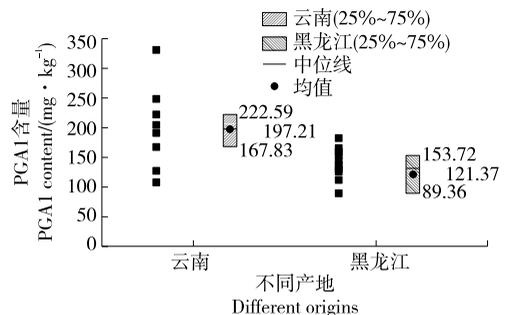


图 10 不同产地洋葱中 PGA1 含量测定结果

Figure 10 Result of content determination of PGA1 of onion samples

### 3 结论

洋葱超高效液相色谱化学成分含量图谱共标定 73 个共有色谱峰,通过 OPLS-DA 分析有效区分出云南和黑龙江两个产地洋葱的化学成分含量,结合 VIP 值  $>1$ 、 $P < 0.05$  和 S-plot 分析共筛选出 11 种主要差异标志物。云南洋葱前列腺素 A1 平均含量  $[(197.21 \pm 63.22) \text{ mg/kg}]$  显著高于黑龙江洋葱  $[(121.37 \pm 43.12) \text{ mg/kg}]$ ,可能与种植环境等诸多因素有关。但试验仅对不同产地中洋葱化学成分含量与前列腺素 A1 含量的差异进行探索,今后可以通过扩大采样范围及采集品种的方法,调查生长环境和栽培技术,获取更多的样本信息进行分析,可为洋葱后续的深入开发利用提供更多依据。

#### 参考文献

[1] 王辉, 李景明, 马钊, 等. 洋葱中含硫化合物的生理功效[J]. 食品工业科技, 2005(5): 187-189.  
WANG Hui, LI Jing-ming, MA Zhao, et al. Physiological effects of sulfur-containing compounds in onions[J]. Science and Technology of Food Industry, 2005(5): 187-189.

[2] HIROTA S, SHIMODA T, TAKAHAMA U. Tissue and spatial distribution of flavonol and peroxidase in onion bulbs and stability of flavonol glucosides during boiling of the scales[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 1998, 46(9): 3 497-3 502.

[3] ZHANG Shi-lin, DENG Peng, XU Yu-chao, et al. Quantification and analysis of anthocyanin and flavonoids compositions, and antioxidant activities in onions with three different colors[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2016, 15(9): 2 175-2 181.

[4] 梁雪岩. 洋葱在功能食品中的应用及发展前景[J]. 现代食品, 2020(13): 106-108.  
LIANG Xue-yan. Application and development prospects of onion in functional foods[J]. Modern Food, 2020(13): 106-108.

[5] 李莎莉, 吴悠, 吴琦, 等. 洋葱生物活性及其在食品开发中的研究进展[J]. 中国调味品, 2018, 43(2): 184-187.  
LI Sha-li, WU You, WU Qi, et al. Biological activity of onion and its research progress in food development[J]. China Condiment, 2018, 43(2): 184-187.

[6] 赵靖, 宋述尧, 赵春波, 等. 分蘖洋葱营养成分的保健作用与药用价值研究进展[J]. 食品工业科技, 2013, 34(23): 365-367, 372.  
ZHAO Jing, SONG Shu-yao, ZHAO Chun-bo, et al. Research progress in health function and medicinal value of nutrient composition for tillered-onion [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(23): 365-367, 372.

[7] SCHNABL H. Isolation and identification of soluble polysaccharides in epidermal tissue of *Allium cepa* [J]. Planta, 1977, 135(3): 307-311.

[8] 陈亦辉, 王卫东, 孙月娥. 洋葱中活性物质及生理药理作用研究进展[J]. 中国调味品, 2015, 40(4): 129-132, 140.  
CHEN Yi-hui, WANG Wei-dong, SUN Yue-e. Research progress of physiological and pharmaceutical effects and active materials in on-

ion[J]. China Condiment, 2015, 40(4): 129-132, 140.

[9] 刘世馨, 杜咏梅, 侯小东, 等. 洋葱皮不同溶剂提取物的体外抗氧化、抑制  $\alpha$ -糖苷酶活性研究[J]. 食品工业科技, 2018, 39(9): 33-39.  
LIU Shi-xin, DU Yong-mei, HOU Xiao-dong, et al. Study on antioxidant and inhibition of  $\alpha$ -glucosidase activities in vitro of different solvent extracts from onion skin (*Allium cepa* L.) [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(9): 33-39.

[10] 刘世馨. 洋葱皮多酚、黄酮提取及其体外抗氧化等活性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018: 19-23.  
LIU Shi-xin. Study on extraction and antioxidant activity in vitro and others of polyphenols, flavonoids from onion skin[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2018: 19-23.

[11] 江成英, 郭宏文, 张文学, 等. 洋葱的营养成分及其保健功效研究进展[J]. 食品与机械, 2014, 30(5): 305-309.  
JIANG Cheng-ying, GUO Hong-wen, ZHANG Wen-xue, et al. Research progress on nutrition and health function of onion[J]. Food & Machinery, 2014, 30(5): 305-309.

[12] 何畅. 分蘖洋葱黄酮的提取及微胶囊加工技术研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2020: 5-10.  
HE Chang. Study on extraction and microencapsulation of flavonoids from tillering onion [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2020: 5-10.

[13] 何运辉. 洋葱皮多糖提取、结构表征及抗氧化研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2019: 5-20.  
HE Yun-hui. Studies on extraction, characterization and antioxidant activities of polysaccharides from onion skin[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2019: 5-20.

[14] 刘金涛, 赵萍, 张子豪, 等. 洋葱硫醇类化合物与开发生物农药潜力的研究综述[C]// 中国生物工程学会. 中国生物工程学会第十二届学术年会暨 2018 年全国生物技术大会论文集. 长沙: 中国生物工程学会, 2018: 11.  
LIU Jin-tao, ZHAO Pin, ZHANG Zi-hao, et al. A Review of studies on onion thiol compounds and the potential of developing biological pesticides [C]// Proceedings of the 12th Annual Academic Conference of the Chinese Society of Biological Engineering and the 2018 National Biotechnology Conference. Changsha: China Bioengineering Society, 2018: 11.

[15] XU Guo-biao, GUAN Pei-pei, WANG Pu. Prostaglandin A1 decreases the phosphorylation of tau by activating protein phosphatase 2A via a michael addition mechanism at cysteine 377[J]. Molecular Neurobiology, 2021, 58(3): 1 114-1 127.

[16] 王锦. UHPLC-MS/MS 法同时测定中药多种有效成分在大鼠体内的血药浓度及其药代动力学研究[D]. 南宁: 广西大学, 2015: 1-9.  
WANG Jin. Simultaneous determination of multiple bioactive components in rat plasma by UHPLC-MS/MS and Pharmacokinetic study after oral administration of traditional chinese medicines [D]. Nanning: Guangxi University, 2015: 1-9.

[17] 孙启良, 张雪香, 谷月卿. 植物中前列腺素的研究 II: HPLC 法测定薤白和分蘖葱头中前列腺素 A1 的含量[J]. 中草药, 1988,

- 19(6): 9-10.
- SUN Qi-liang, ZHANG Xue-xiang, GU Yue-qing. Study of prostaglandins in plants II: Determination of prostaglandin A1 in *Allium sativum* and tiller onion by HPLC [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 1988, 19(6): 9-10.
- [18] RICHTER B, GURK S, WAGNER D, et al. Food authentication: Multi-elemental analysis of white asparagus for provenance discrimination[J]. *Food Chemistry*, 2019, 286: 475-482.
- [19] SONG H H, DOO-YOUNG G K, SOYEUN W, et al. An approach for simultaneous determination for geographical origins of Korean *Panax ginseng* by UPLC-QTOF/MS coupled with OPLS-DA models[J]. *Journal of Ginseng Research*, 2013, 37(3): 341-348.
- [20] TRIBA M N, MOYEC L L, AMATHIEU R, et al. PLS/OPLS models in metabolomics: the impact of permutation of dataset rows on the K-fold cross-validation quality parameters[J]. *Molecular Biosystems*, 2014, 11(1): 13-19.
- [21] 周霖, 梁淑红, 孙志, 等. 基于UPLC指纹图谱结合化学模式识别的复方血栓通胶囊质量控制研究[J]. *中国医院药学杂志*, 2019, 39(1): 34-38.
- ZHOU Lin, LIANG Shu-hong, SUN Zhi, et al. Quality control research of compound Xueshuantong capsules based on UPLC fingerprint combined with chemical pattern recognition[J]. *Chinese Journal of Hospital Pharmacy*, 2019, 39(1): 34-38.
- [22] 崔月莉, 吴鹏, 张丹捷, 等. 远志与绞远志 HPLC 指纹图谱比较[J]. *中药材*, 2020, 43(3): 575-581.
- CUI Yue-li, WU Peng, ZHANG Dan-jie, et al. Comparison of HPLC fingerprints between *polygala tenuifolia* and stewed *polygala tenuifolia* [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2020, 43(3): 575-581.
- [23] NI K, WANG J, ZHANG Q F, et al. Multi-element composition and isotopic signatures for the geographical origin discrimination of green tea in China: A case study of Xihu Longjing[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2018, 67: 104-109.
- [24] 裴科, 宁燕, 蔡皓, 等. 基于HPLC指纹图谱结合化学模式识别的川芎炮制前后对比研究[J]. *中草药*, 2021, 52(5): 1 274-1 283.
- PEI Ke, NING Yan, CAI Hao, et al. Comparative study of *Chuanxiong Rhizoma* before and after processing based on HPLC fingerprints combined with chemical pattern recognition[J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2021, 52(5): 1 274-1 283.
- [25] 刘建英. 洋葱生长习性 & 需肥特点[J]. *农民致富之友*, 2016(11): 157.
- LIU Jian-ying. Onion growth habit and fertilizer requirement characteristics[J]. *Friends of Farmers Getting Rich*, 2016(11): 157.
- [26] 梁澄, 吴燕杰. 浅析云南建水一季水稻生长发育的气象指标[J]. *农业与技术*, 2019, 39(23): 107-109.
- LIANG Cheng, WU Yan-jie. Analysis of meteorological indicators for the growth and development of first-season rice in Jianshui, Yunnan[J]. *Agriculture and Technology*, 2019, 39(23): 107-109.
- [27] 刘美玲, 王子佳, 朱丽丽, 等. 齐齐哈尔地区蒸发量与气象因子间灰色关联分析[J]. *东北水利水电*, 2018, 36(3): 12-16, 71.
- LIU Mei-ling, WANG Zi-jia, ZHU Li-li, et al. Grey correlation analysis for evaporation capacity and meteorological factors in Qiqihar area[J]. *Water Resources & Hydropower of Northeast China*, 2018, 36(3): 12-16, 71.
- [28] 张清友, 蒋欣梅, 于锡宏, 等. 不同肥料处理对洋葱生长及产量的影响[J]. *湖北农业科学*, 2013, 52(24): 6 007-6 010.
- ZHANG Qing-you, JIANG Xin-mei, YU Xi-hong, et al. Effects of fertilizers on growth and yield of onions[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2013, 52(24): 6 007-6 010.
- [29] 张郑, 常春玲, 李永杰, 等. 黑龙江省长日洋葱生长规律研究[J]. *北方园艺*, 2015(3): 20-22.
- ZHANG Zhen, CHANG Chun-ling, LI Yong-jie, et al. Study on the growth rhythm of the long-day onion in Heilongjiang Province[J]. *Northern Horticulture*, 2015(3): 20-22.

(上接第1页)

食物掺假的影响作了报告。Chris Elliott 指出,回顾过去的十年,随着植物蛋白市场的不断扩大,由扁豆、大豆、花生等原料加工的植物蛋白所引发的过敏事件几乎每年都在增加,且增长明显。未来亟需关注由此带来的过敏问题。中国食品科学技术学会副理事长、中国疾病预防控制中心营养与健康所所长丁钢强围绕国民营养与食品产业健康转型作了报告。他梳理了我国居民面临的主要营养问题,包括脂肪供能比过高,高盐、高油摄入普遍存在,肉类品种单一,膳食微量营养素摄入不足比例高,潜在的隐性饥饿等。提出高脂肪、高能量、低膳食纤维的“不合理”膳食结构,让中国居民“背”上了营养不良双重负担,由此也大大提升了营养相关慢性疾病的发病率。丁钢强建议,要精准评估我国居民存在的膳食营养问题和健康状况,用营养理念指导健康转型着力点,满足消费者健康需求。要用科学“加”来提升食品的健康内涵。

谈及食品产业如何实现健康转型?丁钢强表示,食品产业必须坚持以需求为导向,适应消费者营养与健康的需求——营养敏感性产业;坚持科学发展,加大科研投入,充分发挥科技引领作用,加强产业适宜技术研发和应用;坚持提升健康内涵,加大营养强化食品的研发;坚持以问题为导向,对营养不良双重负担的重点人群、重点地区因地制宜,针对性解决;坚持共建共享,发挥产业引领作用,促进营养健康与产业发展融合,促进营养科技成果的转化。

会议期间,由白希巡视员和中国食品科学技术学会陈铮秘书长共同发布了“2021年食品安全与健康流言榜”,这是中国食品科学技术学会与中国科协科学辟谣平台持续第三年开展的活动,为清朗网络空间起到重要的支撑作用。会议同期,还举行了“中国食品科学技术学会食品科技基金—伊利健康科学基金”签约发布仪式,以及《食品营养与健康白皮书(冬奥篇)》发布仪式。

(中国食品科学技术学会秘书处 供稿)