

大豆异黄酮作为大豆溯源特征指标的筛选

费洪立^{1,2,3}, 阮长青^{1,2,3}, 李志江^{1,2,3}, 鹿保鑫^{1,2,3}, 张东杰^{1,2,3}

(1. 黑龙江八一农垦大学 食品学院, 黑龙江 大庆 163319; 2. 黑龙江省农产品加工与质量安全重点实验室, 黑龙江 大庆 163319; 3. 北大荒现代农业产业技术省级培育协同创新中心, 黑龙江 大庆 163319)

摘要:采用高效液相色谱法对黑龙江省不同产地、不同品种大豆中大豆异黄酮含量进行测定, 利用不同品种和产地大豆中大豆异黄酮单体含量的不同对大豆异黄酮溯源特征指标进行筛选。结果表明: 同一产地不同品种之间大豆异黄酮单体含量总体差异显著($p < 0.05$), 不同产地不同品种之间大豆异黄酮单体含量总体没有显著差异($p > 0.05$)。因此, 可以利用不同品种大豆中大豆异黄酮单体含量作为对大豆异黄酮溯源特征指标实现品种溯源。

关键词:大豆; 异黄酮; 产地; 品种; 溯源; 特征指标

中图分类号: TS222+.1; TS207 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2022)02-0148-05

Screening of soybean isoflavone as characteristic index of soybean traceability

FEI Hongli^{1,2,3}, RUAN Changqing^{1,2,3}, LI Zhijiang^{1,2,3},
LU Baoxin^{1,2,3}, ZHANG Dongjie^{1,2,3}

(1. College of Food Science, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, Heilongjiang, China; 2. Key Laboratory of Agro-Products Processing and Quality Safety of Heilongjiang Province, Daqing 163319, Heilongjiang, China; 3. Heilongjiang Province Cultivating Collaborative Innovation Center for the Beidahuang Modern Agricultural Industry Technology, Daqing 163319, Heilongjiang, China)

Abstract: The content of soybean isoflavone in soybean from different producing areas and varieties in Heilongjiang province was detected by HPLC, and the traceability index of soybean isoflavone was screened by using the difference of soybean isoflavone monomer content in varieties and producing areas. The results showed that generally, the content of soybean isoflavone monomer was significantly different among soybean from different varieties in the same area ($p < 0.05$), but there was no significant difference in the content of soybean isoflavone monomer among soybean from different varieties in different areas ($p > 0.05$). Therefore, the content of soybean isoflavone monomer in different varieties of soybean could be used as the characteristic index of soybean isoflavone traceability.

Key words: soybean; isoflavone; producing area; variety; traceability; characteristic index

大豆是重要的油料作物, 为人类的生长需要提供了丰富的营养来源^[1]。黑龙江省是我国重要的商品粮生产基地, 也是最大的大豆产区^[2], 黑龙江大豆籽粒大、皮薄、体型圆润、果实饱满、营养丰

富^[3]。然而, 随着大豆产量的提高和市场激烈的竞争, 越来越多的不法商贩使用质量差、价格低、非品牌大豆冒充黑龙江营养价值高的品牌大豆, 制约了黑龙江省大豆产业的良性发展, 使黑龙江大豆面临威胁, 严重影响了当地农民种植大豆的积极性和大豆的生产效益, 将优质大豆产业做大做强已经成为黑龙江省农业产业发展的重中之重^[4]。

大豆中含有丰富的次生代谢物大豆异黄酮^[5], 它是维持器官功能的重要调节因子, 对细胞增殖、细胞生长和细胞成熟有重要作用^[6], 在体内发挥抗氧化的作用^[7]。环境因素对大豆异黄酮的含量影响

收稿日期: 2021-01-27; 修回日期: 2021-09-26

基金项目: 黑龙江省科技厅重大项目(GA18B102); 黑龙江农垦总局指导项目(HKKYZD190803)

作者简介: 费洪立(1997), 女, 在读硕士, 研究方向为食品质量与安全(E-mail) 1697113661@qq.com。

通信作者: 阮长青, 教授, 博士(E-mail) cqruan@163.com; 李志江, 教授, 博士(E-mail) lizhijiang602@126.com。

很大^[8],东北大豆中大豆异黄酮含量高于南方大豆的^[9]。大豆异黄酮在特定环境的大豆中具有唯一性和特征性,大豆种类、产地、环境不同,大豆异黄酮的含量和单体比例也会不同,可以作为鉴别产地和品种的溯源指标^[10]。

近年来,关于农产品的产地溯源技术研究报道很多,通常是筛选出一种特征成分作为鉴定指标,但这种方法忽略了个体差异性,且单一指标并不能很好地反映产品地理信息^[11]。因此,筛选有效、稳定的溯源特征指标,对开展大豆溯源技术研究,从而保护大豆品牌、保证国家大豆安全具有重要意义。本文对黑龙江省不同产地、品种的大豆中大豆异黄酮进行提取,并对其中的5种单体含量进行测定,利用大豆异黄酮单体含量的不同对大豆溯源特征指标进行筛选,以期促进大豆种植提质增效和食品加工高效利用,并为黑龙江大豆食品安全提供保障。

1 材料与方法

1.1 实验材料

大豆,采集于黑龙江省黑河市爱辉区、黑河市北安市、农垦北安分公司、农垦宝泉岭分公司、农垦牡丹江分公司,品种以符号及数字表示。大豆苷标准品、黄豆苷标准品、染料木苷标准品、大豆苷元标准品、染料木素标准品,成都曼斯特生物科技有限公司;冰乙酸、甲醇、乙腈,色谱纯;石油醚、乙醇,分析纯。

1260 高效液相色谱仪、G412B 二极管阵列检测器,安捷伦科技有限公司;SionChrom ODS - BP 色谱柱,大连依利特分析仪器有限公司;0.22、0.45 μm 针式微孔滤膜,天津津腾实验设备有限公司;KH - 5200DE 数控超声波清洗器,昆山禾创超声有限公司;DGG - 9023A 电热恒温鼓风干燥箱,上海森信实验仪器有限公司;电子分析天平,上海精科天美仪器有限公司;GY - FS - 02 多功能粉碎机,江西赣运食品机械有限公司;RE - 52A 旋转蒸发器,巩义市予华仪器有限责任公司;Smart 超纯水系统,上海康雷分析仪器有限公司;SOX500 脂肪测定仪,济南海能仪器股份有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品预处理

选择颗粒饱满、色泽均一的大豆样品,每份

100 g,用去离子水洗净,干燥后粉碎,过 0.425 mm (40 目)筛,密封,于 4 $^{\circ}\text{C}$ 保存,备用。

1.2.2 大豆异黄酮的提取

取大豆粉样品两份,每份 5 g,按料液比 1:10 加入石油醚,于 60 $^{\circ}\text{C}$ 下脱脂 3 h^[12],然后于 50 $^{\circ}\text{C}$ 恒温鼓风干燥。将脱脂样品放入超声波清洗器中,按料液比 1:15 加入 70% 乙醇提取剂^[13-14],在 70 $^{\circ}\text{C}$ 、超声功率 160 W 条件下提取 40 min^[15]。然后将提取液在 4 000 r/min 下离心 20 min。离心后残渣经二次提取,合并上清液,旋转蒸发浓缩至约 50 mL,取 4 mL 浓缩液在 1 000 r/min 下离心 20 min,上清液用 0.22 μm 滤膜过滤,待分析。

1.2.3 大豆异黄酮单体含量的测定

采用高效液相色谱仪测定大豆异黄酮含量,采用面积归一化法定量 5 种大豆异黄酮单体含量。

高效液相色谱条件^[10]:SionChrom ODS - BP 色谱柱(250 mm \times 4.6 mm, 5 μm);检测波长 260 nm;流动相 A 为 0.1% 乙酸溶液,流动相 B 为 0.1% 乙酸 - 乙腈溶液,梯度洗脱程序见表 1;流速 1.0 mL/min;柱温 30 $^{\circ}\text{C}$;进样量 10 μL 。

表 1 HPLC 测大豆异黄酮单体含量梯度洗脱程序

时间/min	A/%	B/%
0	90	10
10	80	20
12	70	30
18	60	40
19	0	100
21	0	100
22	90	10
26	90	10

1.2.4 数据处理

使用 SPSS 软件对数据进行差异性分析。

2 结果与分析

2.1 同一产地不同品种大豆中大豆异黄酮单体的差异性分析

2.1.1 黑河市爱辉区

黑河市爱辉区大豆中大豆异黄酮单体含量的测定结果见表 2。

表 2 黑河市爱辉区大豆中大豆异黄酮单体含量

品种	大豆苷	黄豆苷	染料木苷	大豆苷元	染料木素
BD26	302.575 \pm 0.020 ^c	110.440 \pm 0.297 ^d	996.176 \pm 0.261 ^f	11.899 \pm 0.061 ^a	14.458 \pm 0.161 ^a
HJ4	326.357 \pm 1.833 ^d	98.763 \pm 0.656 ^e	1 169.038 \pm 0.495 ^b	3.584 \pm 0.135 ^e	8.638 \pm 0.100 ^c
HN95	266.023 \pm 0.430 ^e	94.417 \pm 0.016 ^f	1 008.174 \pm 1.862 ^c	4.581 \pm 0.009 ^c	7.300 \pm 0.547 ^d
HH53	297.095 \pm 1.302 ^f	119.783 \pm 0.515 ^b	959.879 \pm 0.151 ^e	5.619 \pm 0.010 ^d	7.484 \pm 0.000 ^d
JN416	459.852 \pm 0.730 ^a	141.470 \pm 0.209 ^a	1 406.048 \pm 0.412 ^a	6.730 \pm 0.047 ^b	10.868 \pm 0.414 ^b
JY55	367.946 \pm 0.147 ^b	83.007 \pm 0.062 ^e	1 157.236 \pm 0.326 ^c	6.287 \pm 0.008 ^c	7.792 \pm 0.037 ^d
ZH901	336.750 \pm 0.427 ^c	111.859 \pm 0.601 ^c	1 135.107 \pm 0.130 ^d	4.188 \pm 0.006 ^f	6.152 \pm 0.018 ^c

注:同列不同字母上标代表差异显著($p < 0.05$)。下同

由表 2 可知,大豆异黄酮单体大豆苷、黄豆黄苷、染料木苷、大豆苷元含量在不同品种中差异显著 ($p < 0.05$)。染料木素含量在 HN95、HH53 和 JY55 品种中差异不显著 ($p > 0.05$)。因此,大豆苷、黄豆黄苷、染料木苷、大豆苷元含量可以作为黑河市爱辉

区不同品种大豆的溯源特征指标。

2.1.2 黑河市北安市

黑河市北安市大豆中大豆异黄酮单体含量测定结果见表 3。

表 3 黑河市北安市大豆中大豆异黄酮单体含量

品种	大豆苷	黄豆黄苷	染料木苷	大豆苷元	染料木素
DK8	201.932 ± 0.560 ^f	99.031 ± 1.884 ^a	1 525.461 ± 2.433 ^a	10.791 ± 0.438 ^b	18.290 ± 0.229 ^b
DS7	356.003 ± 0.105 ^d	57.882 ± 0.117 ^d	1 120.441 ± 0.408 ^c	6.966 ± 0.509 ^c	8.661 ± 0.049 ^c
HD1	366.449 ± 0.001 ^c	52.335 ± 0.033 ^e	1 085.884 ± 0.656 ^d	4.545 ± 0.029 ^e	7.168 ± 0.021 ^f
HH43	389.569 ± 0.245 ^b	57.345 ± 0.405 ^d	1 076.101 ± 1.219 ^e	5.690 ± 0.032 ^d	10.241 ± 0.317 ^d
LD3	287.387 ± 0.116 ^e	64.695 ± 0.039 ^e	856.081 ± 0.642 ^f	4.766 ± 0.179 ^e	11.480 ± 0.159 ^c
SD43	506.654 ± 0.293 ^a	85.020 ± 0.055 ^b	1 165.443 ± 1.751 ^b	11.850 ± 0.101 ^a	22.026 ± 0.358 ^a

由表 3 可知,大豆异黄酮单体大豆苷、染料木苷、染料木素含量在不同品种中差异显著 ($p < 0.05$)。黄豆黄苷含量在 DS7 和 HH43 品种中差异不显著 ($p > 0.05$);大豆苷元含量在 HD1 和 LD3 品种中差异不显著 ($p > 0.05$)。因此,大豆苷、染料木

苷、染料木素含量可以作为黑河市北安市不同品种大豆的溯源特征指标。

2.1.3 农垦北安分公司

农垦北安分公司大豆中大豆异黄酮单体含量测定结果见表 4。

表 4 农垦北安分公司大豆中大豆异黄酮单体含量

品种	大豆苷	黄豆黄苷	染料木苷	大豆苷元	染料木素
DD9	351.244 ± 1.103 ^b	75.872 ± 0.244 ^e	1 052.007 ± 2.155 ^g	13.702 ± 0.182 ^b	24.179 ± 0.299 ^b
JF1	577.961 ± 0.407 ^b	102.897 ± 0.041 ^b	1 246.775 ± 1.022 ^e	21.568 ± 0.531 ^a	28.933 ± 0.142 ^a
JS4	387.650 ± 0.634 ^g	101.367 ± 0.151 ^c	1 094.588 ± 0.515 ^f	6.306 ± 0.040 ^e	6.872 ± 0.773 ^e
LK3318	448.597 ± 0.233 ^d	125.082 ± 0.071 ^a	1 252.821 ± 0.566 ^d	7.750 ± 0.082 ^d	10.541 ± 0.043 ^d
BY901	421.694 ± 1.583 ^e	55.888 ± 0.856 ^g	1 320.524 ± 1.916 ^c	5.407 ± 0.916 ^e	12.412 ± 0.170 ^c
HLD2	533.238 ± 1.208 ^c	76.573 ± 0.393 ^e	1 383.069 ± 1.538 ^b	9.228 ± 0.585 ^e	12.629 ± 0.044 ^c
9302	688.042 ± 0.025 ^a	72.040 ± 0.361 ^f	1 824.836 ± 0.385 ^a	9.140 ± 0.864 ^c	13.419 ± 0.566 ^c
HH43	410.651 ± 0.099 ^f	78.762 ± 0.078 ^d	969.431 ± 0.968 ^b	6.181 ± 0.112 ^e	10.557 ± 0.040 ^d

由表 4 可知,大豆异黄酮单体大豆苷、染料木苷含量在不同品种中差异显著 ($p < 0.05$)。黄豆黄苷含量在 DD9 和 HLD2 品种中差异不显著 ($p > 0.05$);大豆苷元含量在 JS4、BY901 和 HH43 品种中差异不显著 ($p > 0.05$),在 HLD2 和 9302 品种中差异不显著 ($p > 0.05$);染料木素含量在 LK3318 和 HH43 品种中差异不显著 ($p > 0.05$),在 BY901、

9302 和 HLD2 品种中差异不显著 ($p > 0.05$)。因此,大豆苷、染料木苷含量可以作为农垦北安分公司不同品种大豆溯源特征指标。

2.1.4 农垦宝泉岭分公司

农垦宝泉岭分公司大豆中大豆异黄酮单体含量测定结果见表 5。

表 5 农垦宝泉岭分公司大豆中大豆异黄酮单体含量

品种	大豆苷	黄豆黄苷	染料木苷	大豆苷元	染料木素
GQHH52	403.587 ± 0.215 ^c	56.979 ± 0.148 ^g	1 251.260 ± 1.333 ^b	14.953 ± 0.018 ^b	23.052 ± 0.028 ^a
KF20	357.729 ± 0.330 ^e	73.449 ± 0.290 ^d	1 133.749 ± 0.205 ^d	4.641 ± 0.031 ^f	10.137 ± 0.116 ^e
HH43	383.979 ± 1.921 ^d	61.481 ± 0.285 ^f	1 118.091 ± 0.120 ^c	4.233 ± 0.096 ^f	10.270 ± 0.253 ^e
YJHH52	350.304 ± 0.020 ^f	106.398 ± 0.040 ^a	947.895 ± 0.000 ^g	6.963 ± 0.035 ^d	22.532 ± 0.001 ^a
FS27	454.445 ± 0.153 ^b	87.626 ± 0.056 ^b	1 243.836 ± 0.785 ^c	8.608 ± 0.204 ^c	12.733 ± 0.052 ^d
HS1	710.920 ± 0.200 ^a	74.920 ± 0.014 ^c	1 818.698 ± 0.333 ^a	18.516 ± 0.388 ^a	19.392 ± 0.448 ^b
KS1	240.874 ± 0.795 ^g	66.819 ± 0.355 ^e	992.764 ± 1.566 ^f	5.256 ± 0.049 ^e	15.280 ± 0.236 ^c

由表5可知,大豆异黄酮单体大豆苷、黄豆黄苷、染料木苷含量在不同品种中差异显著($p < 0.05$)。大豆苷元含量在KF20和HH43品种中差异不显著($p > 0.05$);染料木素含量在GQHH52和YJHH52品种中差异不显著($p > 0.05$),在KF20和HH43品种中差异不显著($p > 0.05$)。因此,大豆

苷、黄豆黄苷、染料木苷含量可以作为农垦宝泉岭分公司不同品种大豆的溯源特征指标。

2.1.5 农垦牡丹江分公司

农垦牡丹江分公司大豆中大豆异黄酮单体含量测定结果见表6。

表6 农垦牡丹江分公司大豆中大豆异黄酮单体含量

品种	大豆苷	黄豆黄苷	染料木苷	大豆苷元	染料木素
KN23	1 136.180 ± 0.405 ^a	133.721 ± 0.022 ^a	1 960.473 ± 1.447 ^a	53.954 ± 0.293 ^a	38.275 ± 0.337 ^a
KN30	992.289 ± 1.613 ^b	100.892 ± 0.098 ^b	1 853.263 ± 0.955 ^b	26.537 ± 0.355 ^b	22.723 ± 0.170 ^c
KF16	355.808 ± 0.457 ^l	79.060 ± 0.052 ^d	990.698 ± 0.378 ^m	13.388 ± 0.503 ^d	13.372 ± 0.366 ^f
KF20	404.980 ± 0.149 ^j	70.233 ± 0.025 ^g	1 227.492 ± 0.327 ^k	11.041 ± 0.055 ^e	6.522 ± 0.317 ⁱ
KF14	609.695 ± 0.949 ^c	73.053 ± 0.980 ^{ef}	1 644.280 ± 1.181 ^e	6.025 ± 0.088 ^h	12.488 ± 0.076 ^g
KF37	412.039 ± 0.384 ⁱ	45.420 ± 2.001 ⁱ	1 389.277 ± 0.838 ^h	9.387 ± 0.023 ^f	14.097 ± 0.069 ^c
KF17	427.069 ± 0.350 ^h	71.010 ± 0.159 ^{fg}	1 249.705 ± 0.413 ⁱ	11.787 ± 0.170 ^e	18.376 ± 0.528 ^d
DN253	389.303 ± 0.295 ^k	62.119 ± 0.436 ^h	1 234.725 ± 0.517 ^j	23.921 ± 0.022 ^c	18.742 ± 0.072 ^d
DS31A1	635.775 ± 0.647 ^d	62.863 ± 1.682 ^h	1 679.844 ± 0.105 ^d	9.171 ± 0.006 ^f	22.055 ± 0.094 ^c
DS10	327.815 ± 0.773 ^m	56.420 ± 0.211 ⁱ	1 221.453 ± 0.520 ^l	9.280 ± 0.008 ^f	22.223 ± 0.010 ^c
KN36	603.248 ± 0.773 ^f	60.562 ± 0.118 ^h	1 516.883 ± 0.304 ^g	23.924 ± 0.135 ^c	14.170 ± 0.104 ^c
KN37	713.867 ± 0.450 ^c	90.408 ± 0.090 ^c	1 841.975 ± 1.212 ^c	23.924 ± 0.135 ^c	29.555 ± 0.027 ^b
WM	596.675 ± 0.783 ^g	75.127 ± 0.145 ^e	1 546.530 ± 0.018 ^f	8.868 ± 0.036 ^g	7.645 ± 0.105 ^h

由表6可知,大豆苷、染料木苷含量在不同品种中差异显著($p < 0.05$)。黄豆黄苷含量在KF14和WM品种中差异不显著($p > 0.05$),在KF14和KF17品种中差异不显著($p > 0.05$),在KF20和KF17品种中差异不显著($p > 0.05$),在DN253、DS31A1和KN36品种中差异不显著($p > 0.05$),在DS10和KF37品种中差异不显著($p > 0.05$);大豆苷元含量在DN253、KN36和KN37品种中差异不显著($p > 0.05$),在KF20和KF17品种中差异不显著($p > 0.05$),在KF37、DS31A1和DS10品种中差异

不显著($p > 0.05$);染料木素含量在KN30、DS31A1和DS10品种中差异不显著($p > 0.05$),在KF17和DN253品种中差异不显著($p > 0.05$),在KF37和KN36品种中差异不显著($p > 0.05$)。因此,大豆苷、染料木苷含量可以作为农垦牡丹江分公司不同品种大豆的溯源特征指标。

2.2 不同产地不同品种大豆异黄酮单体差异性分析

不同产地不同品种大豆异黄酮单体含量统计分析结果见表7。

表7 不同产地不同品种大豆异黄酮单体含量

产地	大豆苷	黄豆黄苷	染料木苷	大豆苷元	染料木素
黑河市爱辉区	336.657 ± 34.444 ^b	108.534 ± 6.477 ^a	1 118.808 ± 56.662 ^b	6.127 ± 2.757 ^b	8.956 ± 3.111 ^b
黑河市北安市	351.332 ± 37.204 ^b	69.384 ± 6.996 ^b	1 138.235 ± 61.202 ^b	7.435 ± 2.978 ^b	12.978 ± 3.360 ^{ab}
农垦北安分公司	477.385 ± 13.293 ^{ab}	86.060 ± 2.500 ^b	1 268.006 ± 21.867 ^{ab}	9.910 ± 1.064 ^{ab}	14.943 ± 1.200 ^{ab}
农垦牡丹江分公司	584.980 ± 25.275 ^a	75.453 ± 4.753 ^b	1 488.969 ± 41.579 ^a	17.785 ± 2.023 ^a	18.480 ± 2.283 ^a
农垦宝泉岭分公司	414.548 ± 34.444 ^{ab}	75.382 ± 6.477 ^b	1 215.185 ± 56.662 ^{ab}	9.024 ± 2.757 ^{ab}	16.199 ± 3.111 ^{ab}

由表7可知:大豆苷含量在黑河市爱辉区、黑河市北安市、农垦北安分公司和农垦宝泉岭分公司中差异不显著($p > 0.05$),在农垦北安分公司、农垦牡丹江分公司和农垦宝泉岭分公司中差异不显著($p > 0.05$);黄豆黄苷含量在黑河市北安市、农垦北安分公司、农垦牡丹江分公司和农垦宝泉岭分公司中差异不显著($p > 0.05$);染料木苷含量在黑河市

爱辉区、黑河市北安市、农垦北安分公司和农垦宝泉岭分公司中差异不显著($p > 0.05$),在农垦宝泉岭分公司、农垦北安分公司和农垦牡丹江分公司中差异不显著($p > 0.05$);大豆苷元含量在黑河市爱辉区、黑河市北安市、农垦北安分公司和农垦宝泉岭分公司中差异不显著($p > 0.05$),在农垦北安分公司、农垦牡丹江分公司和农垦宝泉岭分公司中差异不显

著($p > 0.05$);染料木素含量在黑河市爱辉区、黑河市北安市、农垦北安分公司和农垦宝泉岭分公司中差异不显著($p > 0.05$),在黑河市北安市、农垦北安分公司、农垦牡丹江分公司和农垦宝泉岭分公司中差异不显著($p > 0.05$)。结果说明,不同产地不同品种之间大豆异黄酮单体含量总体没有显著差异。影响大豆异黄酮含量的主要因素有种植年份、种植地点、基因型和各项相互作用,大豆异黄酮含量存在显著的基因型差异,并且对环境条件的反应程度也不相同,所以不同基因型、不同种植地点的大豆间差异显著性是不稳定的,在以大豆异黄酮含量为目标性状的大豆育种中,应该参考多年多点的数据对其进行综合评价与选择^[16]。

3 结 论

本文对黑龙江不同品种、不同产地大豆中大豆异黄酮单体含量进行测定和差异性分析。结果表明:同一产地不同品种之间大豆异黄酮单体含量总体差异显著,不同产地不同品种之间大豆异黄酮单体含量总体没有显著差异。因此,可以利用不同品种大豆中大豆异黄酮单体含量作为对大豆异黄酮溯源特征指标实现品种溯源,由于这些品种分别适用于黑龙江省不同的积温带,今后有望作为大豆品种及产地溯源的特征指标,从而可以保护黑龙江大豆品牌,提高政府对大豆市场的监管力度,有效保证国家粮食安全。

本研究仅对大豆异黄酮类溯源特征指标进行差异性分析,还应探索大豆中其他次生代谢产物的特征指标,构成一个指标体系进行产地溯源,提高溯源过程的产地判别率。

参考文献:

[1] 刘澜. 大豆的营养成分及其综合利用前景[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2014, 29(2): 175-178.
 [2] 董非非, 刘爱民, 封志明, 等. 大豆传统产区粮食作物种植结构变化特征及原因分析:以黑龙江省嫩江县为例[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(3): 79-85.
 [3] 李松. 补贴难到位 市场受冲击 东北大豆面临生存困局

[J]. 大豆科技, 2015(4): 36-38.
 [4] 罗永生. 嫩江县大豆产业发展现状及对策研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
 [5] KIM E H, RO H M, KIM S L, et al. Analysis of isoflavone, phenolic, soyasapogenol, and tocopherol compounds in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] germplasm of different seed weights and origins [J]. J Agric Food Chem, 2012, 60(23): 6045-6055.
 [6] BROUNS F. Soya isoflavones: a new and promising ingredient for the health foods sector[J]. Food Res Int, 2002, 35(2/3): 187-193.
 [7] WANG X F, LIU G H, CAI H Y, et al. Attempts to increase inosinic acid in broiler meat by using feed additives[J]. Poultry Sci, 2014, 93(11): 2802-2808.
 [8] 李菊艳, 姚文秋, 宫绍彬, 等. 环境因素对大豆异黄酮的影响研究进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(9): 167-170.
 [9] 周艳, 邹学敏, 王维芬, 等. 不同产地大豆与绿豆中异黄酮及矿物质含量的分析[J]. 微量元素与健康研究, 2011, 28(3): 37-39.
 [10] 刘文静. 基于大豆异黄酮特征的大豆产地溯源研究[D]. 黑龙江 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2018.
 [11] 谭莉, 李沛生. 农产品与加工食品产地溯源技术研究进展[J]. 农产品加工(学刊), 2014, 10(15): 81-85.
 [12] 黄安成, 蔡伟江, 梁洁仪. 超高效液相色谱法检测保健品中的大豆异黄酮各组分含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 7(8): 2651-2656.
 [13] 刘中华, 赵锦慧, 梁少君. 微波辅助提取豆粕中大豆异黄酮[J]. 大豆科学, 2012, 31(6): 993-995.
 [14] 胡叶碧, 刘星, 陈勤, 等. 乙醇提取条件对大豆异黄酮组分得率的影响[J]. 食品与机械, 2009, 25(5): 75-77, 100.
 [15] 唐志华. 超声波辅助提取大豆异黄酮生产工艺条件优化[J]. 陕西理工学院学报(自然科学版), 2013, 29(4): 48-51.
 [16] 张大勇. 大豆异黄酮含量的影响因素分析[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2009.