



基于 CNKI 和 PubMed 数据库的大豆异黄酮和雌马酚研究现状分析

陈华海, 谭力瑞, 胡云霏, 曹林艳, 尹业师

(湖南科技学院 化学与生物工程学院/湘南优势植物资源综合利用湖南省重点实验室, 湖南 永州 425199)

摘要:通过文献分析大豆异黄酮和雌马酚的最新研究进展能够为大豆异黄酮的深入研究和产品升级提供帮助和参考。本研究从 CNKI 数据库和 PubMed 在线网站下载以“大豆异黄酮”或“雌马酚”为主题的期刊文献分析数据。使用 Excel 进行数据分析和图表制作。分析结果表明大豆异黄酮和雌马酚相关文献主要发表在《大豆科学》、《卫生研究》和《The Journal of Nutrition》等期刊, 主要分布在预防医学、食品营养与卫生学、生物学、药理学和肿瘤学等学科。中文文献主要以提取、纯化和检测方法等研究为主, 而外文文献报道与肿瘤、乳腺癌和营养代谢疾病等相关的文献较多。美国、中国和日本是发表大豆异黄酮和雌马酚文献的主要国家, 但从研究机构来看, 各研究单位研究侧重点存在一定的差异。值得深思的是 2007 年后, 大豆异黄酮和雌马酚相关文献数量均急剧下降。虽然大豆异黄酮已有多年的研究历史, 但关于雌马酚的研究还相对较少, 还有待进一步研究, 以便更好地提高传统大豆食品的营养和经济价值。

关键词:大豆异黄酮; 雌马酚; 中国知网; PubMed; 文献分析

Research Progress of Soy Isoflavones and Equol Based on Analyzing the Literatures Published in CNKI and PubMed Database

CHEN Hua-hai, TAN Li-rui, HU Yun-fei, CAO Lin-yan, YIN Ye-shi

(College of Chemistry and Bioengineering/Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Advantage Plants Resources in Hunan South, Hunan University of Science and Engineering, Yongzhou 425199, China)

Abstract: To analyze the published journal papers and to understand the latest research progress of soybean isoflavones and estradiol can provide help and reference for further research and product upgrading of soybean isoflavones. Data from CNKI database and PubMed online analysis website was downloaded for literature analysis with the theme of ‘soy isoflavones’ or ‘equol’. We used Excel to analysis data, prepare table and chart. Soybean isoflavones and equol were mainly published in the journals of ‘Soybean Science’, ‘Journal of Hygiene Research’ and ‘The Journal of Nutrition’. They were mostly distributed in the fields of preventive medicine, food nutrition and hygiene, biology, pharmacy and oncology. The Chinese literature mainly focuses on extraction, purification and detection methods research, while the foreign literature reports are related to tumors, breast cancer, nutritional and metabolic diseases. The United States, China and Japan are the main countries publishing soy isoflavones and equol literature, but from the perspective of research institutions, the research focus of each research unit is somewhat different. It is worth pondering that after 2007, the article numbers of soy isoflavones and equol has decreased dramatically. Although soy isoflavones have been studied for many years, there are few studies on equol, and further studies are needed to improve the nutritional and economic value of traditional soybean food.

Keywords: Soy isoflavones; Equol; CNKI; PubMed; Literature analysis

大豆是世界上重要的经济作物之一, 在亚洲国家, 如日本、中国、韩国等将大豆或豆制品做为常规食品已有几千年历史。大豆不仅能够提供大量蛋白质与油脂, 而且其次生代谢产物大豆异黄酮具有雌激素样结构, 对人类健康非常有益。随着对大豆异黄酮研究的不断深入, 发现其具有缓解女性衰老, 改善更年期症状, 防治血脂升高、骨质疏松、乳腺癌、前列腺癌和心血管疾病等功效^[1]。近年来, 含有大豆异黄酮成分的保健品已成为一种新型热销产品, 其消费量显著增加^[2]。

大豆异黄酮是一类具有弱雌激素样活性的化合物, 经常被称为植物雌激素。其含量在黄豆、青豆和绿豆中含量较高, 干粉中大豆异黄酮含量可达 $4 \sim 5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[3]。大豆异黄酮是一种植物多酚类混

合物, 主要由以游离形式和共轭糖苷键修饰形式存在的染料木素、大豆素和大豆黄素组成, 3 种主要成分分别占 60%、30% 和 10% 左右^[3]。由于原材料中的大豆异黄酮主要以各种糖苷键形式存在, 而其不能穿过肠道细胞, 不具有生物利用度和生物活性^[4]。因此大豆异黄酮需要经过体外发酵^[5]或体内结肠菌转化^[6]后才表现出更好的生物活性。

S-雌马酚和 O-去甲基安哥拉紫檀素是染料木素和大豆素在肠道中的主要代谢终产物^[6], 由于 O-去甲基安哥拉紫檀素生物学活性不是很高, 因此研究较少。相反, 从临床的角度来看 S-雌马酚是一种非常重要的代谢产物^[7-9], 具有大豆异黄酮类似生物功能, 且活性更好^[10-11], 代谢动力学类型更理想^[12]。但并不是所有人都具有将大豆食品转

收稿日期: 2018-08-22

基金项目: 国家自然科学基金(31100097); 湖南省自然科学基金(2018JJ3200)。

第一作者简介: 陈华海(1983-), 女, 博士, 助理研究员, 主要从事肠道微生物研究。E-mail: chenhuahai2008@163.com。

通讯作者: 尹业师(1982-), 男, 博士, 副研究员, 主要研从事肠道微生物与湘南优势植物资源综合利用研究。E-mail: yinyeshi@126.com。

化为 S-雌马酚的能力,西方成人只有 25%~30%,亚洲成年人有 50%~60% 豆制品消费者可以将其转化为 S-雌马酚^[13-15]。

尽管对大豆异黄酮的研究已有多年历史,但雌马酚相关研究还没有受到足够重视。本文通过比较分析 CNKI 和 PubMed 数据库中大豆异黄酮和雌马酚为主题的文献,希望能让更多相关部门和研究者更好的了解大豆异黄酮和雌马酚的研究现状,为大豆异黄酮和雌马酚的进一步研究和产品研发提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

2018 年 8 月 8 日,在 PubMed 文献在线分析网站 <http://www.pubmedplus.cn/>,采用高级检索,以大“大豆异黄酮”或“雌马酚”为主题词检索非中文文章,共获得大豆异黄酮相关外文文献 3 023 篇和雌马酚相关外文文献 519 篇。结合 pubmedplus 网站在线聚类分析结果和 EndNote 文献管理软件对数据进行进一步整理分析。2018 年 8 月 9 日,在中国知网期刊数据库网站(<http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbprefix=CJFQ>)以“主题=大豆异黄酮”或“主题=雌马酚”检索数据库中全部期刊文献,共获得大豆异黄酮相关中文文献 2 447 篇和雌马酚相关中文文献 105 篇。将中国知网“分组浏览”和“计量可视化分析”数据与图表下载到当地电脑后,对数据进行进一步整理和分析。

1.2 方法

1.2.1 文献发表年代分析 从 CNKI 网站“分组浏览-发表年度”功能栏下载以“大豆异黄酮”或“雌马酚”为主题的期刊文献所发表的年份分布数据。使用 EndNote X7 文献管理软件在 NCBI PubMed 数据库中,以“soy isoflavones”或“equol”为“MeSH Terms”和“Language=not Chinese”搜索并下载数据库中发表的相关外文文献,然后使用 EndNote X7 中的“Tools-Subject bibliography-Subject Fields-Year”统计外文文献发表时间。最后将文献发表年代分布数据使用 Excel 2007 做图。

1.2.2 文献所属学科分布分析 从 CNKI 网站“分组浏览-研究层次-学科分类”功能栏中下载中文期刊文献所属学科分布数据。从 PubMed 文献在线分析网站 <http://www.pubmedplus.cn/> 下载外文期刊文献所属学科聚类分析数据。将这些数据导入 Excel 表后,选择包含文章数量最多的前 15 个学科用 Excel 2007 做图。

1.2.3 文献的关键词共现网络与相关疾病分布分析 从 CNKI 网站“计量可视化分析-关键词共现网络”功能栏导出中文期刊文献关键词共现网络

图。从 PubMed 文献在线分析网站 <http://www.pubmedplus.cn/> 下载外文期刊文献报道的疾病聚类分析数据,将这些数据导入 Excel 表后,选择包含文章数量最多的前 15 种疾病用于 Excel 做图。

1.2.4 刊发大豆异黄酮和雌马酚文献较多的期刊分析 从 CNKI 网站“分组浏览-研究层次-期刊”功能栏中下载刊发大豆异黄酮和雌马酚文献的主要期刊及其所发表的文献数量。从 PubMed 文献在线分析网站 <http://www.pubmedplus.cn/> 下载刊发大豆异黄酮和雌马酚文献的主要期刊及其所发表的文献数量。将这些数据导入 Excel 表后,选择发表文章数量最多的前 10 种期刊用于表格制作。

1.2.5 发表大豆异黄酮和雌马酚外文文献较多的国家与机构分析 从 PubMed 文献在线分析网站 <http://www.pubmedplus.cn/> 下载在外文期刊发表相关文献的国家和国内外机构数据,然后将这些数据导入 Excel 表进行图表制作。

1.2.6 发表大豆异黄酮和雌马酚文献的主要作者分析 从 CNKI 网站“分组浏览-作者”功能栏中下载发表大豆异黄酮和雌马酚文献的作者及其所发表的文献数量。从 PubMed 文献在线分析网站 <http://www.pubmedplus.cn/> “全部作者”聚类功能栏下载发表相关文献的作者及其所发表的文献数量。将这些数据导入 Excel 表后,分别选择发表文章数量最多的前 10 名作者用于表格制作。

2 结果与分析

2.1 大豆异黄酮和雌马酚相关文献的年代分布

在 PubMed 外文数据库中早在 1947 年就有大豆异黄酮相关记载,在 1960 年就开始有雌马酚相关研究。而在 CNKI 期刊中最早记录大豆异黄酮和雌马酚相关文献的时间均在 20 世纪 90 年代以后。从图 1 可知,20 世纪 90 年代以后,大量大豆异黄酮相关的外文文献发表,其发表数量是雌马酚相关文献的数十倍。但值得进一步分析研究的是为何从 2007 年开始,大豆异黄酮相关文献数量急剧下降。

2.2 大豆异黄酮和雌马酚相关文献所属学科分布

如图 2、3 所示,尽管中英文文献的学科名称在统计时有一些差异,但从排名前 15 的学科可以看出,中英文文献均主要分布在预防医学、食品营养与卫生学、生物学、药理学和肿瘤学等学科。在 CNKI 数据库中,大豆异黄酮文献和雌马酚文献所属学科分布有较大差异,大豆异黄酮文献主要分布在轻工业、手工业、中药学、预防医学与卫生学,而雌马酚文献主要分布在预防医学与卫生学、肿瘤学和生物学。在 PubMed 数据库中,大豆异黄酮文献和雌马酚文献所属学科分布基本一致。

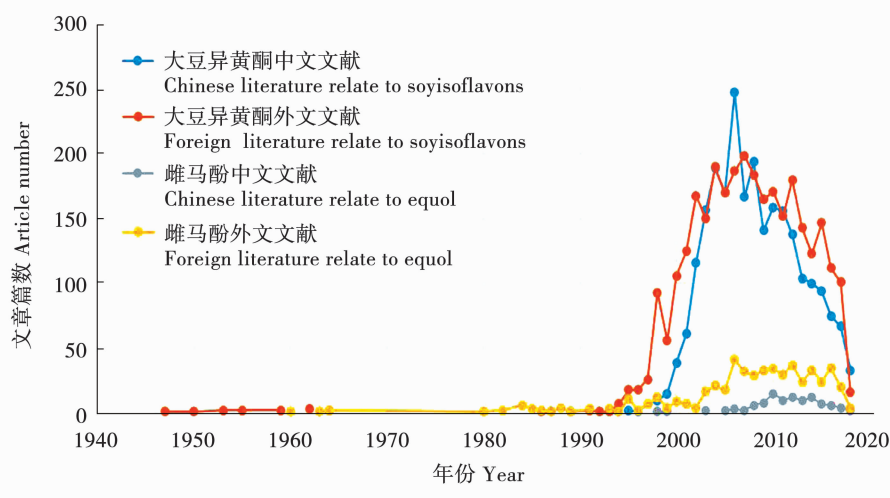


图 1 每年发表的大豆异黄酮和雌马酚相关文献数

Fig. 1 Number of soy isoflavones and equol related literatures published each year

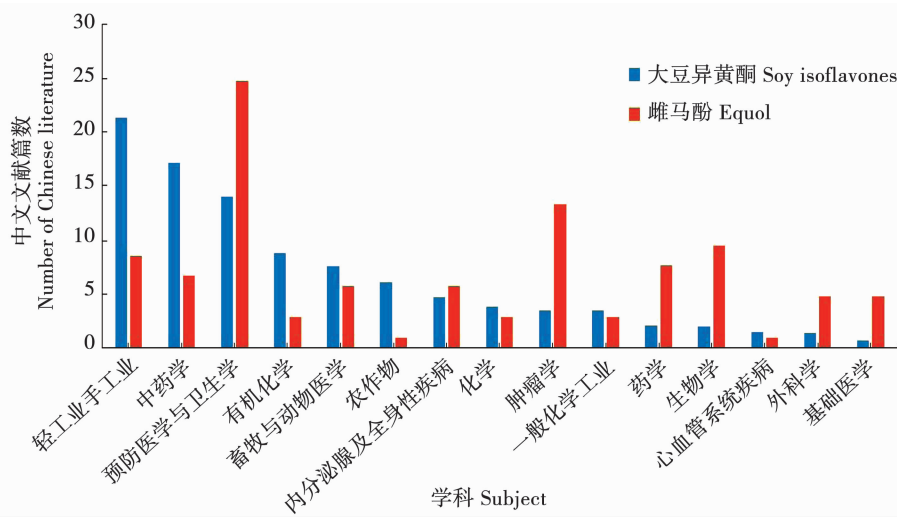


图 2 CNKI 收录的大豆异黄酮和雌马酚相关文献所属学科分布

Fig. 2 Distribution of disciplines for published soy isoflavones and equol related literatures in CNKI database

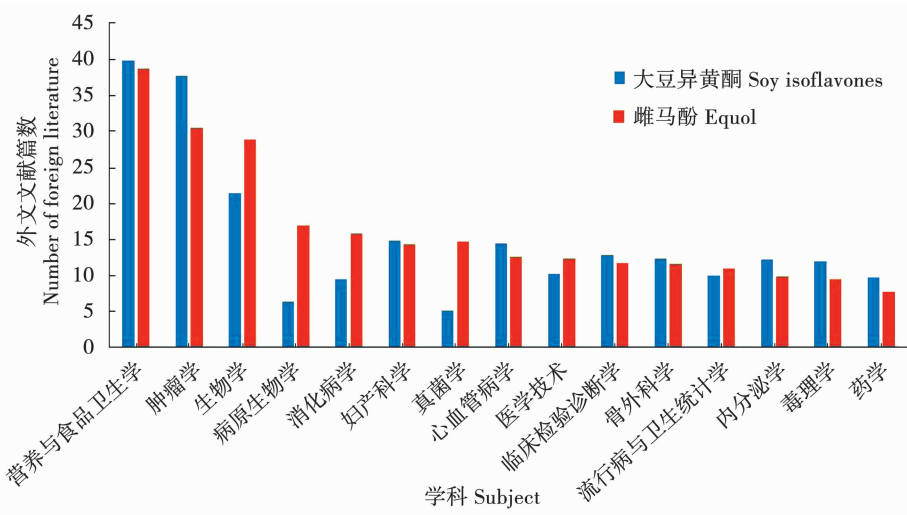


图 3 PubMed 收录的大豆异黄酮和雌马酚相关文献所属学科分布

Fig. 3 Distribution of disciplines for published soy isoflavones and equol related literatures in PubMed database

2.3 大豆异黄酮和雌马酚文献的关键词共现网络与相关疾病分布

从 CNKI 关键词共现网络图可以看出,CNKI 发表的大豆异黄酮文献主要以提取、纯化和高效液相色谱检测为主(图 4),雌马酚文献主要以肠道菌群转化和高效液相色谱检测为主(图 5),而两者与疾病之间的相互关系报道较少。但从 PubMedPlus 疾病相关文献结果可以看出,外文文献中报道的大豆异黄酮和雌马酚与疾病相关的研究较多。从图 6 可以看出大豆异黄酮和雌马酚与肿瘤、乳腺癌、营养代谢疾病、皮肤与结缔组织疾病和心血管疾病等疾病

病相关的文献比例均较高,与肿瘤相关文献的比例分别占到了总文献数的 36% 和 27%。

2.4 刊发大豆异黄酮和雌马酚文献的主要期刊

表 1 为发表大豆异黄酮文献和雌马酚文献最多的前 10 种中外文期刊列表。由表 1 可以看出,发表大豆异黄酮最多的中文期刊为《大豆科学》,占有发表中文文章数的 3.88%,发表雌马酚最多的中文期刊为《卫生研究》,占有发表中文文章数的 9.52%。在外文期刊中发表大豆异黄酮和雌马酚最多的期刊均为《Journal of Nutrition》,占所发表外文总数的百分比分别为 5.95% 和 6.94%。

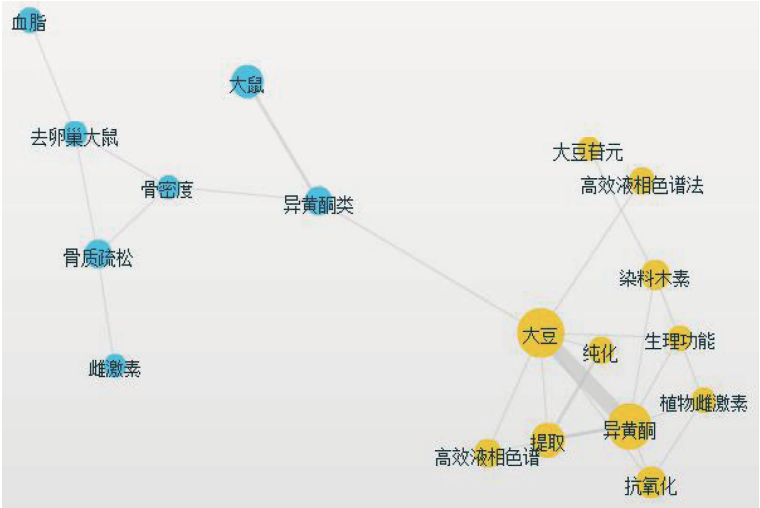


图 4 CNKI 收录大豆异黄酮文献中文关键词共现网络

Fig. 4 Chinese keyword concurrence network of soy isoflavones related literatures in CNKI database

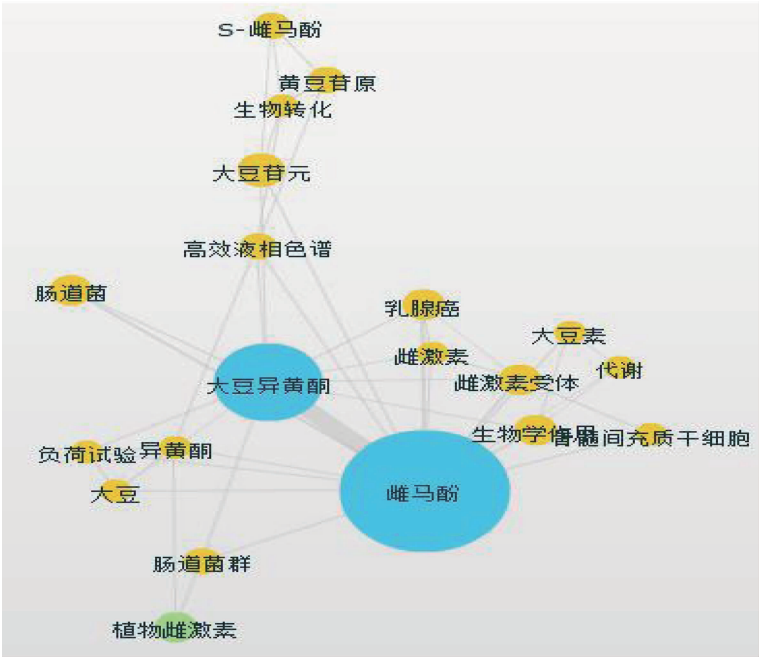
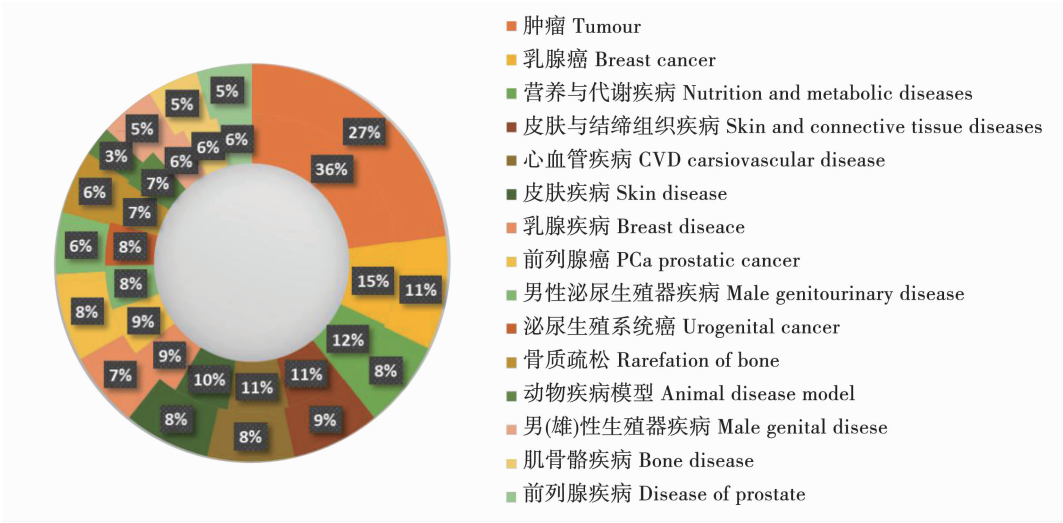


图 5 CNKI 收录雌马酚文献中文关键词共现网络

Fig. 5 Chinese keyword concurrence network of soy isoflavones related literatures in CNKI database



内圈:大豆异黄酮文献; 外圈:雌马酚文献。
Inner circle:Literature of soy isoflavones; Outer circle: Literature of equine phenol.

图 6 PubMed 数据库中疾病相关文献分析
Fig. 6 Analyze disease related literatures in PubMed database

表 1 刊发大豆异黄酮和雌马酚文献数量排名前 10 的期刊
Table 1 The top 10 journals published more soy isoflavones and equol related literatures

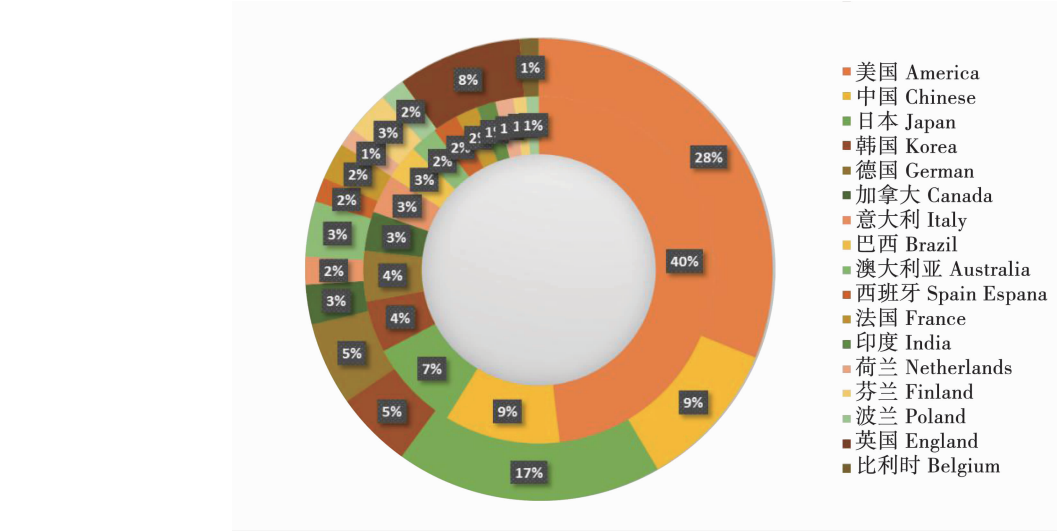
期刊名称 Journal		大豆异黄酮 Soy isoflavones		雌马酚 Equol	
		篇数	百分比	篇数	百分比
		Number of articles	Percentage/%	Number of articles	Percentage/%
中文 Chinese	大豆科学	95	3.88	0	0
	食品科学	92	3.76	4	3.81
	食品研究开发	54	2.21	0	0
	粮食与油脂	53	2.17	0	0
	中国油脂	52	2.13	0	0
	卫生研究	27	1.10	10	9.52
	营养学报	49	2.00	8	7.62
	微生物学报	1	0.04	5	4.76
	中国食物与营养	28	1.14	4	3.81
	世界华人消化杂志	2	0.08	4	3.81
	食品工业科技	51	2.08	4	3.81
	外文				
	The Journal of Nutrition	180	5.95	36	6.94
Foreign language	Journal of Agricultural and Food Chemistry	134	4.43	8	1.54
	The American Journal of Clinical Nutrition	109	3.61	22	4.24
	Nutrition and Cancer	87	2.88	13	2.50
	Menopause	84	2.78	16	3.08
	British Journal of Nutrition	18	0.60	18	3.47
	Molecular Nutrition & Food Research	50	1.65	13	2.50
	Food and Chemical Toxicology	34	1.12	13	2.50

2.5 发表大豆异黄酮和雌马酚外文文献较多国家与机构

如图 7 所示,发表大豆异黄酮文献和雌马酚文献较多的国家分别为美国、中国和日本,但日本发表的雌马酚相关文献数明显比中国多。

从研究机构来看,各研究单位研究侧重点有一定的差异,有的以研究大豆异黄酮为主,有的以研

究雌马酚为主,并没有发现同一机构研究大豆异黄酮和雌马酚均较多的现象。国内研究大豆异黄酮和雌马酚较多的机构分别为东北农业大学和北京大学,而国外研究大豆异黄酮和雌马酚较多的机构分别为美国伊利诺伊大学和美国 Fred Hutchinson 癌症研究中心(表 2)。



内圈:发表大豆异黄酮文献主要国家;外圈:发表雌马酚文献主要国家。

Inner circle: Major countriespublishingliteratures on soybean isoflavones; Outer circle: Major countries publishing literatures on equine.

图 7 各国发表大豆异黄酮和雌马酚文献数占所发表外文文献比例

Fig. 7 Soy isoflavones and equine were published in different countries

表 2 发文数量排名前 10 的国内外机构

Table 2 The top 10 institutes publishing more soy isoflavones and equol related literatures

大豆异黄酮				雌马酚		
Soy isoflavones				Equol		
	机构	篇数	百分比	机构	篇数	百分比
	Organization	Number of articles	Percentage /%		Number of articles	Percentage /%
国内机构 Domestic agency	东北农业大学	118	4.82	北京大学	16	15.24
	哈尔滨医科大学	52	2.13	河北农业大学	9	8.57
	沈阳农业大学	37	1.51	南京农业大学	8	7.62
	延边大学	36	1.47	东北农业大学	6	5.71
	中国农业大学	30	1.23	第三军医大学	5	4.76
	四川大学	28	1.14	哈尔滨商业大学	5	4.76
	黑龙江八一农垦大学	26	1.06	中南大学	4	3.81
	军事医学科学院	26	1.06	天津市疾病预防控制中心	4	3.81
	南京农业大学	26	1.06	浙江省农业科学院	3	2.86
	浙江大学	25	1.02	长治医学院	3	2.86
	华南理工大学	25	1.02	第二军医大学附属长海医院	3	2.86
				中国农业大学	3	2.86
国外机构 Foreign agency	伊利诺伊大学	66	2.18	上海市光明乳业股份有限公司	3	2.86
	伯明罕阿拉巴马大学	63	2.08	苏州大学	3	2.86
	美国阿拉巴马大学伯明翰分校	62	2.05	Fred Hutchinson 癌症研究中心	14	2.70
	阿拉巴马大学	62	2.05	赫尔辛基大学	14	2.70
	维克森林大学	61	2.02	美国国立卫生研究院	11	2.12
	威克森林大学医学院	53	1.75	日本国立卫生与营养研究所	11	2.12
	韦恩州立大学	46	1.52	东京大学	11	2.12
	明尼苏达大学	43	1.42	辛辛那提儿童医院医学中心	10	1.93
	Karmanos 癌症研究所	39	1.29	明尼苏达大学	9	1.73
	加州大学	36	1.19	悉尼大学	8	1.54
				香港中文大学	8	1.54
				伊利诺伊大学	6	1.16

2.6 发表大豆异黄酮和雌马酚文献的主要作者

通过对文献作者的分析统计,将有利于更好的跟踪最新研究进展和有目标的进行学术交流。从表3可以看出研究大豆异黄酮的作者比较分散,发文最多的作者其发文数量所占比例只有2%左右。

相比之下,研究雌马酚的作者比较集中,北京大学王培玉老师所发表雌马酚文章占总文献数的12.38%,外文作者中,单独一位作者占发文总数4%以上的作者有4位,分别为 Adlercreutz H、Lampe J W、Setchell K D 和 Uchiyama S。

表3 发文数量排名前10的作者
Table 3 The top 10 authors who published more papers

中文期刊					外文期刊				
Chinese periodicals					Foreign periodicals				
	姓名	机构	篇数	占比		姓名	机构	篇数	占比
	Name	Organization	Number of articles	Percentage /%		Name	Organization	Number of articles	Percentage /%
大豆异黄酮 Soy isoflavones	张永忠	东北农业大学	50	2.04	Franke AA	University of Hawaii		69	2.28
	尹学哲	延边大学	29	1.19	Barnes S	University of Alabama		61	2.02
	崔洪斌	哈尔滨医科大学	25	1.02	Setchell KD	University of Cincinnati		57	1.89
	全吉淑	延边大学	25	1.02	Doerge DR	National Center for Toxicological Research		54	1.79
	刘长江	沈阳农业大学	24	0.98	Lampe JW	University of Washington		53	1.75
	那晓琳	哈尔滨医科大学	14	0.57	Sarkar FH	Wayne State University		46	1.52
	黄忆明	中南大学	13	0.53	Adlercreutz H	University of Helsinki		42	1.39
	苏宜香	中山大学	13	0.53	Messina M	Nutrition Matters, Inc.		36	1.19
	金宏	军事医学科学院	13	0.53	Kurzer MS	University of Minnesota		35	1.16
	张玉梅	北京大学	11	0.45	Helferich WG	University of Illinois		34	1.13
雌马酚 Equol	王培玉	北京大学	13	12.38	Adlercreutz H	University of Helsinki		24	4.62
	张玉梅	北京大学	9	8.57	Lampe JW	University of Washington		24	4.62
	王秀伶	河北农业大学	8	7.62	Setchell KD	University of Cincinnati		23	4.43
	姚文	南京农业大学	6	5.71	Uchiyama S	Saga Nutraceuticals Research Institute		21	4.05
	刘红玉	东北农业大学	6	5.71	Ueno T	Saga Nutraceuticals Research Institute		18	3.47
	李笑梅	哈尔滨商业大学	5	4.76	Ishimi Y	National Institute of Health and Nutrition		17	3.28
	刘宝花	北京大学	5	4.76	Wähälä K	University of Helsinki		14	2.70
	王卓	天津市疾病预防控制中心	4	3.81	Akaza H	The University of Tokyo		13	2.51
	迟玉杰	东北农业大学	4	3.81	Franke AA	University of Hawai'i		13	2.51
	江国虹	天津市疾病预防控制中心	4	3.81	Atkinson C	University of Bristol		11	2.12
	刘爱萍	北京大学	4	3.81	Brown NM	Cincinnati Children's Hospital Medical Center		11	2.12

3 讨论

大豆是中国的传统食品之一,已有几千年的消费历史。我国大豆资源丰富,大豆异黄酮作为大豆中重要活性物质,能够调节人体多种生理功能,因此开发富含大豆异黄酮的食品具有广阔的市场前景。尽管美国农业部最新发布的报告显示中国2010-2015年食品级大豆销量增加了63%^[16],但出乎意料的是大豆异黄酮文献数量从2007年开始一直处于急剧下降趋势。因此建议相关部门投入更多的经费资助大豆产品的精深加工与产品升级。虽然中国食物与营养发展纲要(2014-2020)已将大豆列为重点发展产品,纲要要求充分发挥我国传统大豆资源优势,加强大豆种质资源研究和新品种培育,扶持国内大豆产业发展,强化大豆生产与精深加工的科学研究,实施传统大豆制品的工艺改造,开发新型大豆食品,推进大豆制品规模化生产。

但从CNKI和PubMed发表文献数据来看,这些政策和文件并没有扭转大豆异黄酮和雌马酚文献发表数量持续下滑的趋势,其原因有待进一步研究和探讨。

从文献发表数量较多的国家来看,尽管豆制品作为食品最近才慢慢被大部分西方国家所接受^[3],但在PubMed数据库中美国是发表大豆异黄酮和雌马酚文献最多的国家,分别占文献发表总数的40%和28%,这可能与美国是大豆生产大国有关。

虽然大豆异黄酮代谢终产物雌马酚具有与大豆异黄酮类似的生理功能^[17],且活性更强^[10-11],代谢动力学类型更理想^[12],但研究人员对雌马酚的关注显然不够,雌马酚文献数量远远少于大豆异黄酮文献数量,而且雌马酚相关文献的研究机构和作者相对比较集中。因此相关部门有必要进一步鼓励和资助对活性更强的代谢终产物雌马酚的研究,让那些即使不能够将大豆异黄酮代谢转化为有活性

的代谢产物的个体也能够从中受益,更好的发挥大豆产品的益生保健作用。

4 结 论

雌马酚是大豆异黄酮经肠道菌代谢后具有更强生物学活性的代谢终产物,虽然大豆异黄酮已有多年的研究历史,但关于雌马酚的研究还相对较少,还有待进一步研究,以便更好的提高传统大豆食品的营养价值和经济价值。

参考文献

[1] 卢承文,刘颖. 大豆异黄酮生理功能的研究进展[J]. 农业与技术, 2017, 37(17):4-5. (Lu Z W, Liu Y. Research progress on physiological function of soybean isoflavones[J]. Agriculture and Technology, 2017, 37(17):4-5.)

[2] Messina M, Rogero M M, Fisberg M, et al. Health impact of childhood and adolescent soy consumption[J]. Nutrition Reviews, 2017, 75(7):500-515.

[3] Zaheer K, Humayoun A M. An updated review of dietary isoflavones: Nutrition, processing, bioavailability and impacts on human health[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017, 57(6):1280-1293.

[4] Setchell K D, Brown N M, Zimmer-Nechemias L, et al. Evidence for lack of absorption of soy isoflavone glycosides in humans, supporting the crucial role of intestinal metabolism for bioavailability [J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 2002, 76(2): 447-453.

[5] Nakajima N, Nozaki N, Ishihara K, et al. Analysis of isoflavone content in tempeh, a fermented soybean, and preparation of a new isoflavone-enriched tempeh[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2005, 100(6):685-687.

[6] Frankenfeld C L. Cardiometabolic risk and gut microbial phytoestrogen metabolite phenotypes[J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2017, 61(1), Doi: 10.1002/mnfr.201500900.

[7] Setchell K D, Clerici C. Equol: History, chemistry, and formation[J]. The Journal of Nutrition, 2010, 140(7):1355-1362.

[8] Setchell K D, Brown N M, Lydeking-Olsen E. The clinical importance of the metabolite equol-a clue to the effectiveness of soy and its isoflavones[J]. The Journal of Nutrition, 2002, 132(12): 3577-3584.

[9] Setchell K D, Clerici C. Equol: Pharmacokinetics and biological actions[J]. The Journal of Nutrition, 2010, 140(7):1363-1368.

[10] Bowey E, Adlercreutz H, Rowland I. Metabolism of isoflavones and lignans by the gut microflora: A study in germ-free and human flora associated rats[J]. Food and Chemical Toxicology, 2003, 41(5):631-636.

[11] Rowland I, Wiseman H, Sanders T, et al. Metabolism of oestrogens and phytoestrogens: Role of the gut microflora[J]. Biochemical Society Transactions, 1999, 27(2):304-308.

[12] Setchell K D, Zhao X, Shoaf S E, et al. The pharmacokinetics of S-(-)equol administered as SE5-OH tablets to healthy postmenopausal women[J]. The Journal of Nutrition, 2009, 139(11): 2037-2043.

[13] Setchell K D, Cole S J. Method of defining equol-producer status and its frequency among vegetarians[J]. The Journal of Nutrition, 2006, 136(8):2188-2193.

[14] Rowland I R, Wiseman H, Sanders T A, et al. Interindividual variation in metabolism of soy isoflavones and lignans: Influence of habitual diet on equol production by the gut microflora[J]. Nutrition and Cancer, 2000, 36(1):27-32.

[15] Song K B, Atkinson C, Frankenfeld C L, et al. Prevalence of daidzein-metabolizing phenotypes differs between Caucasian and Korean American women and girls[J]. The Journal of Nutrition, 2006, 136(5):1347-1351.

[16] Xiao Y, Zhang S, Tong H, et al. Comprehensive evaluation of the role of soy and isoflavone supplementation in humans and animals over the past two decades[J]. Phytotherapy Research, 2018, 32(3):384-394.

[17] 李海亮,邓颖,王欣,等. 肠道微生物代谢产物-S-雌马酚与人类健康关系研究进展[J]. 中国微生态学杂志, 2018, 30(3): 362-367. (Li H L, Deng Y, Wang X, et al. The relationship between S-equol and human health: Research progress[J]. Chinese Journal of Microecology, 2018, 30(3):362-367.)