

基于层次分析法 (AHP) 的保健食品原料评价体系构建及分析

刘 蕊¹, 陈紫雯¹, 华桂丰¹, 王立强², 萨 翼³, 刘 昶^{2*}

1. 华中师范大学信息管理学院, 湖北 武汉 430079

2. 中国医学科学院药用植物研究所, 北京 100193

3. 国家市场监督管理总局食品审评中心, 北京 100070

摘要: 目的 建立保健食品原料评价体系 (Functional Food Crude Materials Evaluation System, FUFMES), 为保健食品原料目录排名提供科学依据与技术保障。方法 首先, 利用文献调研和多轮专家访谈方法筛选 FUFMES 的指标并确定其层级关系; 第二, 使用层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 计算指标权重, 具体方法是依据专家打分构建判断矩阵, 利用 R 语言进行一致性检验与最大特征根检验, 得出各级指标权重; 第三, 使用极值法计算原料的单个指标值; 第四, 利用线性加权综合法得到每种原料的评价指数并据此进行排名; 最后, 将获得的分析结果与专家评价结果进行比较。结果 FUFMES 包括 6 个一级指标、39 个二级指标、11 个三级指标。利用 FUFMES 对 9 种保健食品原料进行评价, 获得的评价指数依次是: 西洋参 (0.49)、人参 (0.48)、银杏叶 (0.21)、灵芝孢子粉 (0.08)、鱼油 (0.06)、螺旋藻 (0.03)、辅酶 Q10 (0.02)、褪黑素 (0.01)、大蒜油 (-0.03)。基于该评价指数的排名结果与专家评价结果显示了较高一致性。结论 构建了科学、完整的 FUFMES, FUFMES 将成为保健食品原料目录评价与排名的有力工具, 为推进保健食品原料备案制提供科学依据与技术保障。**关键词:** 保健食品; 原料; 评价体系; 层次分析法; 排名; 西洋参; 人参; 银杏叶; 灵芝孢子粉; 鱼油; 螺旋藻; 辅酶 Q10; 褪黑素; 大蒜油

中图分类号: R282.2

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2020)18-4829-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2020.18.028

Construction and analysis of evaluation system for functional food crude materials based on AHP

LIU Rui¹, CHEN Zi-wen¹, HUA Gui-feng¹, WANG Li-qiang², SA Yi³, LIU Chang²

1. School of Information Management, Central China Normal University, Wuhan 430079, China

2. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100193, China

3. Center for Food Evaluation, State Administration for Market Regulation, Beijing 100070, China

Abstract: Objective To implement an evaluation system of functional food crude materials for their ranking to support the registration policy as required by legislation. **Methods** Firstly, literature review and expert interview were used to determine the factors and their hierarchical relationships for the construction of the Functional Food Crude Materials Evaluation System (FUFMES). Secondly, the Analytic Hierarchy Process (AHP) method was used to calculate the weights of these factors. The specific method was used to construct a judgment matrix based on expert ratings, and R language was used to conduct consistency test and maximum characteristic root test was performed to obtain the weight of all levels of indicators. Thirdly, the extreme value was calculated for each factor; Fourthly, the index score and the ranking result were generated for each crude material; Lastly, the rankings obtained based on FUFMES were compared with that from the expert panel. **Results** A total of 56 factors that were important for the evaluation were identified. These factors were organized in three levels. In particular, 6, 39 and 11 of them came from the first-level, second-level and third-level, respectively. The weights of these factors were determined using the AHP method. Nine crude materials were analyzed using FUFMES to generate the following index scores: *Panax quinquefolium* (0.49), *Panax ginseng* (0.48), *Ginkgo biloba* (0.21), *Ganoderma lucidum* spore powder (0.08), fish oil (0.06), *Spirulina platensis* (0.03), Coenzyme Q10 (0.02), melatonin (0.01), garlic oil

收稿日期: 2019-12-26

基金项目: 中央高校青年学术创新团队项目 (CCNU19TD013); 保健食品原料目录研究专项课题 (GXTC-1770075)

作者简介: 刘 蕊, 副教授、硕士生导师, 从事健康大数据分析、网络用户行为研究。Tel: (027)67868316 E-mail: liuruicn@163.com

*通信作者 刘 昶, 博士, 研究员。Tel: (010)57833111 E-mail: cliu6688@yahoo.com

(-0.03). Comparison of the rankings based on FUFMES index score and those by the experts showed high degree of consistency.

Conclusion FUFMES for integrated evaluation of the functional food crude materials were successfully established. FUFMES will become an invaluable tool for the ranking and evaluation of functional food crude materials catalogue and provide scientific basis and technical guarantee for the promotion of functional food crude materials registration.

Key words: functional food; crude materials; evaluation system; AHP; ranking; *Panax quinquefolium*; *Panax ginseng*; *Ginkgo biloba*; *Ganoderma lucidum* spore powder; fish oil; *Spirulina platensis*; Coenzyme Q10; melatonin; garlic oil

保健食品是一类具有特定功能的特殊食品,除了具有一般食品的共性,还能调节人体机能,但不以治疗疾病为目的^[1]。我国保健食品原料来源广泛,《卫生部 51 号文附件 1、2》等对于保健食品原料来源做出了初步限定^[2]。2019 年颁布的《中华人民共和国食品安全法》第七十五条明确指出:“保健食品原料目录和允许保健食品声称的保健功能目录,由国务院食品安全监督管理部门会同国务院卫生行政部门、国家中医药管理部门制定、调整并公布。”制定保健食品原料目录势在必行。构建保健食品原料评价体系,对保健食品原料功能、不良反应以及保健食品研发、审评、销售、市场监管等过程中产生的关键信息进行综合评价,能够为保健食品原料目录排名提供科学依据与技术保障。

目前关于保健食品原料的评价研究多集中在对原料单一保健功能的 meta 分析,应用综合指标全面评价保健食品原料的研究尚未见报道。有少量文献涉及中医药产业^[3-9]、大健康产业^[10]、绿色产业^[11-12]评价指标体系构建,如中华中医药学会、万方等机构对中药大品种进行科技竞争力评价,构建的综合评价体系包含科技投入、科技产出、科技奖励以及其他单项等一级指标,科研项目、科研论文、知识产权、政府奖、学会奖、专利奖、国际注册、质量标准等二级指标^[3];朱文涛等^[4]采用德尔菲法进行咨询,由 20 名相关领域专家依据各指标重要性打分,筛选中药企业竞争力评价指标体系维度和指标池,经过 2 轮问卷咨询,最终形成指标体系;罗京亚等^[5]基于标准离差法与 TOPSIS 法从专利权、著作权、商标权、地理标志、中药保护、非物质文化遗产等方面入手,选取中药知识产权评价指标,并对其进行筛选,构建了由 6 个一级指标、15 个二级指标和 18 个三级指标构成的中药知识产权评价指标体系。但这些研究又多以文献资源的类型和数量作为评价依据,缺乏利用 meta 分析等手段对评价对象的质量进行深入揭示,评价体系中也没有充分考虑各层级指标的权重设定问题,在一定程度上影响

了评价结果的公平性和科学性。

在排名方法选择上,模糊综合评价、Delphi 法、数据包络法(DEA)、文献计量法、网络计量法、TOPSIS、层次分析法(Alytic Hierarchy Process, AHP)被用于产业评价、科研影响力等的排名^[4-7,13-16],其中,AHP 由于对定量数据的需求较少、间接实用、系统性强,被广泛用于管理决策领域^[16]。

本研究基于 AHP,从保健功能 meta 分析、科研项目、文献依据、标准与指南、已批准保健食品信息、产业指标等类目对保健食品原料进行综合评价与排名,构建了保健食品原料评价体系(Functional Food Crude Materials Evaluation System, FUFMES),应用该体系对 9 种保健食品原料进行综合评价,排名结果与专家评价结果存在高度一致,支持了 FUFMES 的有效性。本研究为系统分析评价保健食品原料、推进保健食品原料备案制提供了理论依据和技术手段。

1 资料与方法

1.1 数据来源

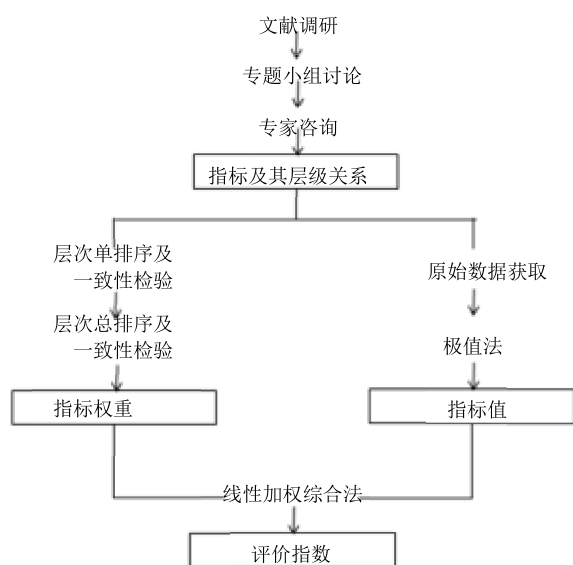
1.1.1 指标值数据来源 本研究构建的 FUFMES 包含 3 个层级 56 项指标,其数据源分别为:(1)保健功能 meta 分析:中国知识资源总库(CNKI)、中文科技期刊数据库(维普网)、PubMed、Cochrane Library,各数据库检索时间范围均为建库之日起至 2018 年 12 月;(2)科研项目:国家自然科学基金数据采集自国家自然科学基金委员会科学基金共享服务网(<http://www.nsfc.gov.cn/>),检索获得项目名称等信息;(3)文献依据:其中科研论文数据采集自 CNKI、PubMed、Web of Science,检索时间范围均为建库之日起至 2018 年 12 月;古籍数据来源为中医古籍数据库“中医 e 百”(<http://www.tcm100.com/>);(4)标准与指南:《中国药典》、中国居民参考摄入量蓝皮书;(5)已批准保健食品信息:数据来源为(前)国家食品药品监督管理总局网站。

1.1.2 测试数据来源 选择人参、西洋参、银杏叶、灵芝孢子粉、螺旋藻、鱼油、辅酶 Q10、大蒜油、

褪黑素共 9 种保健食品原料对 FUFMES 进行了测试。这 9 种保健食品原料的筛选主要依据 3 个标准：(1) 根据获得批号的保健食品产品的数量对保健食品主要原料进行降序排列，优先选择获批量大的保健食品产品原料进行综合评价；(2) 前期项目中已经完成了一部分保健食品原料功能和毒性的 meta 分析，优先选择 meta 分析结果显示有显著保健功能、无显著毒性的保健食品原料进行综合评价；(3) 管理部门相关要求。

1.2 方法

FUFMES 的构建方法及流程见图 1。



有方框的内容表示分析结果，无方框的内容表示研究方法
Squares indicate analysis results, others indicate research methodologies

图 1 FUFMES 构建方法及流程

Fig. 1 Research methodology and workflow for FUFMES

1.2.1 指标及其层级关系确定 本研究借鉴中医药产业、健康产业评价研究相关指标，参考中药大品种科技竞争力排名，从直接证据、间接证据 2 个方面梳理出 56 个指标；开展专题小组讨论结合管理部门建议，制定评价指标层级。专家咨询分为 3 轮进行：首轮专家咨询面向省内外专家进行，以电话会议与书面形式咨询来自 5 个科研院所与大学的专家学者，收集反馈意见，并将评价指标结构确定为 3 个层级；第 2 轮专家咨询共邀请 10 位行业内专家进行座谈，根据专家意见删除了原指标体系中的毒性 meta 分析结果、不良反应分析结果 2 个指标，更加突出指标体系对于原料功能的科学评价；删除知识产权与专利分析相关指标，增加二级指标“标准与

指南”，强调保健食品原料相关行业规范和国家标准的重要性。第 3 轮专家咨询按照 AHP 的一般流程，由专家形成判断矩阵，最终确定各级指标权重。

1.2.2 指标权重确定 本研究采用 AHP 确定评价体系指标权重。AHP 由美国运筹学家萨蒂教授于 20 世纪 70 年代初提出，它是指将与决策总是有关的元素分解成目标、准则、方案等层次，在此基础上进行定性和定量分析的决策方法^[15]。

(1) 层次单排序及一致性检验：首先，根据总目标确定各要素之间的相对重要关系，构建两两比较判断矩阵，第 1 个元素与第 2 个元素相比的重要性可用 1~9 赋值，依次为：1 表示同等重要；3 表示稍微重要；5 表示明显重要；7 表示强烈重要；9 表示极端重要。2、4、6、8 为上述相邻判断的中值。然后，根据判断矩阵计算各评价元素的相对重要性次序的权重，首先计算判断矩阵最大特征根 ($\lambda_{\max}$) 和其对应的经归一化后的特征向量 (W)，计算的公式为：

$$AW = \lambda_{\max} W \quad (1)$$

归一化后的特征向量 $W = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_n]^T$ 即为各评价因素对于总目标的权重。

$$W_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{w}_i} \quad (2)$$

$$\bar{w}_i = n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} \quad (3)$$

$\lambda_{\max}$ 为判断矩阵 A 的最大特征根，计算公式为：

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nw_i} \quad (4)$$

$(AW)_i$ 表示 AW 的第 i 个元素

若判断矩阵 A 中的元素具有传递性，则称 A 为一致性矩阵^[16]。但由于专家知识水平和个人偏好的影响，现实的判断矩阵难以满足一致性条件。为了保证排序结果的可信度和真实性，必须对判断矩阵进行一致性检验。判断一致性的指标为 $C.R.$ 的取值。

$$C.R. = C.I./R.I. \quad (5)$$

$$C.I. = (\lambda_{\max} - n)/(n-1) \quad (6)$$

$R.I.$ 为随机一致性指标，其值是通过多次重复进行随机判断矩阵特征值的计算后得到的。见表 1。

表 1 随机一致性指标 $R.I.$ 的取值表

Table 1 Value table of random consistency index $R.I.$

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R.I.$	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49

当 $C.R. < 0.1$ 时, 一般认为判断矩阵的一致性是可以接受的, 否则应修改矩阵使之符合要求。

(2) 层次总排序及一致性检验: 针对每个评价指标的相对重要性构建判断矩阵, 得到相对重要性权重和判断矩阵的最大特征根, 并对判断矩阵的一致性进行检验, 方法同上。最后, 计算各层次上元素的组合权重, 即层次总排序。层次总排序从上到下逐层进行, 计算二级指标权重时, 既要考虑其本身在所有次级指标中的权重, 又要考虑其高层指标在所有指标中的权重分配。Satty^[17]提出使用乘积法计算组合权重, 即将各指标的权重值与上层相对应的指标逐项相乘。对评价层次总排序结果的一致性进行检验, 其计算公式为:

$$C.I. = \sum_{i=1}^m a_i C.I._i \quad (7)$$

$C.I._i$ 为评价因素 A_i 相对应的指标层中判断矩阵的一致性指标。

$$R.I. = \sum_{i=1}^m a_i R.I._i \quad (8)$$

$R.I._i$ 为评价因素 A_i 相对应的指标层中判断矩阵的一致性指标。由此, 可以得到一致性的检验值。

当总排序结果的一致性 $C.R. < 0.1$ 时, 认为总排序结果具有满意的一致性, 若不满足一致性条件, 需要对判断矩阵进行调整。

1.2.3 指标值预处理 获得指标值的原始数据后, 由于指标各自的量纲与量级不同存在不可公度性, 需要对指标值进行无量纲化处理。无量纲化也叫做指标数据的标准化、规范化, 它是通过数学变换来消除原始指标量纲及量级影响的方法。常用的方法有标准化处理法、极值处理法、线性比例法、归一化处理法、向量规范法以及功效系数法 6 种方法^[15]。其中, 极值法将数据统一映射到 $[0,1]$ 区间, 它操作简单、应用广泛, 本研究采用极值处理法对原始数据进行无量纲化处理, 得到评价指标值。极值法的公式为

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - m_j}{M_j - m_j} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m) \quad (9)$$

$$M_j = \max_i \{x_{ij}\}; m_j = \min_i \{x_{ij}\}$$

对指标 x_j 为极小型的情况, 上式变为

$$x_{ij}^* = \frac{M_j - x_{ij}}{M_j - m_j} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m) \quad (10)$$

$x_{ij}^* \in [0,1]$, 最大值为 1, 最小值为 0

1.2.4 评价信息集结 评价信息集结就是指通过一定的数学模型将多个评价指标值合成为一个综合评价结果, 根据综合评价结果, 可以对评价对象进行

分类或排序。本研究利用线性加权综合法^[15], 按照评价指标层级自底向上的顺序, 将指标值与权重相乘, 得到保健食品原料的评价指数。

2 结果

2.1 FUFMES 评价指标与编码

FUFMES 包含的指标分为直接指标和间接指标两大类。直接指标中的一级指标为保健食品原料“保健功能 meta 分析结果”, 其下包含 27 个二级指标, 分别指保健食品的各具体保健功能; 间接指标包括 5 个一级指标, 即“科研项目”“文献依据”“标准与指南”“已批准保健食品信息”“产业指标”。其中“科研项目”包括“国家自然科学基金”“国家中药标准化项目”“国家重大新药创制单项”3 个二级指标; “文献依据”包括“科研论文”“古籍”共 2 个二级指标, “科研论文”之下包含“CNKI 论文数量”“Pubmed 论文数量”“Web of Science 论文数量”3 个三级指标; “古籍”之下包含“伤寒论”“金匱要略”“温病条辨”“本草纲目”4 个三级指标。“标准与指南”包含 5 个二级指标, 即“中国药典”“国家标准”“地方标准”“行业标准”“中国居民参考摄入量蓝皮书”; “已批准保健食品”之下无二级与三级指标; “产业指标”包含“规模”“品种”2 个二级指标, 其中, “规模”包含 3 个三级指标, 即“原料年产量”“原料年销售额”“基地数量”; 品种之下包含 1 个三级指标, 即“同一原料品种数量”。

FUFMES 评价指标与编码见表 2。

2.2 FUFMES 指标权重

使用特征值法为评价体系中指标设定权重。一级指标的权重值依据专家给出的判断矩阵 M_0 , 利用 R 语言编程进行一致性检验与最大特征根计算。

一级指标判断矩阵为:

```
M0 <- matrix(c(1,1,0.3333,0.2,1,
                1,1,0.3333,0.3333,1,
                3,3,1,0.3333,5,
                5,3,3,1,5,
                1,1,0.2,0.2,1),
              nrow=5,byrow=TRUE)
```

进行一致性检验与最大特征根计算的 R 语言程序代码为:

```
AHP <- function(A){
  if (is.matrix(A)){ #判断输入是不是矩阵
    if (nrow(A)==ncol(A)){ #判断输入是不是方阵
      RI <- c(0,0,0.52,0.89,1.11,1.25,1.35,
```

表 2 FUFMES 评价指标与编码
Table 2 Evaluation factors and codes of FUFMES

证据	一级指标	二级指标	三级指标	证据	一级指标	二级指标	三级指标
直接证据	保健功能 meta 分析结果 M ₁	增强免疫力 M ₁₁	无	直接证据	保健功能 meta 分析结果 M ₁	促进消化 M ₁₂₅	无
		辅助降血脂 M ₁₂	无			通便 M ₁₂₆	无
		辅助降血糖 M ₁₃	无			胃黏膜损伤有辅助 保护功能 M ₁₂₇	无
		抗氧化 M ₁₄	无			间接证据 科研项目 M ₂	国家自然科学基金基 金 M ₂₁
		辅助改善记忆 M ₁₅	无			国家中药标准化 项目 M ₂₂	无
		缓解视疲劳 M ₁₆	无			国家重大新药创 制单项 M ₂₃	无
		清咽 M ₁₇	无			文献依据 M ₃	科研论文 M ₃₁
		辅助降血压 M ₁₈	无				CNKI 论文数 M ₃₁₁
		促进排铅 M ₁₉	无				PubMed 论文数 M ₃₁₂
		改善睡眠 M ₁₁₀	无				Web of Science 论文 数 M ₃₁₃
		促进泌乳 M ₁₁₁	无			古籍 M ₃₂	伤寒论中出现频次 M ₃₂₁
		缓解体力疲劳 M ₁₁₂	无				金匱要略中出现频 次 M ₃₂₂
		提高缺氧耐受力 M ₁₁₃	无				温病条辨中出现频 次 M ₃₂₃
		对辐射危害有辅助保 护功能 M ₁₁₄	无			标准与指南 M ₄	本草纲目中出现频 次 M ₃₂₄
		减肥 M ₁₁₅	无			中国药典 M ₄₁	无
		改善生长发育 M ₁₁₆	无				国家标准 M ₄₂
		增加骨密度 M ₁₁₇	无				地方标准 M ₄₃
		改善营养性贫血 M ₁₁₈	无				行业标准 M ₄₄
		对化学性肝损伤的辅 助保护作用 M ₁₁₉	无				中国居民参考摄入 量蓝皮书 M ₄₅
		祛痤疮 M ₁₂₀	无			已批准保健食品 信息 M ₅	无
		祛黄褐斑 M ₁₂₁	无			产业指标 M ₆	规模 M ₆₁
		改善皮肤水份 M ₁₂₂	无				原料年产量 M ₆₁₁
		改善皮肤油份 M ₁₂₃	无				原料年销售额 M ₆₁₂
		调节肠道菌群 M ₁₂₄	无				基地数量 M ₆₁₃
						品种 M ₆₂	同一原料品种数量 M ₆₂₁

```

1.40,1.45,1.49)
lam <- as.numeric(eigen(A,symmetric=
FALSE)$values)
lamMax <- max(lam)
CI <- (lamMax-nrow(A))/(nrow(A)-1)
CR <- CI/RI[nrow(A)]
if ( CR < 0.1){ #满足一致性要求
    eigenvectors <- as.numeric (eigen (A,
symmetric= FALSE)$vectors)
    MaxEigenVector <- eigenvectors
[1:nrow(A)]
    priorities <- MaxEigenVector/
sum(MaxEigenVector)
    cat("Acceptable consistency, the
Consistency Ratio is:",CR,"\b . \n")
    cat("The priorities are: ",priorities,"\b . \n")
}
else{ #不满足一致性要求
    print("Inconsistency")
    CR
}
}
else{ #不是方阵
    print("The priorities are not square matrix")
}
else{ #不是矩阵
    print("Not a Matrix")
}
}

```

运行结果为: Acceptable consistency, the Consistency Ratio is: 0.03522376. The priorities are: 0.08700297 0.09904711 0.2679755 0.465899 0.08007543.

结果表明 M_2 科研项目指标权重为 0.087 002 97、 M_3 文献依据指标权重为 0.099 047 11、 M_4 标准与指南指标权重为 0.267 975 5、 M_5 已批准保健食品信息指标权重为 0.465 899、 M_6 产业指标权重为 0.080 075 43。通过专家咨询, 评价体系中同属于 1 个一级指标的各二级指标做等权重设计, 同属于 1 个二级指标的各三级做等权重设计, 计算得出 FUFMES 中各项指标的组合权重, 指标组合权重的计算结果见图 2。

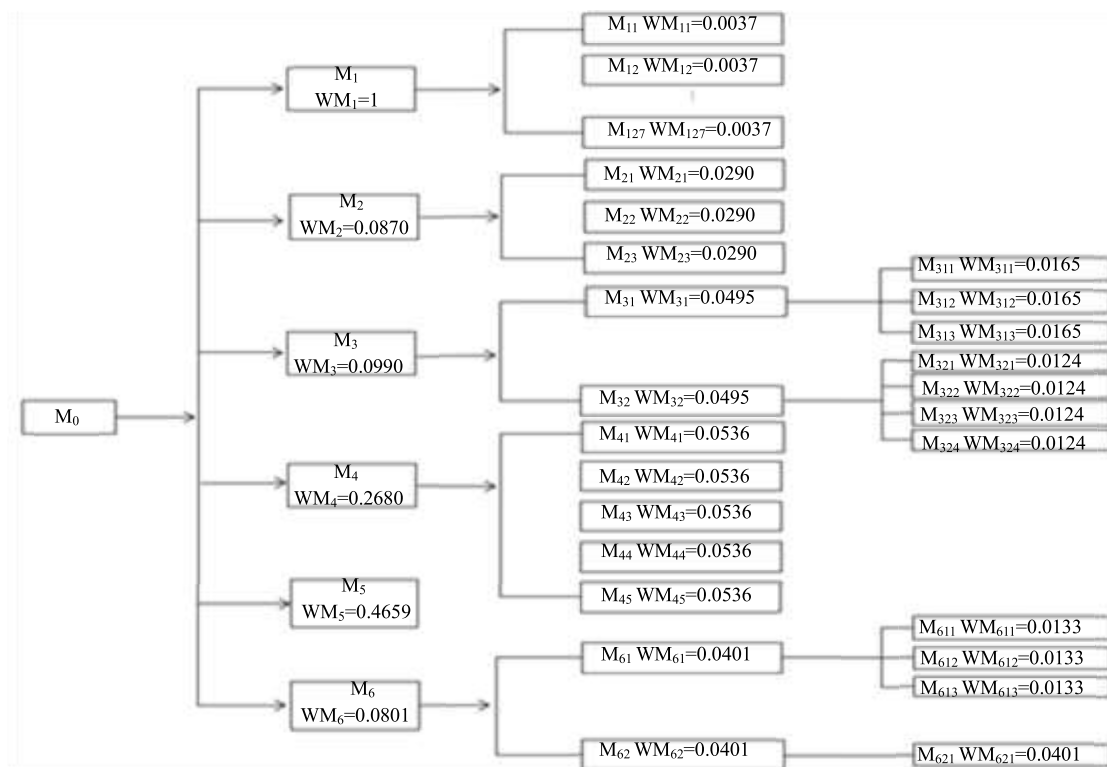


图 2 指标组合权重的计算结果

Fig. 2 Values of factor composite weights

2.3 测试数据计算结果

利用 FUFMES 针对 9 种保健食品原料收集原始数据, 采用极值处理法对原始数据进行无量纲化处理, 其中, M_{22} 、 M_{23} 、 M_{42} 、 M_{43} 、 M_{44} 、 M_{45} 、 M_{611} 、 M_{612} 、 M_{613} 、 M_{621} 由于数据缺失, 赋值为-0.1; 采用线性加权综合法计算评价指数, 公式为:

$$M_0 = M_1 \times WM_1 + M_2 \times WM_2 + M_3 \times WM_3 + M_4 \times WM_4 + M_5 \times WM_5 + M_6 \times WM_6 \quad (11)$$

最终得到西洋参评价指数为 0.497 14、人参评价指数为 0.484 57、银杏叶评价指数为 0.213 77、灵芝孢子粉评价指数为 0.083 35、鱼油评价指数为 0.063 24、螺旋藻评价指数为 0.031 25、辅酶 Q10 评价指数为 0.022 27、褪黑素评价指数为 0.008 60、大蒜油评价指数为-0.027 23。见表 3。

表 3 9 种保健食品原料指数与排名

Table 3 Evaluation index scores and ranking for nine functional food crude materials

原料	指数	排名
西洋参	0.497 14	1
人参	0.484 57	2
银杏叶	0.213 77	3
灵芝孢子粉	0.083 35	4
鱼油	0.063 24	5
螺旋藻	0.031 25	6
辅酶 Q10	0.022 27	7
褪黑素	0.008 60	8
大蒜油	-0.027 23	9

3 讨论

目前, 针对保健食品原料进行综合评价与排名的相关研究较少, 如何建立科学全面的保健食品原料评价体系仍是研究面临的重要挑战。本研究在该领域做出了有益的尝试, 提供了一种体现学科交叉、多源信息融合开展保健食品原料综合评价的创新思路。本研究借鉴管理科学领域的 AHP、融合 meta 分析、R 语言构建保健食品原料综合评价体系 FUFMES, 并通过量化分析生成保健食品原料评价指数, 实现保健食品原料排名。

按照 AHP 的标准流程, 本研究首先确立了保健食品原料评价体系 FUFMES 的 56 个评价指标及其层级; 接着, 利用 R 语言编程, 对评价指标判断矩阵进行一致性检验与最大特征根求解, 得到

FUFMES 中的各个指标权重并计算指标组合权重; 然后以 9 种保健食品原料为例, 利用多个数据源获取评价指标相关原始数据, 并对原始数据进行极值处理, 对于缺失数据暂以-0.1 赋值; 最后, 利用线性加权综合法对评价信息集结, 计算保健食品原料的评价指数。依照该方法对于 9 种保健食品原料进行综合评价的结果显示, 排名位列前 3 的是西洋参、人参、银杏叶, 该结果经管理部门组织专家评价, 与前期工作得出的保健食品原料评价结果存在高度一致性。

本研究为保健食品原料评价提供了宝贵的原始数据, 研究结论可为管理部门分批次发布保健食品原料目录提供决策依据。研究建立的评价体系与方法不仅适用于大批量保健食品原料的评价与排名, 也对中药材品种评价提供了有益参考, 基于科学数据分析, 可为中药材种植、质量控制、市场开发、临床应用等提供决策支持。

本研究的局限性在于: (1) FUFMES 以保健食品原料的保健功能 meta 分析结果为直接证据, 但相关中文文献质量不高, 对研究设计方案、随机方法等缺少详细的描述, 纳入文献在报道实验结果时采用的结局指标也不尽相同, 这种不一致性造成了统计上的困难与误差; (2) FUFMES 中的间接证据旨在从项目、论文、标准、产业规模等多方面对于保健食品原料进行综合描述, 然而标准、产业相关数据获取难度较大, 在本研究中并未纳入统计; (3) 指标赋权方法单一。大批量保健食品原料的评价需要行业专家、管理部门进行多轮综合评议, 该应用场景更适宜采用多属性群决策。多属性群决策可以采用聚类、神经网络等方法对于属性权重和专家权重进行赋值, 针对专家群体、根据属性指标对方案进行整体评价和排序。

综上所述, 下一步的工作需要提高保健功能 meta 分析结果质量、遴选准确权威的评价指标数据源; 利用群决策方法进行专家赋权与属性赋权, 以适应于多人决策应用场景; 开发自动化保健食品原料评价软件, 自动计算评价指数, 满足大批量多品种保健食品原料的评价需求。

参考文献

- [1] 国家市场监督管理总局. GB16740-97 保健(功能)食品通用标准 [S/OL]. (1997-02-28) [2018-12-05]. <http://dbpub.cnki.net/grid2008/dbpub/detail.aspx?dbcode=SCSF&dbn=SCSF&filename=SCSF00027289&uid=WEEvREdx>

- OWJmbC9oM1NjYkdwUIVZM3B0U3JSNk9XK05RW
XplZTA1N0tLRHU=R1yZ0H6jyaa0en3RxVUd8df-oHi7
XMMD07mtKT6mSmEvTuk11l2gFA.
- [2] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 卫生部关于进一步规范保健食品原料管理的通知 [S/OL]. (2002-02-28) [2019-08-05]. <http://www.nhc.gov.cn/xxgk/pages/viewdocument.jsp?dispatchDate=&staticUrl=/zwgkzt/wsbyjsj/200810/38057.shtml&wenhao=%E6%97%A0&utitle=%E5%8D%AB%E7%94%9F%E9%83%A8%E5%85%B3%E4%BA%8E%E8%BF%9B%E4%B8%80%E6%AD%A5%E8%A7%84%E8%8C%83%E4%BF%9D%E5%81%A5%E9%A3%9F%E5%93%81%E5%8E%9F%E6%96%99%E7%AE%A1%E7%90%86%E7%9A%84%E9%80%9A%E7%9F%A5&topic=&publishedOrg=%E9%A3%9F%E5%93%81%E5%AE%89%E5%85%A8%E7%BB%BC%E5%90%88%E5%8D%8F%E8%B0%83%E4%B8%8E%E5%8D%AB%E7%94%9F%E7%9B%91%E7%9D%A3%E5%B1%80&indexNum=000013610/2002-01896&manuscriptId=38057>.
- [3] 李 耿, 李振坤, 郭宇博, 等. 中药大品种科技竞争力报告(2018版)概要 [J]. 中国现代中药, 2019, 21(1): 1-19.
- [4] 朱文涛, 张丽丽, 张金鹏, 等. 运用德尔菲法构建上市中药企业竞争力评价指标体系 [J]. 中国中医药信息杂志, 2015, 22(8): 26-30.
- [5] 罗京亚, 罗爱静, 谢文照, 等. 基于标准离差法与TOPSIS法的中药知识产权评价体系的构建 [J]. 中华医学图书情报杂志, 2015, 24(5): 2-6.
- [6] 李宝军. 供应链视角下甘肃定西中药材产业竞争力提升研究 [D]. 兰州: 兰州交通大学, 2014.
- [7] 黎元元, 谢雁鸣, 付莹坤. 基于AHP-模糊神经网络法建立中药上市后风险评价指标体系的研究方法 [J]. 中国中药杂志, 2011, 36(20): 2828-2830.
- [8] 邹 洲, 高凤清. 中药产业竞争力评价研究述评 [J]. 现代商业, 2014(11): 187-188.
- [9] 董 玲, 孙 裕, 裴纹萱, 等. 基于全程质量控制理念的中药标准化体系研究思路探讨 [J]. 中国中药杂志, 2017, 42(23): 4481-4487.
- [10] 周戈耀, 田海玉, 陈文佼, 等. 基于大健康的医药产业发展能力评价指标体系构建初探 [J]. 贵州医科大学学报, 2017, 42(6): 666-673.
- [11] 石宝峰, 迟国泰. 基于信息含量最大的绿色产业评价指标筛选模型及应用 [J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(7): 1799-1810.
- [12] 张 玉, 穆璐璐, 赵 玉. 区域绿色产业发展的评价与对策研究 [J]. 生态经济, 2017, 33(9): 41-44.
- [13] 刘念才. 世界一流大学: 特征, 排名, 建设 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2007.
- [14] 邱均平, 马 凤. 中国高校在建设世界一流大学过程中的进步与问题 [J]. 中国高教研究, 2012(1): 17-22.
- [15] 赵蓉英, 陈必坤, 邱均平. 2012年中国高校创新指数的评价与分析 [J]. 评价与管理, 2012(3): 31-35.
- [16] 郭亚军. 综合评价理论方法及拓展 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [17] Saaty T L. Theory of the analytic hierarchy process. Part 2.1 [J]. *Oper Res*, 2003, 46(4): 491-502.