

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.04.011

杨文光, 汪晶晶, 张蓓. 粮食安全视角下食用植物油产业发展现状、挑战与前景展望[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(4): 91-97.

YANG W G, WANG J J, ZHANG B. Development status, challenges, and prospects of edible vegetable oil industry from the perspective of food security[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(4): 91-97.

粮食安全视角下食用植物油产业发展现状、挑战与前景展望

杨文光¹, 汪晶晶², 张蓓¹✉(1. 新疆科技学院, 新疆 库尔勒 841000;
2. 新疆农业大学 经济管理学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 食用植物油产业发展关系到粮食安全与人们的生活质量。采用文献调查法对食用植物油产业政策环境、经济环境等进行分析, 以此为基础对食用植物油产量规模、销售数量、品牌竞争等进行梳理。根据 2013—2022 年食用植物油产量数据, 采用 GM(1,1) 模型对未来五年食用植物油产量进行预测。结果显示, 未来食用植物油产量会出现下降趋势, 但国内市场存在着超大规模市场优势, 产业未来整体发展平稳。分析认为未来食用植物油产业可能面临消费者需求减量化、需求结构多元化和市场主体竞争复杂化等市场挑战。研究建议, 一是企业需要注重食用油产品营养健康, 确保食品质量安全, 满足消费者健康生活需求。二是企业应当进行产品创新, 开发新型油脂产品, 实现高品质、轻量化, 打造新消费场景。三是瞄准利基消费者市场, 积极拓展食用油市场空间, 稳定中小企业市场规模, 从而促进食用植物油产业高质量发展。

关键词: 粮食安全; 食用植物油; 市场挑战; 前景展望

中图分类号: TS22 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2024)04-0091-07

网络首发时间: 2024-07-02 09:29:55

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20240701.1541.013>

Development Status, Challenges, and Prospects of Edible Vegetable Oil Industry from the Perspective of Food Security

YANG Wen-guang¹, WANG Jing-jing², ZHANG Bei¹✉

(1. Xinjiang University of Science and Technology, Korla, Xinjiang 841000, China;

2. School of Economics and Administration, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: The development of edible vegetable oil is related to food security and people's quality of life. Literature research method was adopted in this research to analyze the policy and economic environments of edible vegetable oil industry, and on this basis, production scale, sales quantity and brand competition of

收稿日期: 2023-12-29

基金项目: 国家自然科学基金项目 (72003163)

Supported by: National Natural Science Foundation of China (No.72003163)

作者简介: 杨文光, 男, 1994 年出生, 硕士, 讲师, 研究方向为产业结构与发展。Email: 1178162158@qq.com

通信作者: 张蓓, 女, 1992 年出生, 硕士, 助理研究员, 研究方向为产业政策与管理。Email: ky12345693@163.com

edible vegetable oil were sorted out. According to the production data of edible vegetable oil from 2013 to 2022, the GM (1,1) model was used to forecast the yields of edible vegetable oil in the next five years. The results revealed that the output of edible vegetable oil will decline in the future. There was a super-large market advantage in the domestic market, and the overall development of edible vegetable oil industry will be stable in the future. It is concluded that the edible vegetable oil industry may face market challenges such as consumer demand reduction, demand structure diversification and complex competition of market players in the future. The study suggested that, first, enterprises need to pay attention to the nutrition and health of edible oil products, which could ensure food quality and safety, and meet the needs of consumers for a healthy life. Second, enterprises should carry out product innovation to develop new oil products with high quality as well as lightweight, and create a new consumption scene. Third, by targeting the niche consumer market, actively expanding the market space of edible oil and stabilizing the market scale of small and medium-sized enterprises, could promote the high-quality development of the edible vegetable oil industry.

Key words: food security; edible vegetable oil; market challenges; prospects

2015 年中央农村工作会议上正式提出大食物观概念, 2022 年 10 月, 党的二十大报告提出要树立大食物观, 构建多元化食物供给体系。2023 年中央一号文件再次提出构建多元化食物供给体系, 明确要求深入推进大豆和油料产能提升工程。食用油产业在粮食安全战略中具有重要作用, 食用油按照油脂原料划分, 可以分为植物油、动物油和微生物油脂。根据居民消费情况来看, 目前食用植物油仍然是消费的主要类型, 其次是动物油和微生物油脂。国内食用植物油类型以大豆油、菜籽油为主, 约占居民消费总需求的 29.60%。食用油产业在社会经济发展与技术革新双重因素驱动下市场格局不断变化, 由定量供应转向充足供应^[1], 由一般植物油脂产品供应转向精制食用植物油品类供应, 除大豆油与菜籽油外, 市场中玉米油、稻米油、葡萄籽油等产品也较为常见^[2]。消费者对食用植物油产品日益增长的需求不仅体现在数量上^[3], 而且体现在产品类型上、产品质量上, 对食用植物油产业未来发展提出了新要求^[4]。在食用植物油产业未来发展过程中会受到产业政策的影响, 如何科学制定产业政策则需要从发展现状分析基础上展开。研究首先基于文献调查法对产业政策环境、经济环境等进行梳理, 从而食用植物油产业发展现状。结合具体事例探讨当前市场主要挑战, 采用 GM (1,1) 灰色预测模型对食用植物油未来产量进行预测, 从而对粮油产业安全相关政策制定及调整提供可借鉴的科学依据。

1 食用植物油产业发展环境分析

1.1 食用植物油产业政策环境

食用植物油产业政策环境随着居民生活需要的变化以及供给结构的调整, 关注的侧重点具有动态调整。通过查询农业部等政府部门、中国粮油学会、中国植物油行业协会等官方网站以及中国油脂网, 查询到与食用植物油产业政策文件 12 个, 时间跨度为 2007 年 9 月—2023 年 1 月。通过政策分析发现, 油料生产与油料作物种植始终是各部门关注的重点, 对食用植物油产业的支持不仅体现在数量上, 对食用植物油产业的发展质量也尤为关注。

1.2 食用植物油产业经济环境

食用植物油产业的发展与经济环境密切相关, 根据食用植物油表观消费量统计结果显示, 2015—2021 年食用植物油的表观需求量分别为 7 559.4、7 584.4、6 794.4、5 845.1、6 547.7、6 628.5、6 092.5 万 t, 从食用植物油的表观消费趋势来看, 食用植物油消费数量整体呈现下降趋势。

2 食用植物油产业发展现状分析

2.1 食用植物油产量规模变化

根据食用植物油产量规模来看, 2015—2021 年食用植物油产量分别为 6 734.3、6 907.54、6 071.82、4 940.43、5 421.76、5 476.22、4 973.11、4 881.90 万 t。精制植物食用油从 2016 年以来整体产量规模处于下

降趋势,其中降幅较大的为 2017—2018 年。精制植物食用油产量规模的下降,一是由于植物食用油产业在经历了快速扩张以后油脂加工行业面临产能过剩问题,二是油脂行业市场进入了健康消费阶段,消费者倾向于低油低脂营养摄入^[5]。

2.2 食用油消费数量变化情况

根据国家统计局数据显示,2015—2021 年居民人均食用油消费量分别为 10.6、10.6、10.4、9.6、9.5、10.4、10.8 kg,从食用油消费数量来看,居民食用油消费量基本保持稳定,在 2016—2019 年居民食用油消费数量有下降趋势,2020—2021 年居民人均食用油消费量有所回升,整体基本保持平稳状态。

2.3 食用植物油销售数量情况

根据数据整理结果显示,2016—2020 年植物食用油销量分别为 6 574、5 853、4 858、5 221、4 109 万 t。植物食用油销量整体呈现下降趋势,从植物食用油销量下降原因来看,一是受到植物食用油产量规模下降的影响,整体销售数量呈现下降态势。二是受到植物食用油消费理念的影响,随着人们对健康生活品质的追求,健康饮食成为消费者的关注点,餐厅规模油脂消费数量减少,家庭消费中少油、少盐、控糖的饮食习惯在一定程度上对植物食用油的销量具有影响。

2.4 食用植物油品牌竞争情况

双循环新发展格局下国内国外双重供给,国内消费者食用油需求数量基本满足。在产品同质化竞争日益凸显的市场环境下,品牌建设成为缓解产品同质化竞争的重要措施。2023 年 4 月 18 日中国北京 - 品牌评级权威机构 Chnbrand 发布 2023 年(第十三届)中国品牌力指数 SM(C-BPI®)品牌排名和分析报告。分析报告显示,11 个品牌入围中国品牌力指数 SM(C-BPI®)品牌排名榜单,品牌评价得分排序依次为金龙鱼、鲁花、福临门、多力、胡姬花、香满园、刀唛、长寿花、西王、厨邦、道道全。

3 食用植物油产业发展前景预测分析

3.1 数据来源

食用植物油产业发展前景预测数据主要来源于国家统计局官方数据查询网站 2013—2022 年

的年度统计数据,如表 1 所示。

表 1 2013—2022 食用植物油产量数据
Table 1 Data on edible vegetable oil production from 2013 to 2022

年份	产量/万 t	增长率/%
2013	5 590.55	
2014	6 534.10	16.88
2015	6 734.30	3.06
2016	6 907.54	2.57
2017	6 071.82	-12.10
2018	4 940.43	-18.63
2019	5 421.76	9.74
2020	5 476.22	1.00
2021	4 973.11	-9.19
2022	4 881.90	-1.83

数据来源:国家统计局。

Data Source: National Bureau of Statistics.

3.2 食用植物油产量 GM(1,1)模型构建

灰色系统理论由华中科技大学邓聚龙教授首次提出^[6],是结合少量不确定数据进行预测的重要方法,是处于白色系统和黑色系统两者之间的过渡系统^[7]。由于在食用植物油产业发展过程中,虽然有大量的确定信息,也存在着大量的不确定信息。确定信息包括人口数量、人均食用油消费量等,不确定信息包括消费者食用油消费偏好、食用油进出口及技术变化等,影响对食用油产量的有效预测,因此基于灰色系统理论进行预测较为合理。GM(1,1)模型是由单变量一阶微分方程构成,适用于对某一重要因素或者特征进行未来发展动态的预测,应用领域包括卫生医药^[8]、旅游^[9]、财务^[10]、供应链^[11]等。食用植物油 GM(1,1)模型构建有以下步骤:

一是建立非负时间序列, $X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$ 即

$$X^{(0)} = \{5\ 590.55, 6\ 534.10, 6\ 734.30, 6\ 907.54, 6\ 071.82, 4\ 940.43, 5\ 421.76, 5\ 476.22, 4\ 973.11, 4\ 881.90\}$$

通过平移转换,在原始值基础上加入平移转换值 6 907,后续计算预测值时同时减去平移转换值。

$$X^{(0)} = \{12\ 498.55, 13\ 442.10, 13\ 642.30, 13\ 815.54, 12\ 979.82, 11\ 848.43, 12\ 329.76, 12\ 384.22, 11\ 881.11,$$

11 789.90}, 平移转换后的数据级比检验值均在标准范围区间 [0.831,1.199] 内, 数据适合进行 GM(1,1)模型构建。对数据 $X^{(0)}$ 做一次累加, 得到 1-AGO 序列:

$$x^{(1)}(k) = \sum_{m=1}^k x^{(0)}(m), \quad k = (1,2,\dots,n)$$

$X^{(1)} = \{12\ 498.55, 25\ 940.65, 39\ 582.95, 53\ 398.49, 66\ 378.31, 78\ 226.74, 90\ 556.5, 102\ 940.72, 114\ 821.83, 126\ 611.73\}$

$X^{(1)}$ 均值处理, 生成 $X^{(1)}$ 紧邻均值生成序列:

$$Z^{(1)}(k) = \frac{1}{2}[(x^{(1)}(k) + (x^{(1)}(k-1))), \quad k = 2,3,\dots,n$$

$Z^{(1)} = \{19\ 219.6, 32\ 761.8, 46\ 490.72, 59\ 888.4, 74\ 300.72, 88\ 411.72, 102\ 322.72, 116\ 033.72, 130\ 045.72, 144\ 057.72\}$ 定

义 GM(1,1)模型对应的灰色微分方程为:

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$$

二是建立累加矩阵 B 与常数项向量 Y_N 。

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2)1 \\ -z^{(1)}(3)1 \\ \vdots \\ -z^{(1)}(n)1 \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} X^{(1)}(1) \\ X^{(1)}(2) \\ \vdots \\ X^{(1)}(n) \end{bmatrix}$$

三是采用最小二乘法解灰参数, 最小二乘估计参数列满足 $\hat{a} = (a, b)^T = (B, B)^{-1}B^T Y$ 代入数值得出 $a=0.020\ 3, b=14\ 126.594\ 6$ 。四是将灰参数代入时间参数。预测值模型为:

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = 14\ 014.64e^{-0.020\ 3k}, \quad \text{五是对 } X^{(1)}$$

求导还原。六是计算相对误差, 通过数据分析, 均方根误差 RMSE 为 372.865 4, 均方误差 MSE 为 139 028.603 7, 平均绝对误差 MAE 为 269.934 1, 平均绝对百分比误差 MAPE 为 0.047 0。通过数据分析, 模型相对误差值最大值 0.165<0.2, 表明模型拟合效果达到要求。级比偏差值最大值 0.162<0.2, 表明模型拟合效果达到要求, 详见表 2。

表 2 GM(1,1)模型检验表
Table 2 GM(1,1) Model Test

年份	原始值	预测值	残差	相对误差/%	级比偏差
2013	5 590.55	5 590.55	0.000 0	0.000 0	—
2014	6 534.10	6 824.84	-290.741 0	4.450 0	0.162 0
2015	6 734.30	6 548.76	185.545 0	2.755 0	0.049 0
2016	6 907.54	6 278.22	629.321 0	9.111 0	0.045 0
2017	6 071.82	6 013.12	58.698 0	0.967 0	-0.115 0
2018	4 940.43	5 753.36	-812.925 0	16.455 0	-0.204 0
2019	5 421.76	5 498.81	-77.050 0	1.421 0	0.107 0
2020	5 476.22	5 249.38	226.838 0	4.142 0	0.030 0
2021	4 973.11	5 004.97	-31.859 0	0.641 0	-0.079 0
2022	4 881.90	4 765.47	116.430 0	2.385 0	0.002 0

七是进行关联度检验、残差检验、后验差检验^[12]。食用植物油产量 GM(1,1)模型, 精度等级主要根据后验差比 C 和小误差概率 P 值来进行确定, 确定标准如表 3 所示。

通过食用植物油产量 GM(1,1)模型构建后得到发展系数 a, 灰色作用量 b, 以及后验比 C 值和小误差概率 P 值, 如表 4 所示。后验差比 C 值 0.238<0.35, 表明模型精度等级好。同时小误差概率 P 值为 0.800<0.95, 表明模型精度合格。

表 3 模型精度等级标准

模型精度等级	后验差比 C 值	小误差概率 P 值
好	$C < 0.35$	$P > 0.95$
合格	$0.35 \leq C < 0.5$	$0.8 \leq P < 0.95$
勉强合格	$0.5 \leq C < 0.65$	$0.7 \leq P < 0.8$
不合格	$C \geq 0.65$	$P < 0.70$

表 4 模型构建结果

发展系数 a	灰色作用量 b	后验差比 C 值	小误差概率 P 值
0.020 3	14 126.594 6	0.238 4	0.800

3.3 食用植物油产量 GM(1,1)预测分析

经过食用植物油产量 GM(1,1)模型预测见表 5, 得到 2023—2027 年五年的预测值。根据历史数据变动趋势分析, 未来食用植物油产量会进一步呈现下降趋势, 但食用油消费结构调整完成后, 食用油的产量也将处于平稳状态。

表 5 模型预测值表格
Table 5 Model prediction values

年份	预测值/万 t
2023	4 530.79
2024	4 300.82
2025	4 075.48
2026	3 854.66
2027	3 638.29

4 食用植物油产业发展面临主要挑战

4.1 消费者需求数量减量化

随着消费者健康食品消费理念的不断提升, 消费者对食用植物油的需求逐渐从数量消费转向品质消费。根据《中国居民膳食指南(2022)》推荐成人每日的烹调油的摄入量约为 25~30 g^[13], 即每位成人要在当前食用烹调油摄入量的基础上减少 15 g。无论是家庭消费场景还是餐厅消费场景, 低油低脂成为消费者选择菜品时的重要考量因素, 同时各部门均在宣传严禁食用油的餐饮浪费, 提高食用油的自给率。在人口数量约束条件下, 消费者对食用植物油消费需求呈现减量化趋势, 需求驱动食用植物油产能增长动力减弱。

4.2 消费者需求结构多元化

在消费者对食用植物油需求量减量的同时, 消费结构的多元化也是重要特征。食用油消费结构的多元化, 一是表现在消费者对功能性植物油的需求上升, 包括天然功能性油脂和制备型功能性油脂两种类型, 制备型功能性油脂包括中长链脂肪酸食用油和甘油二酯油。二是表现在新兴油种市场的快速兴起。根据天猫新品创新中心×天猫食品×有谋信息联合发布的《2022 年食用油行业趋势白皮书》, 新兴油种占到食用油消费市场的 8%, 新兴油种中市场占有率排名靠前的包括山茶油、亚麻籽油、稻米油、椰子油、核桃油、红花

籽油、葡萄籽油、牛油果油, 市场占有率分别占食用油市场的 3.50%、1.74%、1.19%、1.06%、0.40%、0.22%、0.16%、0.03%。三是消费场景的改变, 在消费过程中关注热词包括“少油烟”、“高烟点”、“省时间”、“健康生活”等。

4.3 市场主体竞争复杂化

食用植物油产业中企业数量不断增加, 2023 年 11 月在爱企查平台查询关键词“食用油”, 显示记录数据为 261 083 家, 包括食用油加工企业和食用油的经销企业, 其中一年内注册的企业数量为 5 167 家, 说明食用油行业的企业数量仍然处于快速增长阶段。根据华经产业研究院报告数据显示, 2022 年食用植物油行业规模以上企业 1 564 家, 工业生产总值 10 211.40 亿元, 资产 5 508 亿元, 行业销售收入 9 694.60 亿元, 利润总额 308.8 亿元。从市场竞争角度来看, 2022 年国内食用油规模较大的 3 家企业 CR3 行业集中度达到 61%, 其中益海嘉里金龙鱼粮油食品股份有限公司市场份额达到 39%, 其次是中粮集团、鲁花集团。行业龙头企业主要面临的是国际企业的竞争, 例如包括阿奇尔丹尼基米德兰公司、邦吉、嘉吉、路易达孚等在内的四大粮商, 均在国际市场拓展食用油业务版图。国内中小企业快速发展也是竞争复杂化的重要原因, 除了常规食用植物油, 高端品类、小包装的食用植物油溢价明显, 例如稻米油、葡萄籽油等新兴油品受到消费者追捧, 成为众多中小企业竞争的热点。

5 结论及对策建议

5.1 结论

食用植物油产业是粮食安全战略的重要构成, 随着食用油消费进入健康生活阶段, 食用植物油的消费由数量消费转向品质消费, 食用植物油的生产和销售都将处于调整期, 但国内市场存在着超大规模市场优势, 国内食用植物油行业集中度较高, 且政府部门不断提供政策支持, 因此食用植物油行业将整体保持平稳。从食用植物油的市场竞争来看, 常规的食用植物油品类短期内仍然处于龙头企业主导的竞争格局, 在新兴的食用植物油市场中龙头企业较少, 也是中小企业竞

争较为集中的领域。从产品角度来看,高品质、轻量化、无油烟、便捷化、场景化等成为消费者关注的热点,也是食用植物油产品实现品牌溢价,食用植物油企业实现业绩增长的关键点。

综合来看,食用植物油产业发展的决定性因素是需求,食用植物油企业应当紧密结合消费者需求,尤其是青年消费者需求,进行食用植物油产品技术研发,不断创新食用植物油品类,增加消费者产品购买总价值,降低消费者购买总成本,提高消费者的感知价值,促进食用植物油企业的可持续发展。

5.2 对策建议

在双循环新发展格局下食用植物油行业未来的发展充满机遇与挑战,研究认为食用植物油企业在发展过程中应当从品质提升、产品创新和利基市场开发驱动产业发展。

第一,食用油品质提升是满足消费者日益增长需求的根本路径。在传统的食用植物油消费基础上,随着消费者收入水平的提升,消费者对高端的食用植物油产品需求规模不断扩大,且消费意愿和支付能力同步提升。因此,消费者对食用植物油的需求虽然呈现减量化趋势,但整体食用植物油行业产值处于增加趋势,决定性因素是能否提供满足消费者对高品质食用油的需求。根据《扩大内需战略规划纲要(2022—2035年)》等政策目标,食用植物油企业在生产过程中,应当注重食用植物油营养提升。市场监管部门应当发挥主体作用,确保食用植物油产品质量安全,以人民健康生活为中心,实现健康与经济社会良性协调发展。

第二,产品创新是实现食用植物油供给多元化的关键。当前消费者对食用植物油的需求是多元化的,除了对新兴食用植物油的需求外,功能性油脂的需求也较多,企业应当从产品研发入手,充分挖掘消费者食用植物油的需求点,结合消费者年龄、职业、消费场景特征,创新食用植物油产品,合理开发高端油脂产品。匹配恰当的营销组合策略,包括包装创新、品牌创新、动态定价、供应链优化等,促进食用植物油产品的销售。

第三,利基市场开发是获得新增长点的关键。

利基市场是高度细分的消费者市场,利基市场在行业内部不容易受到关注。同时因为消费者普遍存在少量差异化需求,因此在超大市场规模优势下,利基市场也将成为容量巨大的消费市场,能够成为促进产业发展的重要领域。

参考文献:

- [1] 马云倩,李淞淋.营养视角下中国近60年来居民食用植物油消费状况研究[J].中国油脂,2020,45(2):3-9.
MA Y, LI S Y. Consumption status of edible vegetable oil in China in the past six decades in the view of nutrition[J]. China Oils and Fats, 2020, 45(2): 3-9.
- [2] 孟佳,方晓璞,史宣明,等.我国核桃产业发展现状、问题与建议[J].中国油脂,2023,48(1):84-86+103.
MENG J, FANG X P, SHI X M, et al. Situation, problems and suggestions on the development of walnut industry in China[J]. China Oils and Fats, 2023, 48(1): 84-86+103.
- [3] 张婧好,许本波,郑家喜.我国食用植物油消费变化分析及改革对策[J].中国油脂,2022,47(3):5-10.
ZHANG J Y, XU B B, ZHENG J X. Analysis on consumption changes and reform countermeasures of edible vegetable oil in China[J]. China Oils and Fats, 2022, 47(3): 5-10.
- [4] 狄强,刘渝阳.食品安全视角下的我国食用植物油安全保障体系构建[J].农村经济,2021(10):27-34.
DI Q, LIU Y Y. Construction of safety guarantee system for edible vegetable oil in China from the perspective of food safety[J]. Rural Economy, 2021(10): 27-34.
- [5] 曹娜,夏飞.我国核桃油产业创新发展机遇、挑战与实现路径[J].中国油脂,2023,48(10):6-10.
CAO N, XIA F. Opportunities, challenge and implementation paths for innovation driven development of walnut oil industry in China[J]. China Oils and Fats, 2023, 48(10): 6-10.
- [6] 邓聚龙.灰色系统理论教程[M].武汉:华中理工大学出版社,1990,5-21.
DENG J L. Grey system theory tutorial[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 1990, 5-21.
- [7] 丁海峰,高凯,罗娟,等.基于GM(1,1)灰色预测模型的我国民营医院发展趋势预测[J].医学与社会,2021,34(3):1-6.
DING H F, GAO K, LUO J, et al. Prediction of the development trend of private hospitals in China based on the GM(1,1)[J]. Medicine and Society, 2021, 34(3): 1-6.
- [8] 鲍晓露,向国春,史卢少博,等.基于灰色GM(1,1)-SVM组合模型的广东省卫生总费用预测研究[J].现代预防医学,2022,49(5):856-859.
BAO X L, XIANG G C, SHI L S, et al. Prediction of total health expenditure in Guangdong, based on GM(1, 1)-SVM Combination Model[J]. Modern Preventive Medicine, 2022, 49(5): 856-859.

- [9] 徐美, 刘春腊, 李丹, 等. 基于改进 TOPSIS-灰色 GM(1,1)模型的张家界市旅游生态安全动态预警[J]. 应用生态学报, 2017, 28(11): 3731-3739.
- XU M, LIU C L, LI D, et al. Tourism ecological security early warning of Zhangjiajie, China based on the improved TOPSIS method and the Grey GM(1,1) model[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2017, 28(11): 3731-3739.
- [10] 张玉双, 吴竹南. 家电制造企业产品质量保证费用估计——基于线性-灰色 GM(1,1)模型[J]. 会计之友, 2018(20): 145-147.
- ZHANG Y S, WU Z N. Product quality assurance cost estimation for home appliance manufacturing enterprises: Based on linear Grey GM(1,1) model[J]. Friends of Accounting, 2018(20): 145-147.
- [11] 汪芸芳, 史意, 陈丽华. 基于 BP 神经网络及灰色 GM(1,1)模型的服装供应链第三方库存预测应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2020, 50(3): 277-285.
- WANG Y F, SHI Y, CHEN L H. Application research of third party inventory forecasting in garment supply chain based on BP neural network and Grey GM(1,1) model[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2020, 50(3): 277-285.
- [12] 王硕, 林秀蔚, 王保印, 等. 基于灰色 GM(1,1)模型的我国肉类产量预测分析[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2023, 35(4): 39-44.
- WANG S, LIN X W, WANG B Y, et al. Prediction and analysis of meat yield based on grey GM(1,1) model[J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2023, 35(4): 39-44.
- [13] 曹清明, 王蔚婕, 张琳, 等. 中国居民平衡膳食模式的践行——《中国居民膳食指南(2022)》解读[J]. 食品与机械, 2022, 38(6): 22-29.
- CAO Q M, WANG W J, ZHANG L, et al. The practice of balanced diet model for Chinese residents: Interpretation of dietary guidelines for Chinese residents(2022)[J]. Food & Machinery, 2022, 38(6): 22-29. 完