

教育部工程研究中心年度报告

(2024年1月——2024年12月)

工程中心名称：蜂产品加工与应用

所属技术领域：农林牧渔

工程中心主任：苏松坤

工程中心联系人/联系电话：聂红毅/15705902721

依托单位名称：福建农林大学

2025 年 3 月 25 日填报

一、技术攻关与创新情况

本中心立足福建农林大学蜂学、畜牧、食品科学学科专业，以共建单位、实践基地——福建省神蜂科技发展有限公司为成果转化主阵地，服务国家和区域蜂业、绿色农业、健康产业技术革新、人才培养和可持续发展。针对制约蜂产业、绿色农业、健康产业稳健发展和蜂产品加工与应用领域存在的科学问题，紧紧围绕蜂产品加工技术及设备创新与应用、蜂产品活性组分研究及开发利用、蜂产品优质高效生产技术研发及应用三个研究方向开展工作。在蜂产品优质高效生产技术研发方面取得新突破，培育蜜蜂优质高产优良蜂种并在全中国范围内推广应用，研发蜜蜂优质高产抗病抗螨繁育技术，推广到浙江、福建、江西、河南、云南、江苏、广东等地。在蜂产品活性组分研究及开发利用方面取得新进展，发现了蜂花粉、蜂王浆、蜂毒、蜂胶的新功能及其活性成分，开发出保护人类健康的新产品。

1、五味子蜂花粉抑制肝癌HepG2细胞的增殖和迁移

本研究采用MTT法、形态学观察和划痕实验评价五味子蜂花粉提取物对HepG2细胞增殖和迁移的影响。此外，采用TMT定量蛋白质组学技术研究其作用机制。并通过RT-qPCR验证相关基因的mRNA表达水平。结果证实五味子蜂花粉提取物主要通过调节铁死亡、Wnt、肝细胞癌和黏着斑信号通路抑制肝癌HepG2细胞的增殖和迁移，为五味子蜂花粉辅助治疗肝癌提供了科学依据。

2、蜂毒促进吉非替尼对非小细胞肺癌细胞增殖、迁移和侵袭的抑制作用

本研究发现蜂毒显著抑制了非小细胞肺癌PC-9和NCI-H1299细胞的增殖，但对人类正常肺上皮BEAS-2B细胞没有产生明显的毒性。蜂毒可以通过EGFR介导的自噬促进吉非替尼对非小细胞肺癌细胞增殖、迁移和侵袭的抑制，与吉非替尼联用时显示出协同抗非小细胞肺癌的潜力。

3、五种蜂花粉乙醇提取物的多酚组成和抗氧化、抗酪氨酸酶和抗黑色素生成活性

本研究测定了五种蜂花粉乙醇提取物（EEBPs）的多酚组成和抗氧化、抗酪氨酸酶和抗黑色素生成活性。向日葵EEBP对黑色素生成的抑制作用高于其他物种的EEBPs。研究结果为未来皮肤美白原料的工业开发提供了依据。

4、蜂胶乙醇提取物对皮肤鳞状细胞癌A431细胞的潜在抗肿瘤机制

蜂胶乙醇提取物（EEP）组细胞与对照组细胞之间存在多条京都基因与基因组百科全书（KEGG）通路显著差异，其抑制机制尚不明确。KEGG富集结果显示，EEP通过类固醇激素合成和亚油酸代谢通路显著抑制A431细胞增殖。这些发现可能为开发治疗皮肤鳞状细胞癌的靶向疗法提供有价值的见解。

5、10-HDA对SU-DHL-2细胞的抗肿瘤作用及其潜在机制

本研究评估了 10-HDA 对 SU-DHL-2 细胞系的影响，结果表明补体和凝血级联途径可能在 10-HDA 的抗肿瘤过程中发挥关键作用，提示这可能是淋巴瘤治疗的一种潜在治疗途径。然而，10-HDA 对 SU-DHL-2 细胞作用的特异性值得进一步研究。

6、蜂产品质量安全检测及技术开发

建立了蜂蜡以及蜂蜜中双酚类环境污染物的高灵敏检测方

法，在此基础上对双酚类污染物在蜂产品中的残留现状进行了广泛的监测，并对其在蜂产品中的降解行为进行了系统研究。针对蜂蜜植物源鉴别以及蜂产品中的污染物快速检测，项目组分别开发了快速显色阵列判别方法，以及纸基快速样品前处理方法。

7、蜂王浆中MRJP3-C113促进伤口愈合

我们前期研究发现，MRJP2、3、7混合组分具有促伤口愈合潜力。在此基础上，我们对MRJP2、3、7进行同源结构预测和结构分析，发现MRJP3 C端由113个氨基酸构成的蛋白片段（MRJP3-C113）具有特殊结构，因此以该片段为研究对象，利用人胚肾上皮细胞（HEK-293F）将其与人免疫球蛋白Fc片段进行重组表达，获得重组蛋白MRJP3-C113-Fc。CCK-8、细胞划痕和Transwell实验显示，该重组蛋白能显著促进HaCaT细胞的增殖和迁移。蛋白抑制剂及Western blotting实验发现该重组蛋白通过激活EGFR/AKT/mTOR信号通路发挥促伤口愈合作用。进一步结合蛋白质组学、RNA干扰等实验，发现MRJP3-C113-Fc可通过上调RHBDF以介导EGFR/AKT/mTOR信号通路的激活，从而促进HaCaT细胞增殖和迁移。在小鼠全层皮肤缺损伤口模型中，MRJP3-C113-Fc可减轻炎症反应、增强小鼠伤口部位皮肤的胶原蛋白形成，经其治疗的小鼠伤口愈合率显著提高。以上研究表明，MRJP3-C113片段能通过激活RHBDF介导的EGFR/AKT/mTOR信号通路促进体内外伤口愈合。

二、成果转化与行业贡献

（一）总体情况

本中心研发蜂产品优质高效生产关键技术、蜂产品活性组

分制备与高值化利用技术和蜂产品精深加工与设备创新技术等，攻克了蜜蜂产品优质高效生产关键核心技术，为国家现代农业产业（蜜蜂）技术体系重点工程实施方面做出了重要贡献，极大提高了本中心的研发能力和行业引导作用。在教育部、省教育厅和学校的大力支持下，我们将科技成果很好地在福建省神蜂科技发展有限公司（平台创始人缪晓青教授创办的企业）转化落地，开发了具有过滤功能的蜂蜜加热装置以及千臻牌蜂胶软胶囊。同时，不断对蜂蜜系列、蜂毒系列、蜂胶系列、蜂王浆系列产品进行升级优化，2024年产值达3550万元。

同时，平台积极加强与浙江江山健康蜂业有限公司研发研发蜂毒多肽透皮贴剂、蜂王浆冻干口腔速溶粉、蜂胶基医用敷料，并对品牌产品进行升级；联合云南中蜂蜂业有限公司研发高原黑蜂胶缓释胶囊、蜂蜜发酵益生菌饮品、蜂蜡基可降解包装材料、蜂胶深加工技术与包装创新以及特色蜂蜜产品开发；加大与杭州和蜂园保健品有限公司研发力度，相继开发出了蜂王浆肽口服液、蜂蜡基透皮贴片，开发了蜂胶类新产品，如蜂胶膳食补充剂、含药物糖果等；联合厦门思健生物科技有限公司研将超临界流体萃取技术和微胶囊与纳米技术应用与蜂产品加工与制备，同时也研发了思健牌系列维生素与矿物质软胶囊。本中心联合浙江长兴意蜂科技有限公司研发了通过优化冻干工艺，采用先进的低温真空冻干技术，精准控制温度与压力，将蜂王浆中多种活性酶（如王浆酸脱氢酶、超氧化物歧化酶等）的活性保留率从原来的 70% 提升至 90% 以上。同时，在配方中创新性地添加了具有协同增效作用的天然植物提取物，如枸杞多糖、蓝莓花青素等。经实验验证，该产品在增强免疫力

、抗氧化等方面效果显著提升。为迎合消费者对口味多样化的需求，研发团队深入研究蜂蜜与各类天然食材的搭配。经过多次调配与口感测试，推出了三款特色风味蜂蜜，分别是桂花龙井蜂蜜、玫瑰蔓越莓蜂蜜、陈皮生姜蜂蜜。。江西益精蜂具有限公司、浙江长兴意蜂蜂业有限公司、安徽省王巢食品有限公司、福建龙岩市石燎阁蜂业有限公司、浙江福赐德生物有限公司等的合作与工程化应用，研发生产新产品，取得良好的经济效益、社会效益和生态效益。

（二）工程化案例

（一）蜂产品优质高效生产关键技术研发与应用推广

1.1 蜜蜂优质高产抗病育种技术研发与应用推广

本中心采用蜜蜂闭锁群体育种方法，以蜂王浆优质高产抗白垚病为目标，从浙江杭州、长兴、平湖、萧山、慈溪、桐庐、兰溪、龙游、江山、新昌和德清11个不同血统的蜂场，选择蜂王浆产量高、品质好、没有白垚病发病史的蜂群作为育种素材，分别培育雄蜂和处女王，采用自然隔离交尾和蜜蜂人工授精技术，后期结合分子辅助选育技术，注重抗白垚病经济性状和蜂王浆优质高产性状的选育，兼顾蜂群繁殖速度和蜂蜜产量性状的考察选育，2024年，该蜂种已从第26继代培育至第27继代蜂群，向浙江、河南、江苏、安徽、云南、北京、福建、湖北、山东、重庆、四川、陕西、蒙古、广西、山西等提供优良蜂王388只，采用良种良法技术，培育优良后代蜂王2万多只，优良蜂种试验示范2万多群，推广应用5万多群，产生良好的经济社会效益。2023年度，本岗位在浙江、江西、宁夏、河南、福建、四川、陕西、广西、江苏、山西、云南等省

为蜂产业相关的蜂农、农技人员等总计2312人次，开展蜜蜂抗病育种技术培训，提高蜂农培育优良抗病蜂种的技术水平，帮助他们解决实际生产中面临的养蜂技术问题，指导蜂农树立正确的蜜蜂健康饲养理念。

1.2 蜜蜂行为抗螨的分子育种及其机制研究

探究东、西方蜜蜂在5、7、9、11、13和15日龄对清理行为强、弱程度的影响，发现东方蜜蜂清理行为强、弱与日龄密切相关，存在极显著差异；其中，9日龄的东方蜜蜂工蜂强清理率最高，与其他日龄工蜂相比清理行为强、弱程度存在极显著差异。而西方蜜蜂的6个日龄之间的清理行为强、弱程度差异不显著。选择9日龄的两种蜜蜂进行3分钟强、弱清理行为比较。发现东方蜜蜂针对瓦螨的强、弱清理行为在开始清理时间和清理次数上都比西方蜜蜂强；尤其是强清理行为，东方蜜蜂和西方蜜蜂的强清理次数存在极显著差异。

以9日龄东方蜜蜂强、弱清理行为工蜂脑部为样本，鉴定到10个已知的DEmiRNAs，其中miR-143-y、miR-1-z、miR-486-x、miR-126-y和miR-99-z在强清理的工蜂脑部上调表达，而miR-281-y、miR-3732-y、miR-375-y和miR-281-x下调表达。选择miR-375-y和miR-126-y进行qPCR验证，结果基本与测序相符。对DEmiRNAs的靶基因进行GO注释，有1558条GO terms显著性富集，前20条主要富集在神经元发育和信号传导；进行KEGG通路注释，有44个通路显著富集，前20条主要富集在神经系统相关的多巴胺能突触、突触小泡周期、胆碱能突触，以及信号传导相关的MAPK信号通路、钙信号通路、Wnt信号通路。

在9日龄西方蜜蜂的工蜂脑部则鉴定出12个已知

DEmiRNAs ($FDR < 0.05$)，它们在强清理的工蜂脑部皆下调表达。差异表达量在前五的miRNAs分别是ame-miR-12-5p、ame-miR-3477-5p、ame-miR-10-5p、ame-miR-375-3p和ame-miR-263a-5p。选择miR-10-y、miR-281-x、ame-miR-1-3p、ame-miR-9a-5p和ame-miR-9a-5p进行qPCR验证，趋势基本与测序结果相符合。对DEmiRNAs的靶基因进行GO数据库注释，结果显示有193个GO terms显著性富集 ($Q < 0.01$)，前20条主要富集在生物学的调控、信号传导和酶活性。进行KEGG通路注释，结果显示有114个通路显著富集 ($Q < 0.01$)，前20条主要富集在内分泌系统，神经系统相关的多巴胺能突触、胆碱能突触和突触小泡周期通路，以及与信号传导相关的钙信号通路、MAPK信号通路，Wnt信号通路。

西方蜜蜂脑部生物胺的测定发现，章鱼胺在强、弱清理行为的蜜蜂脑部存在显著差异，随后给弱清理行为的蜜蜂局部使用章鱼胺发现，从第一次反应时间和梳理强度跟对照相比显著变化。接下来，通过之前研究发现，mircoRNA在强、弱清理行为工蜂脑部存在显著差异，通过筛选跟章鱼胺合成有关的靶基因对应的mircoRNA，通过双荧光素酶，RNAi，液相高效色谱，western blot，qPCR等方法验证，从而揭示了一种通过控制章鱼胺合成来调控蜜蜂对狄斯瓦螨清理行为的mircoRNA，未来将有望在蜜蜂抗螨育种中应用或成为抗螨蜜蜂有效的分子靶点。

1.3 中华蜜蜂抗中囊病的分子机制研究

通过限王产卵的方法准确获得2日龄的中华蜜蜂幼虫，接种已制备的CSBV病毒，并在实验室人工饲养，每天进行表型观察和

数据统计。统计分析对照组发病率为0，处理组发病率79%，这结果可以证明幼虫已被CSBV侵染。图2-2为对照组与实验组的生存曲线，对照组与实验组比较分析，存在显著性差异（ $p < 0.0001$ ）。通过代谢组学分析，在对照组（CK）与易感组（S）之间共检测到10822种代谢物，差异代谢物为8272种，其中上调差异代谢物为3883，下调代谢差异物为4389种；在对照组（CK）与抗性组（R）之间共检测到18022种代谢物，差异代谢物为4208种，其中上调差异代谢物为708，下调代谢差异物为3500种；在易感组（S）与抗性组（R）之间共检测到10822种代谢物，差异代谢物为6046种，其中上调差异代谢物为1432，下调代谢差异物为4614种。

韦恩图(Venn)是用于显示元素集合重叠区域的图表，展示各组差异代谢物之间的关系。韦恩图显示这三个比较组之间共有的差异代谢物101个；CK组与R组比较时，特有的差异代谢物有150个；CK组与S组比较时，特有的差异代谢物有305个；S组与R组比较时，特有的差异代谢物有126个。

利用 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 法计算各个基因在S组R组样本中的相对表达量。以actin在各样本中的表达量为对照，对所筛选的差异基因进行相对定量分析。利用SPSS软件进行分析，用Duncan法分析显著性差异，用GraphPad 8.0绘制图形。中囊病病毒侵染东方蜜蜂幼虫后，测定其肠道免疫基因表达，如表图2-11 所示，S组与 R组相比Abaecin、Defensin-1、PGRP-LC、Relish、CSBV均显著上调表达（ $P < 0.05$ ）；Defensin-2、GNBP1-1、PGRP-S3、VGNM无显著差异。在对照组和被CSBV感染的幼虫之间发现了抗氧化酶活性的显著差异。对照组和被CSBV感染的幼虫肠道中的SOD、CAT活性、GST活性的

测定结果。对照组幼虫的肠道中所有三种酶的比活性均显著高于被CSBV感染的幼虫的肠道。

1.4 蜜蜂C2587245T位点C型雄蜂幼虫抵抗球囊菌的分子机制

蜜蜂白垩病是由蜜蜂球囊菌*Ascosphaera apis*感染蜜蜂幼虫而引起的一种真菌性疾病。该病针对幼虫发病，会造成幼虫在预蛹期死亡，严重影响蜜蜂群势和生产力。随着分子技术的快速发展，目前已经筛选出跟蜜蜂幼虫抗白垩病相关的SNP位点，并在工蜂个体上初步探究了蜜蜂抗白垩病的分子机制，但是目前关于雄蜂幼虫抗白垩病的研究缺失，由于雄蜂单倍体的生物学特性，其相关免疫机制可能与工蜂存在差异。因此本研究通过SNP位点C2587245T得到不同基因型的雄蜂幼虫进行白垩病的抗病能力验证，利用转录组测序技术对抗病雄蜂和感病雄蜂的肠道和血淋巴的基因表达谱进行深入研究，探究雄蜂幼虫抗白垩病的分子机制，为白垩病的防治提供理论依据。

根据幼虫存活率曲线可知，饲喂无菌水的对照组中，由于未接种病原，所以因球囊菌死亡个体数为0，其存活率一直为100%；C和T基因型雄蜂幼虫之间存活率从接种蜜蜂球囊菌后3 d时开始出现差异，随后差异在接种后6 d时达到最大值。C和T基因型雄蜂幼虫在接种后3-10 d发病率具有极其显著差异($P<0.0001$)，其中在接种后6 d时差异达到最大，T基因型雄蜂幼虫在接种后3 d时开始出现发病个体，发病占比为6.63%，接种后6 d时发病个体占比达到55.61%。相比之下，C基因型雄蜂幼虫在接种后5 d时才开始出现发病个体，发病个体占比1.02%，到接种后6 d时其发病率为7.14%。

接种球囊菌后，抗性雄蜂幼虫的肠道基因表达与未接种的雄蜂幼虫相比（M-C vs C-M），有1145个基因发生变化；易感雄蜂幼虫接种后的肠道基因表达与未接种的雄蜂幼虫相比（M-T vs C-M），有1154个基因表达发生变化。根据差异基因火山图，发现抗病雄蜂个体和感病雄蜂个体在接种球囊菌后下调的差异基因数目全都多于上调的差异基因。其中抗病个体中208个DEGs表现为上调，937个DEGs表现为下调，感病个体中253个DEGs表现为上调，901个DEGs表现为下调。通过韦恩图可以看出，接种后的抗性雄蜂个体肠道中的1145个DEGs中，有476个DEGs是接种后抗性个体肠道中所特有的。

接种球囊菌后，抗性雄蜂幼虫个体血淋巴与未接种的雄蜂幼虫个体血淋巴相比（H-C vs C-H），有720个基因发生变化，接种后的易感雄蜂幼虫个体血淋巴与未接种的雄蜂幼虫个体血淋巴相比（H-T vs C-H），有336个基因表达发生变化。根据差异基因火山图，发现抗病个体血淋巴和感病个体血淋巴在接种球囊菌后下调基因数目都远远多于上调基因数目。其中抗病个体中583个DEGs表现为下调，137个DEGs表现为上调。感病个体中237个DEGs表现为下调，99个DEGs表现为上调。通过韦恩图可以看出，在接种后的抗性个体血淋巴差异的720个DEGs中，有492个DEGs是抗性个体血淋巴中特有的。在感病个体血淋巴中336个DEGs中，有108个DEGs是感病个体血淋巴中所特有的，有228个DEGs是在共同差异基因。

抗性个体肠道和对照组由1145个差异基因，抗病个体血淋巴和对照组相比由720个差异基因，抗病个体肠道和血淋巴中共有差异基因有129个。通过差异基因热图可以看出，由19个体基因在

接种后肠道和血淋巴中均显著上调。对这129个共有基因进行GO注释、共有96个基因富集到了48个GO term上，其中生物学过程有24个，细胞过程有15个和分子功能过程有9个，在生物过程中，单一生物过程、细胞过程、代谢过程、生物调节和调节生物过程等方面发生了富集。在细胞组分方面，细胞组分、细胞、细胞膜、细胞器和细胞膜组分等被富集。在分子功能方面，结合和催化活性等功能富集。进一步分析发现，这129个共同差异基因中，与Toll和Imd信号通路有关的3个基因在接种后抗性个体和血淋巴中均显著上调：protein toll (724703)、coagulation factor X (725124) 和NF-kappa-B inhibitor cactus 1 isoform X1 (412703)；与AMPK通路相关的四个基因在接种后抗性个体和血淋巴中有显著差异：filamin-A (410171)，protein eiger-like isoform X1 (725245)，voltage-dependent T-type calcium channel subunit alpha-1G (551883)，heat shock protein Hsp70Ab-like (410620)。

1.5 蜂王浆高产性状相关分子标记的筛选与验证

本研究采用的样本来自我国油菜花期江苏盐城的一个蜂王浆高产蜂场和一个蜂王浆低产蜂场，首先针对高产和低产蜂场的各120群西方蜜蜂蜂群，按照标准的蜂王浆测定方法，记录蜂群的蜂王浆产量。按照蜂王浆产量从高到低排序，选择蜂王浆高产蜂群的前100群，选择蜂王浆低产蜂群的后100群。通过对100个蜂王浆高产蜂群和100个蜂王浆低产蜂群的蜂王浆产量测定以及统计分析，蜂王浆高产和低产蜂群的平均王浆产量分别为243.38g和77.90g。

将质量合格的样品进行文库构建、测序，对测序数据进行数据质量控制和处理。在获得蜂王浆高低产每个样本质控后的高质量测序数据后，利用Samtools检测获得SNPs，并通过VCFtools软件进行过滤以确保SNPs的高质量过滤掉最小等位基因频率 <0.05 的位点以及样本缺失率 $>30\%$ 的位点。通过 $\theta \pi$ Ratio分析方法初步筛选出20个与蜂王浆高产性状相关的SNPs。对采集蜂王浆高、低产西方蜜蜂样本通过PCR和DNA测序技术对初步筛选的SNPs进行验证，筛选出NC_037641.1_10806386 和NC_037641.1_10806436，作为蜂王浆产量性状相关的SNPs标记。

将质量合格的样品进行文库构建，进行双端测序，对测序数据进行数据质量控制和处理。在获得蜂王浆高低产每个样本质控后的高质量测序数据后，利用Samtools检测获得InDels，并通过VCFtools软件进行过滤以确保InDels的高质量过滤掉最小等位基因频率 <0.05 的位点以及样本缺失率 $>30\%$ 的位点。通过 $\theta \pi$ Ratio分析方法初步筛选出10个与王浆高产性状相关的InDels。对采集蜂王浆高、低产西方蜜蜂样本通过PCR和DNA测序技术对初步筛选的InDels进行验证，筛选出NC_037647.1_8674876，作为蜂王浆产量性状相关的插入标记。

利用SNPs鉴别蜂群蜂王浆高产性状。根据从该蜂群中随机收集的工蜂个体在SNP标记（NC_037641.1_10806386）出现T等位基因的频率PT和出现C等位基因的频率PC之间是否存在显著差异鉴别蜂群蜂王浆高产性状，其中当蜂群的T等位基因频率PT显著大于C等位基因频率PC时，此蜂群为蜂王浆高产蜂群；根据SNP标记（NC_037641.1_10806436）出现T等位基因的频率PT和G等位基因的

频率PG之间是否存在显著差异鉴别蜂群蜂王浆高产性状，当蜂群的T等位基因频率PT显著大于G等位基因频率PG时，此蜂群为蜂王浆高产蜂群。

1.6 建立和完善《蜜蜂优质高产高效生产技术》

为了解决宁夏固原中蜂蜜质量不高且产量低的问题，中心成员按照党中央闽宁协作的指示精神，在福建省委和学校、学院统一部署下，多次深入固原市和泾源县了解当地养蜂现状及存在的问题。2024年度，继续推广浅继箱蜜蜂健康高效养殖3000多群，蜂农直接增收200多万元，累计推广浅继箱13000群以上，蜂农累计直接增收6000多万元，真正实现了提质增效，得到固原市委和学校主要领导的肯定。2023年，中心人员徐国钧等先后4次深入宁夏进行培训和现场指导，举办大型培训班2次（3期），对固原市和泾源县中蜂产业链专业技术人才和实用人才进行技术提升培训，培训内容为优质蜂蜜的生产技术、真假蜂产品鉴别中华蜜蜂科学饲养及生物学基础、蜂产品安全生产与营销策略、蜂产品成分与鉴别等方面进行专题培训，为泾源县中蜂养殖、生产加工、蜂产品质量安全、产品营销等关键环节进行分析、讲解和答疑解惑；培训期间，还深入固原市部分标准化示范蜂场，从蜜粉源植物实际分布、蜂群管理情况、蜂蜜质量、良种繁育等方面进行实地调研和现场指导，共培训各类人员596人次；努力实现“绿水青山就是金山银山”，得到校地主要领导的肯定和鼓励。

1.7 成果工程化转化

2024年，蜂产品优质高效生产技术应用用于长兴意蜂蜂业科技有限公司、浙江福赐德生物科技有限公司、安徽省王巢食品有限

公司、上饶市益精蜂具有限公司和龙岩市石燎阁蜂业有限公司等，新增产值分别750万、1417.8万、2465万、1975万和876万，累计新增产值7483.8万元；新增利润分别为75.3万、243.2万、3040万、604万和243万，累计新增利润4205.5万元。

（二）蜂产品活性组分研究与高值化开发利用

2.1 蜂王浆酶解产物多肽CMKI-21能促进伤口愈合和抗皮肤光老化

我们从蜂王浆酶解产物中鉴定到一条多肽CMKI-21。CCK-8、细胞划痕和Transwell实验显示，该多肽能显著促进HaCaT细胞的增殖和迁移；在UVB辐照诱导的HaCaT细胞光老化模型中，该多肽显著提高了HaCaT细胞活性，表现出良好的细胞保护作用。在小鼠全层皮肤缺损伤口模型中，经CMKI-21治疗的小鼠伤口愈合率显著提高；在小鼠皮肤光老化模型中，该多肽显著改善了小鼠皮肤颜色偏红，晒斑、干燥和脱屑等光损伤特征，表现出良好的抗皮肤光老化效果。以上研究表明，蜂王浆多肽CMKI-21能促进伤口愈合和抗皮肤光老化。相关成果已提交申请发明专利。

2.2 10-HDA对SU-DHL-2细胞的抗肿瘤作用及潜在机制

10-羟基-2-癸烯酸（10-HDA）是一种由工蜂为幼虫和成年蜂王分泌的蜂王浆中一种生物活性脂肪酸，因其在医药和营养领域的双重应用而备受关注。研究表明，10-HDA对包括结肠癌细胞、A549人肺癌细胞和人肝癌细胞的多种肿瘤细胞系具有抗肿瘤作用。本研究将这一研究扩展到淋巴瘤领域，特别评估了10-HDA对SU-DHL-2细胞系的影响。研究结果显示，10-HDA以剂量依赖的方式抑制SU-DHL-2细胞的存活，在细胞密度为 3×10^6 个细胞/孔的条件下，24小时后的IC₅₀值为496.8 $\mu\text{g/mL}$ 。对于正常肝细胞L02和人成

纤维细胞HSFs, IC₅₀值分别约为1000 $\mu\text{g/mL}$ 和超过1000 $\mu\text{g/mL}$ 。非靶向蛋白质组学结果显示, 147种上调蛋白和347种下调蛋白显著富集于补体和凝血级联通路(调整后p值=0.012), 其中包括差异表达的前凝血酶、纤溶酶原、纤溶酶原、羧肽酶B2、纤维蛋白原 β 链、纤维蛋白原 γ 链和凝血因子V。通过蛋白质-蛋白质相互作用(PPI)分析, 确定了前三大枢纽蛋白: 核糖体蛋白L5、肿瘤蛋白p53和核糖体蛋白L24。这一结果表明, 补体和凝血级联通路可能在10-HDA的抗肿瘤过程中起关键作用, 为淋巴瘤治疗提供了潜在的治疗途径。然而, 10-HDA对SU-DHL-2细胞的特异性作用仍需进一步研究。

2.3 蜂胶抗皮肤鳞状细胞癌A431细胞的潜在抗肿瘤机制研究

蜂胶是由蜜蜂(*Apis mellifera*)通过采集植物树脂并与其上腭腺和蜡腺分泌物混合而成的粘性物质。蜂胶能够抑制肿瘤的侵袭和转移, 从而减少肿瘤细胞的增殖并诱导细胞凋亡。前期研究表明, 蜂胶对皮肤鳞状细胞癌A431细胞具有抑制作用。然而, 由于蜂胶乙醇提取物(EEP)组与对照组细胞之间存在许多显著不同的KEGG通路, 其抑制机制尚不明确。在本研究中, 通过超高效液相色谱-串联质谱(UHPLC-MS/MS)进行的非靶向代谢组学分析, 分别确定了EEP的主要成分及其在IC₅₀为29.04 $\mu\text{g/mL}$ 时的抗肿瘤机制。结果显示, EEP中含有43种多酚类成分, 并在EEP处理组与溶剂对照组之间鉴定出1052种代谢物, 其中160种代谢物显著上调, 143种显著下调。KEGG富集分析表明, EEP主要通过类固醇激素生物合成和亚油酸代谢通路显著抑制A431细胞的增殖。这些发现可能为开发针对皮肤鳞状细胞癌的靶向治疗提供有价值的见解。

2.4 蜂胶对紫外线诱导的过敏性皮炎的治疗潜力

蜂胶具有多种药理学特性，包括抗菌、抗炎、抗氧化、免疫调节和伤口愈合活性。本研究通过结合网络药理学与体外实验验证的综合方法，探讨了蜂胶对紫外线（UV）诱导的过敏性皮炎的治疗机制。蜂胶成分的作用靶点通过PubChem、EMBL-EBI和SEA Search Server数据库进行筛选，而特应性皮炎及相关过敏性疾病的相关靶点则从GeneCards中提取。筛选出蜂胶成分与UV诱导的皮炎之间的重叠靶点，并进行GO富集分析和KEGG通路富集分析。通过使用对HSF细胞的ELISA实验进一步验证了关键靶点。结果显示，蜂胶与UV诱导的过敏性皮炎之间存在28个重叠靶点。GO富集分析结果显示，共有1246个生物功能条目、52个细胞组分条目和98个分子功能条目。KEGG通路富集分析获得了110条信号通路。蛋白质-蛋白质相互作用（PPI）网络显示，TNF、NFKB1、MMP-9和IL-2是核心蛋白。ELISA实验证实，蜂胶以剂量依赖的方式降低了UV诱导的HSF细胞过敏性皮炎中MMP-9和IL-2的水平。本研究表明，蜂胶通过多靶点和多通路的协同调节，展示了其在缓解炎症和促进UV过敏性皮炎修复中的潜在作用，为后续机制研究和药物开发提供了重要的理论基础。

2.5 研究成果转化

本中心研发的蜂产品活性组分制备与高值化开发利用技术在杭州和蜂园保健品有限公司、浙江江山健康蜂业有限公司实现工程化转化，研发生产蜂王浆冻干粉、蜂胶牙膏、蜂王浆香皂、脱蛋白蜂王浆、酶解蜂王浆冻干粉、水溶性蜂胶粉等多种新产品。新增产值8650万元，利税 330.6万元。在该研究方向上，本中心承担了

国家蜂产业技术体系岗位科学家项目2项，福建省科技厅项目5项，福建省自然科学基金2项，横向研发项目18项，发表国内外期刊论文15篇，授权发明专利2项、实用新型专利5项，申请发明专利5项。

（三）蜂产品精深加工与设备创新技术工程化应用

3.1 蜂花粉开发皮肤美白产品的应用

蜂花粉是一种营养丰富的食品，被用于开发皮肤美白原料。方法：测定了五种蜂花粉乙醇提取物（EEBPs）的多酚成分及其抗氧化、抗酪氨酸酶和抗黑色素生成活性。结果：这些EEBPs中共鉴定出121种酚类化合物。每种蜂花粉均含有特异成分。向日葵EEBP表现出最佳的抗黑色素生成活性，在25 $\mu\text{g/mL}$ 浓度下抑制率约为25%。EEBPs的抗黑色素生成活性从高到低依次为向日葵、杏花、茶花、油菜和荷花。B16F10细胞中的抗黑色素生成活性与抗酪氨酸酶活性和总酚含量呈正相关，相关系数分别为0.987和0.940。非靶向蛋白质组学的KEGG富集分析结果显示，向日葵EEBP通过降低参与cAMP、MAPK和TNF信号通路的MAP2K1、NFKB2、RELB、RPS6KA3、CASP3、TRAF6、MAP2K5、MAPKAPK3、STRADA、CCNA2和FASN蛋白的表达来抑制B16F10细胞中的黑素生成，尽管这些通路与对照组相比无显著差异。结论：向日葵EEBP比其他种类的EEBP具有较好抑制黑色素生成的效果。

3.2 气喷纺丝法制备蜂胶纳米纤维膜及其促伤口愈合应用研究

糖尿病患者一旦出现伤口，很容易形成慢性炎症，难以愈合。选择合适的治疗方法来促进糖尿病伤口愈合已成为全球医疗体系面临的重大挑战。本研究采用气喷纺丝法制备蜂胶纳米纤维膜

，并探讨其在促进伤口愈合中的应用。通过红外光谱（FTIR）、扫描电子显微镜（SEM）、水接触角（WCA）、热重（TGA）等方法研究了蜂胶纳米纤维的形貌。结果表明，随着蜂胶含量从0%增加至25%时，蜂胶纳米纤维膜的直径从0.89 nm增加到1.38 nm；蜂胶纳米纤维膜也出现了从疏水性（128.76°）向亲水性（86.60°）的转变；添加蜂胶后能够增加纳米纤维膜的热稳定性。体外实验结果表明蜂胶浓度为5%~20%时，纳米纤维膜显著促进人皮肤成纤维细胞（HSFs）增殖果。蜂胶纳米纤维膜对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌表现出良好的抑菌性。与对照组相比，蜂胶纳米纤维膜能显著加快糖尿病大鼠伤口的愈合速率，并与蜂胶浓度呈现出量效关系。同时，蜂胶纳米纤维膜可有效减少炎症细胞浸润并促进组织结构的重建和肉芽组织的生成。蜂胶纳米纤维膜具有良好的抗菌性和生物相容性，能够有效促进伤口愈合，具有广阔的临床应用前景。

3.3 研究成果转化

神蜂科技研制生产多种产品：神蜂精和特种蜂蜜、蜂王浆胶囊、蜂胶胶囊、蜂胶口喷、蜂胶软膏、药准字蜂蜜、蜂胶牙膏、沐浴露、洗发露、蜂蜜香皂等，还有正在研发的抗癌新药——宝元灵等。本中心研发的蜂产品精深加工与设备创新技术在北京天宝康高新技术开发有限公司、湖北蜂之宝蜂业有限公司、上海冠生园蜂制品有限公司、北京蜂业有限公司、等实现工程化应用，推出多种新产品，新增产值8500万元，利税2630万元。

在该研究方向上，本中心承担国家蜂产业技术体系岗位科学家2项，福建省自然科学基金5项、横向科研项目6项，发表国际权威期刊论文15篇，授权发明专利5项、实用新型专利5项，研发

上市新产品3个，申请发明专利4项。

（三）行业服务情况

（1）加强与神蜂科技发展有限公司蜂产品功能性和新产品研发

福建省神蜂科技发展有限公司是福建农林大学产学研和科技成果转化基地，长期与农大蜂疗所开展技术合作，共建了天然生物毒素国家地方联合工程实验室、蜂产品加工与应用教育部研究中心等多个国家和省级科研公共平台，专业从事蜂产品和蜂疗制品的研究开发、生产和销售，涉及药品、保健食品和食品多个领域。拥有养蜂基地、20000多 现代GMP生产车间、先进的检测加工设备，是一家集蜜蜂养殖、科研、蜂疗（临床）、生产、销售为一体的高新技术企业、全国蜂产品行业龙头企业和福建省农业产业化省级重点龙头企业。研发了“神蜂精”等系列高新产品，产出一系列成果，取得了较好的社会经济效益及行业影响力。福建蜂疗医院利用神蜂精刮疗、蜂针疗法、蜂产品疗法结合中医针灸理疗等方法，临床治疗腰椎间盘突出症、颈椎病、类风湿性关节炎、强直性脊柱炎、肩周炎、肌肉劳损、关节扭伤、缓解退行性改变、带状疱疹、失眠、高血压、糖尿病、高血脂、痛风、恶性肿瘤等多种疾病，取得较好的社会经济效益。

2024年度，本中心与对接服务企业福建省神蜂科技发展有限公司开发了便携式蜂蜜成分快速检测仪和AI蜂群健康监测系统。新研发了蜂毒肽靶向制剂以及蜂王浆冻干空腔速溶片，同时，不断对蜂蜜系列、蜂毒系列、蜂胶系列、蜂王浆系列产品进行升级优化。

（2）联合浙江江山健康蜂业有限公司研发新产品

浙江江山健康蜂业有限公司是浙西地区以蜂产品为主的大型专业化企业，是一家集蜜蜂育种与养殖、蜂产品采购、深加工、产品研发与贸易的全产业链企业。是国家蜂业标准化示范企业、国家出口蜂产品质量安全示范区、国家农民专业合作社示范社、国家高新技术企业、浙江省农业龙头企业、浙江省知名商号、浙江省农村电子商务龙头企业、浙江省农业科技企业、浙江省4A级电子商务企业、衢州市级电子商务示范企业、江山市级电子商务示范企业。

2024年度，本中心联合该公司研发蜂毒多肽透皮贴剂、蜂王浆冻干口腔速溶粉、蜂胶基医用敷料；同时，提供优良蜂种和蜂王浆新产品开发技术服务，协助浙江江山健康蜂业有限公司开发出多个新产品，如蜂蜜保健贴等，在各大电商平台上进行销售，特别是直播渠道抖音和视频号得到了很多年轻人的青睐，产品使用便捷；联合研发开发了高标准的蜂王浆冻干粉（癸烯酸6%），市场前景广泛。

（3）联合云南中蜂蜂业有限公司研发新产品

云南中蜂蜂业有限公司是一家致力于将云南本土具有特色高品质的蜂蜜、蜂产品及其制品推向全国及国际的优秀企业，是产地、原料、生产、研发、加工、检测、销售于一体的全产业链化运作的公司。拥有12000 m²的GMP车间以及全自动化的生产流水线。目前云南中蜂蜂业有限公司在云南拥有八大自建蜂场，同时在全国拥有420个合作社。同时在新西兰以及缅甸拥有蜜源地及加工厂，能够获得高品质的海外优质蜜源。云南中蜂蜂业有限公司是蜂产品行业的“龙头企业”以及“国家高新技术企业”，也是国家“十四五重点研发计划”蜂业关键技术的试点企业。

2024年，本中心与该公司联合研发高原黑蜂胶缓释胶囊、蜂蜜发酵益生菌饮品、蜂蜡基可降解包装材料、蜂胶深加工技术与包装创新以及特色蜂蜜产品开发，如天麻蜜片、蜂王胎冻干片、云南特色蜂蜜（茉莉蜜、玫瑰蜜）。其中蜂王胎冻干片和雄蜂蛹冻干片是极具代表性的产品，该产品线一经上市便得到了非常积极的市场反馈。

（4）联合杭州和蜂园保健品有限公司研发新产品

杭州和蜂园保健品有限公司是一家集蜂产品研发、生产、加工、销售、旅游为一体的外向型蜂产品出口加工国家重点企业和高新技术企业。坐落于中国最美县、中国蜂产品之乡－桐庐。公司GMP标准化厂房占地6500余平方米，具有2000平方米的10万级净化车间，1000余亩的科技特色养蜂基地与生态观光庄园，200吨鲜王浆专用冷库；配备冷冻干燥、鲜王浆出口生产线、蜂蜜生产线、蜂胶提取生产线；以品牌经营为核心，以科学管理为手段，坚持产品系列化、高端化、健康营养化、原产地化的战略方针。

2024年，本中心与该公司加大了研发力度，相继开发出了蜂王浆肽口服液、蜂蜡基透皮贴片，开发了蜂胶类新产品，如蜂胶膳食补充剂、含药物糖果等。公司年销售蜂王浆220余吨，蜂蜜3100余吨，蜂胶55余吨。

（5）联合思健生物科技研发新产品

思健生物科技集研发、生产、销售、服务为一体，是中国蜂产品协会副会长单位、蜂胶国际标准、三个国家标准及三个行业标准制定单位、福建省著名商标、厦门市著名商标、厦门致敬标杆企业、“2017-2020厦门健康产业凤凰花奖年度实力品牌企业”

”，“厦门报业集团大健康联盟品牌”、2020年思健生物科技与厦门生物医药港达成合作，国家海洋保健食品GMP研发生产平台正式入驻思健企业，同时与国内外高端权威科研机构合作，持续研发生产科技含量高的健康精品。

思健生物科技整合国内外资源，打造蜜蜂文化结合健康的科技展馆——国内首家思健蜂主题健康科技馆，是集观光旅游、养生休闲、科普教育等优质服务为一体的平台。先后荣获“中国蜂产品协会蜜蜂文化科普示范基地”、“厦门食品安全教育基地”、“厦门新阳光"产学研"联盟基地”、“海沧青少年校外实践基地”。

本中心与思健生物科技一直注重研发新产品，2024年度，联合将超临界流体萃取技术和微胶囊与纳米技术应用与蜂产品加工与制备，同时也研发了思健牌系列维生素与矿物质软胶囊：思健牌烟酸维生素 K 软胶囊（烟酰胺补充剂，高含量复方设计）、思健牌维生素 C 维生素 E 软胶囊（抗氧化组合）、思健牌钙维生素 D 维生素 K 软胶囊（骨骼健康配方）、思健牌褪黑素软胶囊（改善睡眠功能）、思健堂牌辅酶 Q10 软胶囊（心血管健康支持）、思健牌硒维生素 E 软胶囊（抗氧化与免疫调节）；同时保持思健牌紫诺蜂胶软胶囊（抗氧化、辅助降血脂）持续迭代，结合中医复方理论（添加银杏叶、葡萄籽等提取物），保持行业领先地位。

（6）联合长兴意蜂科技有限公司研发新产品

长兴意蜂蜂业科技有限公司是一家以种蜂王、种蜂培育及蜂产品生产、研究、销售为一体的省级农业科技企业、湖州市重点农业龙头企业。公司下属有长兴县意蜂蜂种场（国家意蜂良种基地、浙江省一级意蜂种蜂场）、湖州市蜂业研究院（浙江省首家市

级蜂业研究院）、长兴蜂府养蜂专业合作社（全国蜂农养蜂专业示范合作社）、湖州蜂状元中医医院有限公司。公司与蜂产品加工与应用教育部工程研究中心合作成立优质高产意蜂及蜂产品研发中心，通过合作共建，使其成为国内一流的现代化养蜂及蜂产品研发技术创新平台。企业获全国蜂产品行业龙头企业、农业农村部畜禽养殖标准化示范场、浙江省科普教育基地，浙江省“双千”助力“双减”教育基地。技术总监邱汝民获AAA亚洲优秀蜂农、获全国五一劳动奖章，成功选育“长兴意蜂”被认定为良种保种单位。已向全国二十八个省（市、自治区）提供“长兴意蜂”蜂种38000余只。使周边地区养蜂专业户获得了较好的经济效益，而且蜜蜂为农作物传花授粉提高农作物产量，有显著的社会效益。2024年度，本中心与该公司联合通过优化冻干工艺，采用先进的低温真空冻干技术，精准控制温度与压力，将蜂王浆中多种活性酶（如王浆酸脱氢酶、超氧化物歧化酶等）的活性保留率从原来的70%提升至90%以上。同时，在配方中创新性地添加了具有协同增效作用的天然植物提取物，如枸杞多糖、蓝莓花青素等。经实验验证，该产品在增强免疫力、抗氧化等方面效果显著提升。为迎合消费者对口味多样化的需求，研发团队深入研究蜂蜜与各类天然食材的搭配。经过多次调配与口感测试，推出了三款特色风味蜂蜜，分别是桂花龙井蜂蜜、玫瑰蔓越莓蜂蜜、陈皮生姜蜂蜜。

三、学科发展与人才培养

（一）支撑学科发展情况

中心对社会开放，为蜂学、中药资源与开发、食品科学、食品安全

、农产品加工与贮藏工程等专业提供科研和创新创业服务，累计接收学生实习近1350人次。提高了学生的科研兴趣，为蜂学与食品、药学等学科的交叉提供了强力支撑。中心成员承担了《蜜蜂生物学》、《蜂产品加工学》、《蜜蜂产品学》等多部本科教材的编写任务。林焱副研究员申报的《福建省学位与研究生教育建设现状及发展对策研究》获得2024年福建省高等教育改革与研究项目。骨干成员主编的2部教材入选福建省“十四五”普通高等教育本科规划教材建设项目。《“国家特设 一蜂一产”——蜂业人才分类培养改革创新10年接续探索》项目荣获2024年校级本科教育类教学成果奖特等奖，《勤勉铸魂·蜂学为基·交叉融合：国家特设蜂学专业建设的传承与创新》荣获福建省高等教育（本科）教学成果特等奖。通过组织专家评审认证，整合校内和学院资源，通过了制药工程专业学位硕士点的蜂产品科学与工程、生物制药工程、中药制药工程三个研究方向，2025年正式开始招生。硕士生封王江毕业论文获福建省优秀硕士论文；硕士生黄蕾毕业论文获福建农林大学优秀论文。

（二）人才培养情况

（1）人才培养总体情况：培养博士毕业生7人，在读博士生20人；硕士毕业生35人，在读硕士研究生93人；培养蜂学本科毕业生60人。学生参与发表论文60多篇，开展蜂业科技培训达4500多人次。

(2) 研究生参与完成的代表性成果:

(1) Tu Xijuan, Du Chunping, He Yuchang, et al.
Determination of bisphenols in beeswax based on sugaring
out assisted liquid liquid extraction: Method
development and application in survey, recycling and
degradation studies [J]. Chemosphere, 2024, 46(4): 941-
947.

(2) Zhiliang Li, Jiali Yang, Yang Sun, et al. Schisandra
chinensis Bee Pollen Extract Inhibits Proliferation and
Migration of Hepatocellular Carcinoma HepG2 Cells via
Ferroptosis-, Wnt-, and Focal Adhesion Signaling
Pathways. Drug Design Development And Therapy, 2024, 18:
2745-2760.

(3) Yuanyuan Tian, Xiaoqing Liu, Jie Wang, et al.
Antitumor Effects and the Potential Mechanism of 10-HDA
against SU-DHL-2 Cells. Pharmaceuticals, 2024, 17, 1088.

中心专家在国内多地开展蜂业科技技术培训，内容涵盖优质无污染
蜂产品生产（蜂保）、蜂产品优质高产（蜜蜂育种）、蜂产品加工
与应用等领域，提升了国内蜂业从业人员的科技水平，提高了科学
化生产和加工程度，为优质蜂产品的生产、加工与应用提供技术支
撑，为健康中国助力。

(三) 研究队伍建设情况

本中心现有81人，固定人员67人，流动人员14人，其中正

高级职称23人（28.4%），副高职称32人（39.5%），讲师22人（27.1%）。40岁以下研发骨干22人，占固定人员比例为32.8%，40岁以下研发骨干充分发挥个人特长，在科研、人才培养、教书育人方面发挥了重要的作用。引进苏州大学等优秀博士2名，已入选福建省高层次C类人才。平台深入贯彻国家人才强国战略，积极响应高等教育内涵式发展的要求，将人才引进与培育作为提升平台核心竞争力、推动学科建设与科研创新的关键举措。不断完善人才引进政策体系，今年平台培养新增高级职称1人，省级高层次C类人才2人。另外，目前正在办理入职手续的有国家级人才饶义剑团队，福建省医学科学研究院林文津研究员，3名青年优秀博士已经学校研究确定。

四、开放与运行管理

（一）主管部门、依托单位支持情况

主管部门高度重视支持平台建设，依托单位福建农林大学为加强支持蜂学学科专业特色优势和平台发展，于2024年1月16日组建蜂学与生物医药学院，新学院全力支持蜂产品加工与应用教育部工程研究中心的发展，围绕硬件条件的提升，对平台的环境和资产进行统一谋划，迅速开展各项工程的立项和建设。2024年，平台共立项四个修缮工程，目前四个工程均已完工。平台周边的环境焕然一新。通过对原有楼栋的翻新改造，为平台的科技创新创造了更优越的条件。平台高度重视实验室的安全管理、统筹规划和建设发展，领导多次带队开展环境卫生检查和安排隐患排查，有力地保证了各实验室的安全平稳运转。

2024年，学校给蜂产品加工与应用教育部工程研究中心提供运行经费365万元，其中包括农业部部拔经费每年200万元，学科建设经费165万元。增加生物学博士招生指标2名，硕士生招生指标15人。在主管部门和依托单位的大力支持下，平台协助蜂学与生物医药学院举办了“中国蜂产业高质量发展论坛”，邀请江西农业大学副校长曾志将、浙江大学胡福良教授、中国农业科学院吴黎明研究员等专家围绕“科技创新驱动蜂产业发展”主题作报告，为推动我国蜂产业的高质量发展提供了宝贵的思路和建议。另外，还多次邀请专家学者到校为师生做学术报告，如中国农业科学院成果转化局局长、国家蜂产业技术体系首席科学家彭文君研究员、中国农业大学郑浩教授、罗诗琦副教授、苏州大学贡成良教授等，通过学术论坛和报告会不断拓宽师生知识面，增加学术交流氛围。

（二）仪器设备开放共享情况

本中心在福建农林大学大型仪器共享平台管理系统共享36台仪器，包括飞行时间液质联用仪、原子吸收分光光度计高压微射流纳米均质机、高效液相色谱仪、蛋白纯化系统、超高压液相色谱-质谱联用仪、原子吸收光谱仪等，充分发挥中心平台优势，大大提高仪器利用效率。

（三）学风建设情况

学风建设是高校科研机构高质量发展的重要保障。本年度，蜂产品加工与应用教育部工程研究中心深入贯彻落实党的二十大、二十届二中、三中全会精神精神，深入推进“支部建在科技平台”，将党

建工作与科技创新紧密结合，充分发挥党支部的战斗堡垒作用。以"立德树人、严谨治学"为核心，通过思想引领、制度完善、活动创新等举措，系统推进学风建设，取得显著成效。现将具体情况总结如下：

一、主要举措与特色工作

1、党建引领学风，筑牢思想根基

以蜂产品加工与应用教育部工程研究中心党支部为依托，开展"科研诚信与学术规范"专题党课6场，组织师生集体学习《科学技术活动违规行为处理暂行规定》、《学术出版规范》等文件。设立"党员学术先锋岗"，由5名党员教师牵头成立科研诚信督导组，对中心在研项目开展学术规范性抽查，覆盖率达100%。

2、完善制度体系，强化过程管理

修订《中心研究生学术规范管理办法》，新增"学术成果二级审核制"（导师初审-教授委员会复审），全年累计审核论文70篇纠正数据标注不规范等问题。建立"学术成长档案"，对研究生实施学术能力动态评估，结合AI查重系统实现论文全流程溯源管理。

3、深化导师责任制，构建师生共同体

推行"双导师学术承诺制"，要求导师与学生签订《学术诚信共建书》份，明确双方责任。开展"导师开放日"活动，每月组织跨学科导师团队举办"科研伦理案例研讨会"，重点剖析数据造假、署名争议等典型案例6个，覆盖师生170余人次。

4、打造学术品牌，营造创新氛围

举办"龚老师讲坛"系列学术活动，邀请行业领军人才开展

专题讲座6场。

二、建设成效与标志性成果

1、学术规范水平显著提升

本年度中心师生发表SCI和中文期刊论文60多篇，撤稿率为零；申请发明专利5项，无知识产权纠纷。

（四）技术委员会工作情况

本中心通过腾讯会议平台召开年度技术委员会会议，中心主任系统总结了2024年度工作成效、下阶段重点任务及运行中的关键问题，技术委员会专家围绕蜂产品加工技术创新、成果转化路径等开展深度研讨，从产业需求对接、标准体系构建、跨学科协同等维度提出5项战略建议，并强调需聚焦蜂产业加工与应用领域的核心瓶颈，着力突破关键技术，强化全链条科技支撑能力，推动我国蜂产业高质量发展。

五、下一年度工作计划

以健康中国、生态文明建设、中国式农业现代化、乡村振兴等国家重大战略为指引，以蜂产品科学和技术的发展为核心目标，聚焦蜜蜂和蜂产品科学问题，蜂产业发展的关键共性技术和“卡脖子”问题，协同创新、联合攻关，取得一批实用性强、水平高的科研成果；加快提升蜂产业中试示范基地的建设水平，加速成果推广转化；开展咨询、培训、推广等产业化服务工作；集聚和培养人才；促进福建和国内外蜂产业的快速发展。

1、加大校企合作力度，立项横向科研项目5到10项，成果转化3-

5项；纵向科研项目20到25项；

2、继续深入开展蜂胶、蜂王浆、蜂毒、蜂花粉等蜂产品的生物活性研究，发表高水平论文30-40篇；

3、加大平台科研实力，提高新产品研发力度，开发新产品5-10个；

4、加大人才引进力度，新增科研人员2-3人；

5、提高人才培养力度，新增省级人才2-3人。

六、问题与建议

1、蜂产业企业规模较小，横向课题偏少。

2、蜂产品在大农业、畜牧业等其它领域的应用不够

3、蜂业界国家级高层次人才偏少

七、审核意见

(工程中心负责人、依托单位、主管单位审核并签章)

工程中心负责人审核意见:

本中心立足福建农林大学蜂学、畜牧、食品科学学科专业,以共建单位、实践基地——福建省神蜂科技开发有限公司为成果转化主阵地,服务国家和区域蜂业、绿色农业、健康产业技术革新、人才培养和可持续发展。针对制约蜂产业、绿色农业、健康产业稳健发展和蜂产品加工与应用领域存在的科学问题,紧紧围绕蜂产品加工技术及设备创新与应用、蜂产品活性组分研究及开发利用、蜂产品优质高效生产技术研发及应用三个研究方向开展工作。在蜂产品优质高效生产技术研发方面取得新突破,培育蜜蜂优质高产优良蜂种并在全中国范围内推广应用,研发蜜蜂优质高产抗病抗螨繁育技术,推广到浙江、福建、江西、河南、云南、江苏、广东等地。在蜂产品活性组分研究及开发利用方面取得新进展,发现了蜂花粉、蜂王浆、蜂毒、蜂胶的新功能及其活性成分,开发出保护人类健康的新产品。

本中心对社会开放,为蜂学、中药资源与开发、食品科学、食品安全、农产品加工与贮藏工程等专业提供科研和创新创业服务,累计接收学生实习近1350人次。提高了学生的科研兴趣,为蜂学与食品、药学等学科的交叉提供了强力支撑。中心成员承担了《蜜蜂生物学》、《蜂

产品加工学》、《蜜蜂产品学》等多部本科教材的编写任务。林焱副研究员申报的《福建省学位与研究生教育建设现状及发展对策研究》获得2024年福建省高等教育改革与研究项目。骨干成员主编的2部教材入选福建省“十四五”普通高等教育本科规划教材建设项目。《“国家特设 一蜂一产”——蜂业人才分类培养改革创新10年接续探索》项目荣获2024年校级本科教育类教学成果奖特等奖，《勤勉铸魂·蜂学为基·交叉融合：国家特设蜂学专业建设的传承与创新》荣获福建省高等教育（本科）教学成果特等奖。通过组织专家评审认证，整合校内和学院资源，通过了制药工程专业学位硕士点的蜂产品科学与工程、生物制药工程、中药制药工程三个研究方向，2025年正式开始招生。硕士生封王江毕业论文获福建省优秀硕士论文；硕士生黄蕾毕业论文获福建农林大学优秀论文。

本中心本年度技术攻关取得新突破新进展，成果丰硕。研究发现五味子蜂花粉抑制肝癌HepG2细胞的增殖和迁移。采用MTT法、形态学观察和划痕实验评价五味子蜂花粉提取物对HepG2细胞增殖和迁移的影响，结果发现五味子蜂花粉提取物主要通过调节铁死亡、Wnt、肝细胞癌和黏着斑信号通路抑制肝癌HepG2细胞的增殖和迁移，为五味子蜂花粉辅助治疗肝癌提供了科学依据。发现蜂毒促进吉非替尼对非小细胞肺癌细胞增殖、迁移和侵袭的抑制作用，证实蜂毒显著抑制了非小细胞肺癌PC-9和NCI-H1299细胞的增殖，但对人类正常肺上皮BEAS-2B细胞没有产生明显的毒性

。蜂毒可以通过EGFR介导的自噬促进吉非替尼对非小细胞肺癌细胞增殖、迁移和侵袭的抑制，与吉非替尼联用时显示出协同抗非小细胞肺癌的潜力。发现五种蜂花粉乙醇提取物的多酚组成和抗氧化、抗酪氨酸酶和抗黑色素生成活性，向日葵EEBP对黑色素生成的抑制作用高于其他物种的EEBPs。研究结果为未来皮肤美白原料的工业开发提供了依据。发现蜂胶乙醇提取物对皮肤鳞状细胞癌A431细胞的潜在抗肿瘤机制，为开发治疗皮肤鳞状细胞癌的靶向疗法提供有依据。发现10-HDA对SU-DHL-2细胞的抗肿瘤作用及其潜在机制。评估了 10-HDA 对 SU-DHL-2 细胞系的影响，结果表明补体和凝血级联途径可能在 10-HDA 的抗肿瘤过程中发挥关键作用，提示这可能是淋巴瘤治疗的一种潜在治疗途径。开发了蜂产品质量安全检测技术，建立了蜂蜡以及蜂蜜中双酚类环境污染物的灵敏检测方法，在此基础上对双酚类污染物在蜂产品中的残留现状进行了广泛的监测，并对其在蜂产品中的降解行为进行了系统研究。针对蜂蜜植物源鉴别以及蜂产品中的污染物快速检测，项目组分别开发了快速显色阵列判别方法，以及纸基快速样品前处理方法。发现蜂王浆中MRJP3-C113具有促进伤口愈合作用，对MRJP2、3、7进行同源结构预测和结构分析，发现MRJP3 C端由113个氨基酸构成的蛋白片段（MRJP3-C113）具有特殊结构，因此以该片段为研究对象，利用人胚肾上皮细胞（HEK-293F）将其与人免疫球蛋白Fc片段进行重组表达，获得重组蛋白MRJP3-C113-Fc。CCK-8、细胞

划痕和Transwell实验显示，该重组蛋白能显著促进HaCaT细胞的增殖和迁移。蛋白抑制剂及Western blotting实验发现该重组蛋白通过激活EGFR/AKT/mTOR信号通路发挥促伤口愈合作用。进一步结合蛋白质组学、RNA干扰等实验，发现MRJP3-C113-Fc可通过上调RHBDF以介导EGFR/AKT/mTOR信号通路的激活，从而促进HaCaT细胞增殖和迁移。在小鼠全层皮肤缺损伤口模型中，MRJP3-C113-Fc可减轻炎症反应、增强小鼠伤口部位皮肤的胶原蛋白形成，经其治疗的小鼠伤口愈合率显著提高。证实了MRJP3-C113片段能通过激活RHBDF介导的EGFR/AKT/mTOR信号通路促进体内外伤口愈合。

本中心研发蜂产品优质高效生产关键技术、蜂产品活性组分制备与高值化利用技术和蜂产品精深加工与设备创新技术等，攻克了蜜蜂产品优质高效生产关键核心技术，为国家现代农业产业（蜜蜂）技术体系重点工程实施方面做出了重要贡献，极大提高了本中心的研发能力和行业引导作用。在教育部、省教育厅和学校的大力支持下，我们将科技成果很好地在福建省神蜂科技发展有限公司（平台创始人缪晓青教授创办的企业）转化落地，开发了具有过滤功能的蜂蜜加热装置以及千臻牌蜂胶软胶囊。同时，不断对蜂蜜系列、蜂毒系列、蜂胶系列、蜂王浆系列产品进行升级优化，2024年产值达3550万元。本中心积极加强与浙江江山健康蜂业有限公司研发蜂毒多肽透皮贴剂、蜂王浆冻干口腔速溶粉、蜂胶基医用敷料，并对品牌产

品进行升级；联合云南中蜂蜂业有限公司研发高原黑蜂胶缓释胶囊、蜂蜜发酵益生菌饮品、蜂蜡基可降解包装材料、蜂胶深加工技术与包装创新以及特色蜂蜜产品开发；加大与杭州和蜂园保健品有限公司研发力度，相继开发出了蜂王浆肽口服液、蜂蜡基透皮贴片，开发了蜂胶类新产品，如蜂胶膳食补充剂、含药物糖果等；联合厦门思健生物科技有限公司研将超临界流体萃取技术和微胶囊与纳米技术应用与蜂产品加工与制备，同时也研发了思健牌系列维生素与矿物质软胶囊。本中心联合浙江长兴意蜂科技有限公司研发了通过优化冻干工艺，采用先进的低温真空冻干技术，精准控制温度与压力，将蜂王浆中多种活性酶（如王浆酸脱氢酶、超氧化物歧化酶等）的活性保留率从原来的 70% 提升至 90% 以上。同时，在配方中创新性地添加了具有协同增效作用的天然植物提取物，如枸杞多糖、蓝莓花青素等。经实验验证，该产品在增强免疫力、抗氧化等方面效果显著提升。为迎合消费者对口味多样化的需求，研发团队深入研究蜂蜜与各类天然食材的搭配。经过多次调配与口感测试，推出了三款特色风味蜂蜜，分别是桂花龙井蜂蜜、玫瑰蔓越莓蜂蜜、陈皮生姜蜂蜜。本中心还与江西益精蜂具有限公司、浙江长兴意蜂蜂业有限公司、安徽省王巢食品有限公司、福建龙岩市石燎阁蜂业有限公司、浙江福赐德生物有限公司等的合作与工程化应用，研发生产新产品，取得良好的经济效益、社会效益和生态效益。

工程研究中心主任:

年 月 日

依托单位审核意见:

同意提交

依托单位:

(单位公章)

年 月 日

八、年度运行情况统计表

研究方向	研究方向1		学术带头人		
	研究方向2		学术带头人		
	研究方向3		学术带头人		
	研究方向4		学术带头人		
工程中心面积	5231.0 m ²		当年新增面积		0.0 m ²
固定人员	67 人		流动人员		14 人
获奖情况	国家级科技奖励	一等奖	0项	二等奖	0项
	省、部级科技奖励	一等奖	2项	二等奖	2项
当年项目到账总经费	1787.0万元	纵向经费	1425.0万元	横向经费	363.0万元
当年知识产权与成果转化	专利等知识产权持有情况	有效专利	25项	其他知识产权	3项
	参与标准与规范制定情况	国际/国家标准	2项	行业/地方标准	5项
	以转让方式转化科技成果	合同项数	15项	其中专利转让	15项
		合同金额	126.0万元	其中专利转让	126万元
		当年到账金额	102.0万元	其中专利转让	102.0万元
	以许可方式转化科技成果	合同项数	0项	其中专利许可	0项
		合同金额	0.0万元	其中专利许可	0.0万元
		当年到账金额	0.0万元	其中专利许可	0.0万元

		以作价投资方式 转化科技成果		合同项数	0项	其中专利作价	0项
				作价金额	0.0万元	其中专利作价	0.0万元
		产学研合作情况		技术开发、咨询 、服务项目合同 数	23项	技术开发、咨询 、服务项目合同 金额	350.0万 元
当年服务情况		技术咨询		6次		培训服务	23人次
学科发 展与人才 培养	依托学科 (据实增删)	学科1	畜牧、兽医科 学其他学科	学科2		学科3	
	研究生 培养	在读博士		12人	在读硕士		92人
		当年毕业博士		4人	当年毕业硕士		33人
	学科建设 (当年情况)	承担本 科课程	1116学时	承担研究生 课程	580学时	大专院校 教材	3部
研究队 伍建设	科技人才	教授	23人	副教授	32人	讲师	22人
	访问学者	国内		3人	国外	2人	
	博士后	本年度进站博士后		1人	本年度出站博士后		1人