

# 教育部工程研究中心年度报告

(2023年1月——2023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24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。

### 1、蜂胶微胶囊的制备及其在草莓保鲜中的应用

蜂胶有抑菌、抗病毒、抗肿瘤、免疫调节、抗炎症、抗氧化性、创伤修复等广泛的生物学活性。因其不溶于水、气味浓烈等不良的感官特性，使其应用范围受限。因此，本中心选取天然蜂胶作为原材料，采用喷雾干燥工艺并选择天然高分子材料进行包封，改善蜂胶的感官特性，使其具有良好溶解性，并研发一种含有蜂胶的优质保鲜剂，将阿拉伯胶- $\beta$ -环糊精蜂胶微胶囊用于草莓保鲜实验中，通过测定其失重率、腐烂率、硬度、可溶性固形物含量和维生素C含量来探究其保鲜效果。结果表明蜂胶微胶囊能够有效维持草莓果实的硬度、可溶性固形物含量和维生素C含量，并降低草莓果实的失重率和腐烂率。

### 2、黑大蜜蜂蜂蜜的抗氧化能力及其抑菌作用研究

黑大蜜蜂蜂蜜是一种野生蜂蜜，具有极高的营养价值，通过测定其理化指标和抗氧化活性，为野生蜂蜜的质量评价提供基础数据。本研究采用水醇提取法分析蜂蜜中的总酚、总黄酮，采用分

光光度法测定DPPH自由基清除活性，ABTS自由基清除活性，FRAP总抗氧化能力，超氧阴离子自由基清除活性，评价蜂蜜的抗氧化活性。通过肉汤微稀释法测定最低抑菌浓度和最低杀菌浓度，评估蜂蜜的抑菌能力。同时，基于label-free蛋白组学技术和RT-PCR研究并验证其作用机制。综上所述，黑大蜜蜂蜂蜜具有抗氧化能力和抑菌能力，主要通过影响鼠伤寒沙门氏菌的碳代谢、三羧酸循环以及细菌趋化性通路发挥作用。

### 3、蜂毒对皮肤鳞状细胞癌A431细胞抑制机制研究

皮肤鳞状细胞癌（cSCC）的发病率正在逐年增加。由于局部晚期不再适合手术及放射治疗，所以有待寻找一种安全有效的天然药物。国内外大量研究表明蜂毒具有抑制癌细胞生长的作用，但是对cSCC A431细胞系的增殖抑制作用机制尚未见报道。本中心使用CCK-8法研究了蜂毒对A431细胞的增殖抑制作用，运用Label-free技术、非靶向代谢组学研究并验证了其作用机制，并研究了蜂毒对A431细胞移植瘤裸鼠肿瘤生长的抑制作用。因此本研究可以为cSCC的新药物的开发和临床治疗提供理论依据。

### 4、蜂产品保健功能研究

#### 4.1 荷花蜂花粉提取物抗心肌细胞肥大的作用及机制

本研究发现荷花蜂花粉提取物对异丙肾上腺素致心肌细胞肥大的保护作用与降低氧化应激水平、抑制炎症反应和抗凋亡作用密切相关，并通过JAK2/STAT3信号通路抑制心肌细胞肥大。该研究揭示了荷花蜂花粉提取物抑制心肌细胞肥大的作用机制，为蜂花粉防治心血管系统疾病的开发利用提供了依据。

#### 4.2 蜂胶提取物改善糖尿病心肌病的作用及机制

本研究通过建立链脲佐菌素诱导糖尿病大鼠模型，进一步探究蜂胶乙醇提取物对糖尿病大鼠心脏损伤的保护作用，并通过蛋白组学技术分析其作用机制；此外，建立高糖损伤心肌细胞模型，采用western blot对作用机制进行验证。该研究揭示了蜂胶乙醇提取物改善糖尿病心肌病的作用机制，为蜂胶改善糖尿病心肌病的开发利用提供了依据。

#### 4.3 中国蜂胶对皮肤癌细胞的抑制作用

本研究采用CCK-8测定、非靶蛋白质组学、RT-PCR和异种移植肿瘤模型探索蜂胶抑制皮肤癌A431细胞及其机理。蜂胶乙醇提取物对A431细胞增殖的抑制率呈剂量依赖性，IC<sub>50</sub>为39.17 μg/mL。与对照组相比，EEP组有103种蛋白（53.37%）上调，90种蛋白（46.63%）下调。KEGG分析显示主要调控的通路是细胞外基质-受体相互作用、阿米巴病、细胞粘附分子等。100mg/kg EEP组的肿瘤体积与对照组有显著差异。研究结果为蜂胶潜在治疗人CSCC A431细胞肿瘤提供了理论依据。

#### 5、MRJP3 C端片段对伤口愈合模型的作用及机制研究

蜂王浆主蛋白（MRJP）2/3/7混合物在体外模型中具有促进人永生化角质形成细胞（HaCaT）增殖和迁移的作用。然而，发挥作用的确切成分和机制仍未知。在本研究中，我们对MRJP2/3/7进行结构预测和分析，选定MRJP3 C端的113个氨基酸片段作为研究对象，利用人胚肾上皮细胞（HEK-293F）将该片段与人免疫球蛋白Fc片段进行重组表达，获得重组蛋白MRJP3-C113-Fc。研究发现，该重组蛋白可促进体内、体外的伤口愈合，并从细胞水平和分子水平探究其促伤口愈合的机制。

## 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，2023年产值达3350万元。

同时，平台积极加强与浙江江山健康蜂业有限公司研发蜂胶分层低温浸提设备，并对品牌产品进行升级；联合云南中蜂蜂业有限公司研发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，相继开发出了鲜蜂王浆冻干粉智能生产装置、环保型蜂王浆自动过滤生产装置以及低王浆酸流失冻干工艺，开发了蜂胶类新产品；联合厦门思健生物科技有限公司研发思健牌系列维生素与矿物质软胶囊，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。本中心联合浙江长兴意蜂科技有限公司研发了蜂毒透骨贴的配方，用于缓解关节不适，已申请蜂毒透骨疗法的发明专利；研发“意蜂蜜

浆双高产免移虫育王及抽动式超低继箱培育技术”，通过优化育王工艺提高蜂王浆产量；升级了蜂胶西洋参软胶囊产品线，提升产品纯度和功效。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垩病为目标，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、没有白垩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，注重抗白垩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，2023年，该蜂种已从第24继代培育至第25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516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2015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 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。2023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1万群以上，蜂农累计直接增收4800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5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了专题培训，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300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。

## 1.3 成果工程化转化

2023年，蜂产品优质高效生产技术应用于浙江福赐德生物科技有限公司、长兴意蜂蜂业科技有限公司、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1517.8万、700.8万、2560万、2057万和776万，累计新增产值7611.6万元；新增利润分别为255.2万、71.6万、2940万、588万和251万，累计新增利润4105.8万元。

## （二）蜂产品活性组分研究与高值化开发利用

### 2.1 黑大蜜蜂蜂蜜的抗氧化能力及其抑菌作用研究

蜂蜜是由蜜蜂采集植物的花蜜、分泌物或者蜜露与其自身分泌物混合后充分酿制而成，是一种天然甜物质，因其具有独特的风味和生物活性，广受人们喜爱。黑大蜜蜂蜂蜜是一种野生蜂蜜，具有极高的营养价值，通过测定其理化指标和抗氧化活性，为野生蜂蜜的质量评价提供基础数据。本研究采用水醇提取法分析蜂蜜中的总酚、总黄酮，采用分光光度法测定DPPH自由基清除活性，ABTS自由基清除活性，FRAP总抗氧化能力，超氧阴离子自由基清除活性，评价蜂蜜的抗氧化活性。通过肉汤微稀释法测定最低抑菌浓度和最低杀菌浓度，评估蜂蜜的抑菌能力。同时，基于label-free蛋白组学技术和RT-PCR研究并验证其作用机制。

分析了5个黑大蜜蜂蜂蜜样品的理化指标、抗氧化活性、化学组成、抑菌活性，结果表明地理来源和植物来源不同，其理化指标和生物活性功能会受到影响。5个黑大蜜蜂蜂蜜样品的理化指标分别是：水分含量在16.96%~26.41%之间，灰分含量范围在0.07%~0.267%之间，葡萄糖含量在20.81%~40.98%之间，果糖含量在35.80%~39.55%之间，蔗糖的含量在2.66%~4.56%，5-HMF含量在0.31~3.76（mg/kg）之间，pH值在3.89~4.29之间。总酚含量在49.18~23.16 mg GAE/100g之间、总黄酮含量在3.03~18.99 mg

RE/100g之间。抗氧化结果分析表明黑大蜜蜂蜂蜜具有DPPH自由基清除能力（16.69~64.37 mg TE/100g）、ABTS自由基清除能力（32.82~105.03 mg TE/100g），Fe<sup>2+</sup>络合能力（38.54~105.03 mg TE/100g），O<sub>2</sub>·<sup>-</sup>清除活性（76.10%~91.26%）。通过LC-MS/MS分析黑大蜜蜂蜂蜜的化学组成，结果表明样品中共发现1028种化合物，主要包括有机酸及其衍生物、脂质和类脂分子以及有机杂环化合物。共鉴定到73种酚类化合物，有酚酸类、黄酮类以及单宁。抑菌活性实验表明，黑大蜜蜂蜂蜜对鼠伤寒沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌以及单增李斯特菌均具有抑制作用，其MIC范围在20%~30%，MBC范围在25%~40%。

综上所述，黑大蜜蜂蜂蜜具有抗氧化能力和抑菌能力，主要通过影响鼠伤寒沙门氏菌的碳代谢、三羧酸循环以及细菌趋化性通路发挥作用。为蜂蜜进一步开发提供一些基础数据。

## 2.2 蜂毒对皮肤鳞状细胞癌A431细胞抑制机制研究

皮肤鳞状细胞癌（cSCC）的发病率正在逐年增加。由于局部晚期不再适合手术及放射治疗，所以有待寻找一种安全有效的天然药物。国内外大量研究表明蜂毒具有抑制癌细胞生长的作用，但是对cSCC A431细胞系的增殖抑制作用机制尚未见报道。本研究使用CCK-8法研究了蜂毒对A431细胞的增殖抑制作用，运用Label-free技术、非靶向代谢组学研究并验证了其作用机制，并研究了蜂毒对A431细胞移植瘤裸鼠肿瘤生长的抑制作用。主要研究内容和结果如下：

蜂毒对A431细胞增殖的影响：实验分为对照组和BV组，蜂毒在细胞培养液中的浓度8、10、12、14、16 μg/mL，细胞铺板的

浓度为 $5 \times 10^4$ /mL。蜂毒组与对照组处理A431细胞24 h后，使用CCK-8法测定细胞增殖抑制率。结果表明，蜂毒溶液处理A431细胞24后，细胞增殖抑制率在不同BV浓度的作用下呈剂量依赖性，分别为 $19.56 \pm 3.31\%$ 、 $38.67 \pm 7.51\%$ 、 $55.65 \pm 5.19\%$ 、 $74.71 \pm 2.07\%$ 、 $94.34 \pm 0.91\%$ ，与对照组相比差异极显著（ $p < 0.01$ ），其IC<sub>50</sub>值为 $11.57 \mu\text{g/mL}$ 。IC<sub>50</sub>浓度BV处理A431细胞24 h的细胞形态学结果表明BV能够抑制A431细胞的增殖，还能使细胞形态发生改变，对A431细胞具有有一定程度的毒性作用。

蜂毒对A431细胞裸鼠异种移植瘤的影响：选取15只5w龄BALB/C雄性裸鼠建立A431细胞裸鼠异种移植瘤模型，将荷瘤裸鼠随机分为对照组、1 mg/kg蜂毒组、1.5 mg/kg蜂毒组共3组。每日灌胃给药，每3天测量一次肿瘤的长径（a）和短径（b），并按照公式 $V = (a \times b^2) / 2$ 计算肿瘤体积。停药三天后颈部脱臼处死裸鼠。通过肿瘤体积发现蜂毒组与对照组具有显著差异，表明蜂毒对皮肤鳞状细胞癌具有抑制作用。

### 2.3 中国蜂胶对皮肤癌细胞的抑制作用

本研究采用CCK-8测定、非靶蛋白质组学、RT-PCR和异种移植瘤模型探索蜂胶抑制皮肤癌A431细胞及其机理。蜂胶乙醇提取物（EEP）对A431细胞增殖的抑制率呈剂量依赖性，IC<sub>50</sub>为 $39.17 \mu\text{g/mL}$ 。与对照组相比，EEP组有103种蛋白（53.37%）上调，90种蛋白（46.63%）下调。KEGG分析显示主要调控的通路是细胞外基质（ECM）-受体相互作用、阿米巴病、细胞粘附分子（CAMs）等。100mg/kg EEP组的肿瘤体积与对照组有显著差异（ $p < 0.05$ ）。研究结果为蜂胶潜在治疗人CSCC A431细胞肿瘤提供

了理论依据。

## 2.4 MRJP3 C端片段对伤口愈合模型的作用及机制研究

皮肤是人体的第一道防御屏障，容易受到烧伤、外伤、手术等外界因素的影响。全球每年有超过6亿人受到伤口问题的困扰。作为表皮的主要细胞类型，角质形成细胞在伤口愈合过程中通过增殖和迁移以恢复上皮屏障。蜂王浆是一种用于伤口修复的传统药物。我们之前的研究发现，蜂王浆主蛋白（MRJP）2/3/7混合物在体外模型中具有促进人永生化角质形成细胞（HaCaT）增殖和迁移的作用。然而，发挥作用的确切成分和机制仍未知。在本研究中，我们对MRJP2/3/7进行结构预测和分析，选定MRJP3 C端的113个氨基酸片段作为研究对象，利用人胚肾上皮细胞（HEK-293F）将该片段与人免疫球蛋白Fc片段进行重组表达，获得重组蛋白MRJP3-C113-Fc。研究发现，该重组蛋白可促进体内、体外的伤口愈合，并从细胞水平和分子水平探究其促伤口愈合的机制，为蜂王浆在皮肤创伤治疗方面的应用提供依据。

### 2.4.1 重组蛋白MRJP3-C113-Fc和Fc对人永生化角质形成细胞增殖和迁移的影响

#### （1）重组蛋白MRJP3-C113-Fc和Fc对HaCaT细胞活度的影响

本次试验中，我们通过CCK-8检测HaCaT细胞在不同蛋白浓度下培养48 h后的细胞活度。结果所示，MRJP3-C113-Fc和Fc在相对较高的浓度下（200 nM<sup>-</sup>800 nM），均会抑制HaCaT细胞的生长，且呈剂量依赖性，蛋白浓度越高抑制效果越强。当使用较低浓度的MRJP3-C113-Fc（3.13<sup>-</sup>12.5 nM）刺激HaCaT细胞时，细胞活度相较于对照组显著增加，表明细胞显著增殖。但Fc重组蛋白在

0.78<sup>-</sup>100 nM的浓度范围内无类似的促细胞增殖作用。

## (2) 重组蛋白MRJP3-C113-Fc和Fc对HaCaT细胞迁移的影响

由于MRJP3-C113-Fc在3.13<sup>-</sup>12.5 nM浓度下能够促进HaCaT细胞增殖，因此选择在该浓度附近范围内进行细胞划痕试验和Transwell细胞迁移实验，以探究重组蛋白MRJP3-C113-Fc和Fc对HaCaT细胞迁移能力的影响。在细胞划痕实验中，构建细胞划痕模型12小时后，对照组划痕愈合率（21.7%）明显小于12.5 nM MRJP3-C113-Fc处理组的愈合率（32.9%）。随着时间的推移，18 h时6.25和12.5 nM MRJP3-C113-Fc处理组的划痕几乎全部愈合，愈合率分别为83.9%和81.8%，而此时无血清DMEM对照组的愈合率仅为57.6%。与此不同的是，无论是12 h或18 h，Fc蛋白处理组的细胞迁移率与对照组相比均无显著差异。

使用结晶紫对迁移到下室的细胞进行染色并拍照，Image J数据处理。与对照相比，6.25、12.5 nM MRJP3-C113-Fc处理的HaCaT细胞大量迁移至PC膜下侧即下室，与对照组相比具有极显著差异，表明MRJP3-C113-Fc处理后细胞迁移能力有了显著提升。Fc在所有测试浓度范围内与对照组相比，对HaCaT细胞的迁移能力均无促进作用。

## 2.4.2 重组蛋白MRJP3-C113-Fc促伤口愈合机制研究

### (1) RNA干扰对MRJP3-C113-Fc促伤口愈合作用的影响

使用蛋白质免疫印迹实验来验证蛋白质组学结果。与对照组相比，添加MRJP3-C113-Fc后，HaCaT细胞中IRF5和RHBDF2的表达分别上调了70%和49%。该结果与蛋白质组学结果一致，证实MRJP3-C113-Fc可以上调HaCaT细胞中IRF5和RHBDF2的表达。为了进一步研

究IRF5和RHBDF2对MRJP3-C113-Fc促细胞迁移作用的影响，分别建立了IRF5和RHBDF2敲低的HaCaT细胞模型，对IRF5和RHBDF2进行RNA干扰。为了检测不同siRNA对目的基因的干扰效果，我们首先使用qRT-PCR检测干扰后目的基因的mRNA相对表达量。与对照相比，siNC不影响IRF5和RHBDF2的表达。对IRF5和RHBDF2抑制作用最强的siRNA分别是siIRF5-294和siRHBDF2-29415，目的基因的mRNA相对表达量分别仅为对照组的9.6%和22.1%。

通过蛋白免疫印迹检测siIRF5-294和siRHBDF2-29415对IRF5和RHBDF2蛋白表达量的影响。我们发现，加入siIRF5-294和siRHBDF2-29415后IRF5和RHBDF2蛋白的表达量分别为对照组的58.5%和37.4%。表明siRNA干扰后，目的蛋白的表达量显著降低，成功建立IRF5和RHBDF2敲低的HaCaT细胞模型。

为进一步探究IRF5和RHBDF2与MRJP3-C113-Fc促伤口愈合作用之间的关系，对IRF5和RHBDF2敲低的HaCaT细胞进行MRJP3-C113-Fc刺激，并检测HaCaT细胞活度及其迁移能力。siNC组添加MRJP3-C113-Fc后细胞在所有受试药物浓度下均表现出显著增殖。而IRF5和RHBDF2干扰的HaCaT细胞在添加了MRJP3-C113-Fc后，细胞增殖相较于未添加MRJP3-C113-Fc的对照组无显著差异（ $P > 0.05$ ）。

通过细胞划痕实验我们观察到，三个实验组在划痕愈合的第12 h伤口愈合率与对照组相比无显著差异，而到了第18 h，siNC组的细胞划痕伤口在12.5 nM药物浓度下表现出显著愈合；与之相似的是，siIRF5在6.25、12.5 nM MRJP3-C113-Fc作用下，划痕愈合率也显著增加，且其趋势与细胞未干扰时相似，这意味

着MRJP3-C113-Fc促进HaCaT细胞迁移的作用与IRF5基因并无明显关联。而siRHBDF2组即使添加了MRJP3-C113-Fc，划痕愈合率在18h时仍然相较于未加药组（Control）没有显著差异，这意味着在RHBDF2干扰后，MRJP3-C113-Fc诱导的细胞迁移受到了显著抑制，表明RHBDF2在MRJP3-C113-Fc促体外伤口愈合中起着至关重要的作用。

## （2）蛋白抑制剂对MRJP3-C113-Fc促伤口愈合作用的影响

为了探究MRJP3-C113-Fc对体外伤口修复的机制，我们研究了药物添加蛋白抑制剂后对HaCaT细胞活力和体外划痕伤口闭合率影响。根据细胞活力测定，添加10  $\mu\text{M}$  ITD-1的药物对HaCaT细胞具有毒性，添加0.5-5  $\mu\text{M}$  ITD-1的药物对细胞活度无影响。药物中添加5-10  $\mu\text{M}$  LY294002对HaCaT细胞具有毒性，其他浓度无显著促进或抑制。药物添加10  $\mu\text{M}$  Ruxolitinib浓度时具有细胞毒性，但在0.5-2.5  $\mu\text{M}$ 浓度下表现出促HaCaT细胞增殖作用。综上所述，5  $\mu\text{M}$  ITD-1、2.5  $\mu\text{M}$  LY294002和5  $\mu\text{M}$  Ruxolitinib是抑制MRJP3-C113-Fc促增殖功能的最高浓度，并且对HaCaT细胞没有任何细胞毒性。故后续细胞划痕实验使用的ITD-1、LY294002和Ruxolitinib浓度分别为5  $\mu\text{M}$ 、2.5  $\mu\text{M}$ 和5  $\mu\text{M}$ 。

通过细胞划痕实验发现，添加TGF- $\beta$ 抑制剂（ITD-1）或PI3K抑制剂（LY294002）后，由于MRJP3-C113-Fc引起的划痕快速愈合现象消失，反而出现伤口愈合率显著下降的现象。而添加JAK1/2抑制剂（Ruxolitinib）并不影响MRJP3-C113-Fc引起的促迁移作用，与单独添加MRJP3-C113-Fc的HaCaT细胞相比，划痕愈合率并没有显著差异。

### (3) RHBDF2和EGFR/AKT/mTOR在MRJP3-C113-Fc促伤口愈合中的作用

通过蛋白质免疫印迹探究MRJP3-C113-Fc处理对HaCaT细胞中EGFR、AKT和mTOR表达量及其磷酸化水平的影响。与对照组(0 h, 不添加MRJP3-C113-Fc)相比, MRJP3-C113-Fc处理组在1、6 h时明显增强EGFR的磷酸化水平, 在0.25、0.5、12、18 h时AKT磷酸化水平增强, 在6、18 h时mTOR磷酸化水平增强。以上三个蛋白的表达量在实验周期内均有明显变化。以上结果表明, MRJP3-C113-Fc处理的细胞在增殖迁移过程中EGFR/AKT/mTOR信号通路被激活。

由于此前发现RHBDF2敲低会消除MRJP3-C113-Fc的体外促伤口愈合作用, 但RHBDF2是否与EGFR/AKT/mTOR信号通路的激活有关仍是未知的。RHBDF2干扰后的HaCaT细胞培养于含12.5 nM MRJP3-C113-Fc的无血清培养基时, 与MRJP3-C113-Fc处理的正常细胞模型相比, EGFR磷酸化水平在1、6、12和18 h时被显著抑制, AKT磷酸化水平在0.25、0.5、1和6 h时被显著抑制, mTOR的水平磷酸化在6、12和18 h时被抑制, 被药物激活的三种蛋白磷酸化水平均被抑制到与不加药组相似, 甚至更低。

### 2.4.3 重组蛋白MRJP3-C113-Fc对小鼠全层皮肤缺损创面愈合的影响

#### (1) MRJP3-C113-Fc对小鼠皮肤伤口愈合的影响

为了解MRJP3-C113-Fc是否能够促进小鼠伤口愈合, 构建了KM小鼠全层皮肤缺损伤口模型, 并给予小鼠不同药物治疗。第0 d, 对照组和实验组伤口有组织液渗出; 给药第1 d, 小鼠伤口皱缩

结痂，但伤口愈合率无显著差异。给药后第5 d，0.25 ng MRJP3-C113-Fc治疗组的伤口愈合面积显著高于其余实验组。给药第7 d，0.25、0.5 ng MRJP3-C113-Fc治疗组和1 ng EGF治疗组的小鼠伤口结痂几乎掉落，已可观察到新鲜皮肤组织，其中对照组伤口愈合率为93.17%，0.25 ng MRJP3-C113-Fc治疗组伤口愈合率为99.34%，显著高于对照组。以上实验结果表明，0.25 ng MRJP3-C113-Fc能够显著促进小鼠全层皮肤缺损伤口的愈合。

## (2) H&E染色和Masson染色检测伤口愈合

采用H&E对给药第5 d和第7 d的创面处新生皮肤组织进行染色观察，分析创面愈合过程中皮肤层的形态学变化。给药第5 d各组小鼠皮肤伤口均有炎症反应，对照组中可见较多细胞碎片和坏死组织，表皮局部加厚，伤口表面不平整，而0.25 ng MRJP3-C113-Fc治疗组中损伤部位的细胞碎片和坏死组织已被清除，表皮连续无断裂。给药第7天，对照组也完成了在上皮化，但炎症并未减轻，皮肤附属物尚不明显。反之，0.25 ng MRJP3-C113-Fc治疗组组织结构更为明显，毛囊等附属物增多，炎症反应减轻，更接近正常皮肤组织。

伤口愈合的重塑阶段，新生毛细血管消退，细胞外基质随着肉芽组织重建被胶原蛋白组织取代。胶原组织的形成是伤口愈合的重要指标之一，通过Masson染色可对伤口区域的胶原组织积累情况进行观察。Masson染色可见胶原纤维呈现蓝色，弹力纤维呈现棕色。正常皮肤真皮层内胶原纤维排列密致，呈现波浪状或束状，胶原束之间缠绕着少量的弹力纤维。对照组第五天真皮层胶原纤维排列疏松散乱，呈现块状，弹力纤维增粗扭曲，至第七天有所改善，但此时胶

原纤维含量较少，且分布不均；0.25 ng MRJP3-C113-Fc治疗组在第五天时真皮层内胶原纤维排列有所分散，波浪状或束状表现减少，第七天时胶原纤维含量增多，呈波浪状或束状，排列恢复紧密且分布均匀。

## 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浙江江山健康蜂业有限公司、杭州和峰园保健品有限公司实现工程化转化，研发生产蜂王浆冻干粉（癸烯酸6%）、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8560万元，利税 324.25万元。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4项，福建省自然科学基金2项，横向研发项目6项，发表国内外期刊论文14篇，授权发明专利2项、实用新型专利5项，申请发明专利1项。

### （三）蜂产品精深加工与设备创新技术工程化应用

#### 3.1 蜂胶微胶囊的制备及其在草莓保鲜中的应用

蜂胶有抑菌、抗病毒、抗肿瘤、免疫调节、抗炎症、抗氧化性、创伤修复等广泛的生物学活性。因其不溶于水、气味浓烈等不良的感官特性，使其应用范围受限。因此，本研究选取天然蜂胶作为原材料，采用喷雾干燥工艺并选择天然高分子材料进行包封，改善蜂胶的感官特性，使其具有良好溶解性，并研发一种含有蜂胶的优质保鲜剂，然后对采后草莓果实进行保鲜研究，具体研究结果如下：

蜂胶微胶囊的制备及表征：选择阿拉伯胶和 $\beta$ -环糊精作

为壁材材料，蜂胶提取物作为芯材物质，制备阿拉伯胶- $\beta$ -环糊精蜂胶乳化液，然后经过喷雾干燥制备出阿拉伯胶- $\beta$ -环糊精蜂胶微胶囊粉末，以复合壁材比例、芯壁材比例和均质速率三个因素作为主要影响因素，以微胶囊的包埋率作为指标进行单因素实验及正交实验，筛选出的最佳制备工艺为阿拉伯胶、 $\beta$ -环糊精壁材比2: 1; 芯壁材比1: 2; 均质速率450 rpm，在此条件下蜂胶微胶囊的包埋率可达90.99%。此外，对蜂胶微胶囊的理化性质进行研究，经过粒度测定、扫描电子显微镜、热重分析和傅里叶红外光谱等方法分析与表征，粒径分布结果表明蜂胶微胶囊的粒径大体呈正态分布，平均粒径为433.67 nm; 电镜扫描结果显示蜂胶微胶囊表面具有蓬松多孔的球形结构，形态疏松; 傅里叶红外光谱显示蜂胶微胶囊中存在蜂胶和壁材的特征吸收峰，证实了各组分之间存在一些氢键和疏水键，证明微胶囊制备成功; 热重分析结果表明，壁材材料的加入提升了蜂胶的热氧化降解温度，制备的阿拉伯胶- $\beta$ -环糊精蜂胶微胶囊具有优良的稳定性。

蜂胶及蜂胶微胶囊的抑菌作用：使用蜂胶及制备的蜂胶微胶囊进行最低抑菌浓度和最低杀菌浓度抑菌实验，实验结果表明蜂胶和蜂胶微胶囊都可有效抑制大肠杆菌、金黄色葡萄球菌，蜂胶对金黄色葡萄球菌的最低抑菌浓度为0.1 mg/mL，最低杀菌浓度为0.25 mg/mL; 蜂胶微胶囊对金黄色葡萄球菌的最低抑菌浓度为0.15 mg/mL，最低杀菌浓度为0.3 mg/mL。蜂胶对大肠杆菌的最低抑菌浓度为0.25 mg/mL，最低杀菌浓度为0.25 mg/mL; 蜂胶微胶囊对大肠杆菌的最低抑菌浓度为1.25 mg/mL，最低杀菌浓度为1.25 mg/mL。

蜂胶微胶囊在草莓保鲜中的应用：将阿拉伯胶- $\beta$ -环糊精蜂胶微胶

囊用于草莓保鲜实验中，通过测定其失重率、腐烂率、硬度、可溶性固形物含量和维生素C含量来探究其保鲜效果。结果表明蜂胶微胶囊能够有效维持草莓果实的硬度、可溶性固形物含量和维生素C含量，并降低草莓果实的失重率和腐烂率。

综上所述，所制备的阿拉伯胶- $\beta$ -环糊精蜂胶微胶囊具有良好的稳定性和缓释特性，具有较好的抑菌活性，可有效降低草莓的病害发生，并且在一定贮藏时间内，可以保持草莓果实的新鲜品质。因此，有望成为一种天然、安全无毒、可生物降解的果蔬保鲜剂。

### 3.2 研究成果转化

神蜂科技研制生产多种产品：蜂王浆胶囊、蜂胶胶囊、蜂胶口喷、蜂胶软膏、神蜂精和特种蜂蜜、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上海冠生园蜂制品有限公司、北京蜂业有限公司、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等实现工程化应用，推出多种新产品，新增产值1.37亿元，利税3300万元。

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2项、福建省科技厅星火计划1项，横向科研项目5项，发表国际权威期刊论文10篇，授权发明专利1项、实用新型专利5项，研发上市新产品3个，申请发明专利1项。

### **(三) 行业服务情况**

(1) 加强与神蜂科技开发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，取得较好的社会效益。

2023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。

## （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。

2023年度，本中心联合该公司研发蜂胶分层低温浸提设备，并申请实用新型专利1项；同时，进行了品牌升级开发出新包装的签蜜（百花、洋槐、椴树）；联合研发开发了高标准的蜂王浆冻干粉（葵烯酸6%）、随手礼的蜂王浆香皂和蜂胶牙膏产品，市场使用广泛。

### （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 m<sup>2</sup>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。

2023年，本中心与该公司联合研发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。

2023年，本中心与该公司加大了研发力度，相继开发出了鲜蜂王浆冻干粉智能生产装置、环保型蜂王浆自动过滤生产装置以及低王浆酸流失冻干工艺，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200余吨，蜂蜜3000余吨，蜂胶50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”、“厦门新阳之光"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，2023年度，联合研发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。2023年度，本中心与该公司联合研发了蜂毒透骨贴的配方，用于缓解关节不适，已申请蜂毒透骨疗法的发明专利；研发“意蜂蜜浆双高产免移虫育王及抽动式超低继箱培育技术”，通过优化育王工艺提高蜂王浆产量；升级了蜂胶西洋参软胶囊产品线，提升产品纯度和功效。

### 三、学科发展与人才培养

#### （一）支撑学科发展情况

本中心有力地支撑了学校2023年“植物学与动物学”入选ESI全球前1‰学科，是全校第一个进入ESI前1‰的学科。2023年兽医学再次进入世界一流学科排名榜单，位居101-150，兽医学于2021年首次进入榜单，已连续三年上榜。动物医学居“软科中国大学专业排名”12位，排名层次B+，动物科学居32位，排名层次B。

##### （1）为本科生、研究生的科研和创新创业提供服务

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1500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。

##### （2）承担教材建设任务

中心成员出版了《蜜蜂遗传育种学》、《蜂学实验实践指导》，同时还承担了《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。

### （3）支撑专业学科发展

以中心原有研发成果蜜蜂电子取毒器为原型，开发了《优质蜂毒的采收虚拟仿真实验》用本科生教学和行业技术培训并获批国家级一流课程，以共建单位的神蜂精生产线为原型，开发了《蜂毒搽剂的虚拟仿真实验项目》获批福建省一流课程；为福建农林大学蜂学与生物医药学院蜂学专业入选国家级一流专业建设点和获批兽医专业博士点提供科研平台支撑。

### （二）人才培养情况

（1）人才培养总体情况：培养博士毕业生5人，在读博士生15人；硕士毕业生30人，在读硕士研究生91人；培养蜂学本科毕业生58人。学生参与发表论文50多篇，开展蜂业科技培训达5000多人次。

（2）研究生参与完成的代表性成果：

[1] Shuo Han, Lifu Chen, Yi Zhang, et al. Lotus bee pollen extract inhibits isoproterenol-induced hypertrophy via JAK2/STAT3 signaling pathway in rat H9c2 cells[J].

*Antioxidants*, 2023, 12(1): 88.

[2] Peiying Shi, Tianyu Du, Fei Meng, et al. Ethanol extract of propolis alleviates diabetic cardiomyopathy via JAK2/STAT3 signaling pathway[J]. *Journal of Functional Foods*, 2023, 107: 105688.

[3] Weihua Tan, Yuanyuan Tian, Qingya Zhang, et al.

Antioxidant and antibacterial activity of *Apis laboriosa*

honey against Salmonella entericaserovar Typhimurium[J].  
Frontiers in nutrition, 2023, 10: 1181492.

(3) 国内外科研机构和行业企业开展联合培养情况  
福建农林大学与法国图卢兹第三大学综合生物学中心动物认知研究中心卓越教授马丁·吉拉发(Martin Giurfa) 联合在Science发表论文。其他研究生通过微信等通讯工具与外籍专家Zachary Yong Huang, Hongmei Li等进行沟通交流。

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64人，其中正高级职称24人，占37.5%。40岁以下研发骨干26人，占人员比例为40.6%，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。引进中国农业大学等优秀博士2名，已入选福建省高层次C类人才。

## **四、开放与运行管理**

### **(一) 主管部门、依托单位支持情况**

2023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350.4万元，其中包括农业部部拨经费每年200万元，学科建设经费150.4万元。增加生物学博士招生指标1名，硕士生招生指标5人。

。

## **(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精神，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5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50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5个，覆盖师生150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5场。

## **(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2023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多项战略建议，并强调需聚焦蜂产业加工与应用领域的核心瓶颈（如活性成分高效提取、功能产品精准开发），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，在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科技创新和成果转化应用。

本中心在蜂胶微胶囊的制备及其在草莓保鲜中的应用取得突破。蜂胶有抑菌、抗病毒、抗肿瘤、免疫调节、抗炎症、抗氧化性、创伤修复等广泛的生物学活性。因其不溶于水、气味浓烈等不良的感官特性，使其应用范围受限。因此，本中心选取天然蜂胶作为原材料，采用喷雾干燥工艺并选择天然高分子材料进行包封，改善蜂胶的感官特性，使其具有良好溶解性，并研发一种含有蜂胶的优质保鲜剂，将阿拉伯胶- $\beta$ -环糊精蜂胶微胶囊用于草莓保鲜实验中，通过测定其失重率、腐烂率、硬度、可溶性固形物含量和维生素C含量来探究其保鲜效果。结果表明蜂胶微胶囊能够有效维持草莓果实的硬度、可溶性固形物含量

和维生素C含量，并降低草莓果实的失重率和腐烂率。蜂毒对皮肤鳞状细胞癌A431细胞抑制机制取得新成果。皮肤鳞状细胞癌（cSCC）的发病率正在逐年增加。由于局部晚期不再适合手术及放射治疗，所以有待寻找一种安全有效的天然药物。国内外大量研究表明蜂毒具有抑制癌细胞生长的作用，但是对cSCC A431细胞系的增殖抑制作用机制尚未见报道。本中心使用CCK-8法研究了蜂毒对A431细胞的增殖抑制作用，运用Label-free技术、非靶向代谢组学研究并验证了其作用机制，并研究了蜂毒对A431细胞移植瘤裸鼠肿瘤生长的抑制作用。因此本研究可以为cSCC的新药物的开发和临床治疗提供理论依据。在蜂产品保健功能研究方面取得诸多成果。发现荷花蜂花粉提取物抗心肌细胞肥大的作用及机制，荷花蜂花粉提取物对异丙肾上腺素致心肌细胞肥大的保护作用与降低氧化应激水平、抑制炎症反应和抗凋亡作用密切相关，并通过JAK2/STAT3信号通路抑制心肌细胞肥大。该研究揭示了荷花蜂花粉提取物抑制心肌细胞肥大的作用机制，为蜂花粉防治心血管系统疾病的开发利用提供了依据。蜂胶提取物改善糖尿病心肌病的作用及机制得到证实。本研究通过建立链脲佐菌素诱导糖尿病大鼠模型，进一步探究蜂胶乙醇提取物对糖尿病大鼠心脏损伤的保护作用，并通过蛋白组学技术分析其作用机制；此外，建立高糖损伤心肌细胞模型，采用western blot对作用机制进行验证。该研究揭示了蜂胶乙醇提取物改善糖尿病心肌病的作用机制，为蜂胶改善糖尿病心肌病的开发利用

用提供了依据。发现中国蜂胶对皮肤癌细胞的抑制作用。本研究采用CCK-8测定、非靶蛋白质组学、RT-PCR和异种移植物肿瘤模型探索蜂胶抑制皮肤癌A431细胞及其机理。蜂胶乙醇提取物对A431细胞增殖的抑制率呈剂量依赖性，IC<sub>50</sub>为39.17 μg/mL。与对照组相比，EEP组有103种蛋白（53.37%）上调，90种蛋白（46.63%）下调。KEGG分析显示主要调控的通路是细胞外基质-受体相互作用、阿米巴病、细胞粘附分子等。100mg/kg EEP组的肿瘤体积与对照组有显著差异。研究结果为蜂胶潜在治疗人CSCC A431细胞肿瘤提供了理论依据。揭示MRJP3 C端片段对伤口愈合模型的作用及机制。蜂王浆主蛋白（MRJP）2/3/7混合物在体外模型中具有促进人永生化角质形成细胞（HaCaT）增殖和迁移的作用。然而，发挥作用的确切成分和机制仍未知。在本研究中，我们对MRJP2/3/7进行结构预测和分析，选定MRJP3 C端的113个氨基酸片段作为研究对象，利用人胚肾上皮细胞（HEK-293F）将该片段与人免疫球蛋白Fc片段进行重组表达，获得重组蛋白MRJP3-C113-Fc。研究发现，该重组蛋白可促进体内、体外的伤口愈合，并从细胞水平和分子水平探究其促伤口愈合的机制。

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，2023年产值达3350万元。本中心积极加强与浙江江山健康蜂业有限公司研发蜂胶分层低温浸提设备，并对品牌产品进行升级；联合云南中蜂蜂业有限公司研发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，相继开发出了鲜蜂王浆冻干粉智能生产装置、环保型蜂王浆自动过滤生产装置以及低王浆酸流失冻干工艺，开发了蜂胶类新产品；联合厦门思健生物科技有限公司研发思健牌系列维生素与矿物质软胶囊，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。本中心联合浙江长兴意蜂科技有限公司研发了蜂毒透骨贴的配方，用于缓解关节不适，已申请蜂毒透骨疗法的发明专利；研发“意蜂蜜浆双高产免移虫育王及抽动式超低继箱培育技术”，通过优化育王工艺提高蜂王浆产量；升级了蜂胶西洋参软胶囊产品线，提升产品纯度和功效。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。

本中心有力地支撑了学校2023年“植物学与动物学”入选ESI全球前1‰学科，是全校第一个进入ESI前1‰的学科。2023年兽医学再次进入世界一流学科排名榜单，位居101-150，兽医学于2021年首次进入榜单，已连续三年上榜。动物医学居“软科中国大学专业排名”12位，排名层次B+，动物科学居32位，排名层次B。本中心为本科生、研究生的科研和创新创业提供服务。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1500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。承担教材建设任务，中心成员出版了《蜜蜂遗传育种学》、《蜂学实验实践指导》，同时还承担了《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。支撑专业学科发展，以中心原有研发成果蜜蜂电子取毒器为原型，开发了《优质蜂毒的采收虚拟仿真实验》用本科生教学和行业技术培训并获批国家级一流课程，以共建单位的神蜂精生产线为原型，开发了《蜂毒搽剂的虚拟仿真实验项目》获批福建省一流课程；为福建农林大学蜂学与生物医药学院蜂学专业入选国家级一流专业建设点和获批兽医专业博士点提供科研平台支撑。

本中心人才培养总体情况：培养博士毕业生5人，在读博士生15人；硕士毕业生30人，在读硕士研究生

91人；培养蜂学本科毕业生58人。学生参与发表论文50多篇，开展蜂业科技培训达5000多人次。福建农林大学与法国图卢兹第三大学综合生物学中心动物认知研究中心卓越教授马丁·吉拉发(Martin Giurfa) 联合在Science发表论文。其他研究生通过微信等通讯工具与外籍专家Zachary Yong Huang, Hongmei Li等进行沟通交流。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。

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 <sup>2</sup>		当年新增面积	0.0 m <sup>2</sup>	
固定人员	53 人		流动人员	11 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	1项	二等奖	1项
当年项目到账总经费	1646.0万元	纵向经费	1321.0万元	横向经费	325.0万元
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	22项	其他知识产权	2项
	参与标准与规范制定情况	国际/国家标准	1项	行业/地方标准	8项
	以转让方式转化科技成果	合同项数	19项	其中专利转让	17项
		合同金额	85.0万元	其中专利转让	78万元
		当年到账金额	71.0万元	其中专利转让	65.0万元
	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		21项		技术开发、咨询、服务项目合同金额		310.0万元	
当年服务情况		技术咨询		5次			培训服务		20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		10人		在读硕士		60人	
			当年毕业博士		3人		当年毕业硕士		23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	320学时	大专院校教材	2部		
研究队伍建设	科技人才		教授	21人	副教授	24人	讲师	14人		
	访问学者		国内		2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		