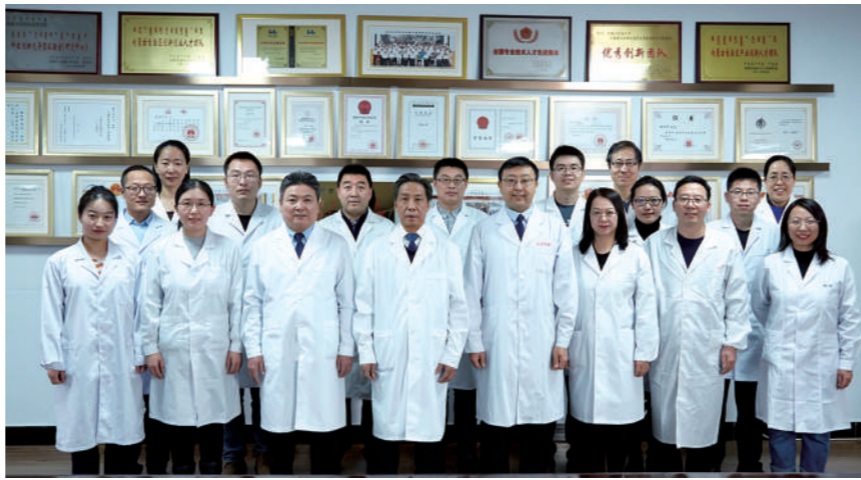




张和平教授观察乳酸菌菌落形态。



内蒙古农业大学乳品生物技术与工程教育部重点实验室团队合照。



张和平教授早年采集自然发酵乳制品样本。

内蒙古农业大学始终坚持落实“科技兴校”工程，紧紧围绕国家及自治区重大实践需求，聚焦创新驱动发展战略，着力开展创新人才培养、创新成果培育和创新高地建设，被科技部认定为“国际科技合作基地”。学校注重加强科研团队建设，制定实施了《内蒙古农业大学创新团队建设管理办法》，立足农牧林水草乳沙优势学科，依托47个优质省部级科研平台，打造支持了29支科技创新团队和18个种业领军人才团队，着力破解自治区农牧业和生态领域“卡脖子”问题。

内蒙古农业大学聚集自治区乳业等优势资源开展种业协同攻关，引导青年人才开展有组织科研，形成“一个平台、建设一支团队、吸纳N名青年英才，开展‘拳头式’攻关的‘1+1+N’”有组织科研新体系，科研团队建设水平不断提升。在众多科研团队中，张和平教授带领的“乳酸菌与发酵乳制品”团队取得了卓越的科研成果。

张和平团队

“寻菌”34年 让世界看到中国乳酸菌产业

在内蒙古农业大学乳品生物技术与工程教育部重点实验室三楼有一个微生物种质资源库，这个保存有47573株乳酸菌的种质资源库，是目前全球最大、种类最全的原创性乳酸菌种质资源库，也是首批国家农业微生物种质资源库。这一资源库的建立，为乳酸菌研究和深度开发利用提供了战略性资源保障。

推开资源库厚重的大铁门，冷气扑面而来，10余个柜子上整齐排列着一个个收纳盒，盒子上贴着“内蒙古地区菌株”“天宫2”“哈萨克斯坦菌株”等标签，注明了盒内乳酸菌菌株的分离源。

依托该资源库，张和平教授团队耗时5年，建成全球最大的乳酸菌基因组数据库iLABdb，数据库破解6.2万余个乳酸菌基因组，首创性地整合菌种资源、基因组信息、临床试验数据等关键指标对乳酸菌进行高效挖掘，并基于大数据和人工智能算力为乳酸菌产学研开发利用搭建里程碑式的“数据桥梁”。这一重大成果近日发布，再次展现了我国在微生物学研究领域的领先地位和国际影响力，也将为全球乳酸菌研究与产业发展贡献积极力量。

一个我国乳酸菌领域里程碑式的大事件背后，凝结了内蒙古农业大学乳品生物技术与工程教育部重点实验室主任张和平教授团队34年的拼搏奋斗与孜孜以求。

拓荒乳酸菌领域 筑牢种质资源根基

乳酸菌与我们的生活息息相关，人类60%的食物都与乳酸菌发酵有关，乳酸菌在食品工业、健康医疗、农业和生态保护等领域广泛应用，被认为是重要的微生物战略资源之一。

作为生产发酵乳制品的核心，乳酸菌被称为乳品工业的“芯片”。然而我国对于乳酸菌的研究起步较晚，在20世纪八九十年代，还存在优良菌种缺乏收集保护、种质资源库建设滞后、优良菌株筛选技术匮乏等大量问题，也没有自主研发的技术与能力。当时有关乳制品发酵剂的研发技术、知识产权以及菌种和产品几乎都被西方国家所掌控，我国的乳品企业基本上全部采用国外的菌种进行生产。

1989年，张和平从内蒙古农牧学院（现内蒙古农业大学）畜产品加工专业硕士毕业后留校任教，在对乳制品研究的不断探索中，他将

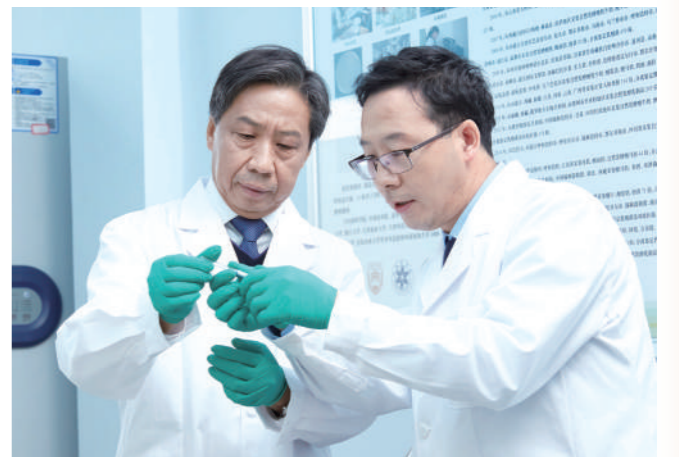
乳酸菌作为自己的主要研究方向。张和平暗下决心，要建立我们自己的乳酸菌种质资源库，打破西方国家优良菌种的垄断。

从最初的一个人到现在带领团队一起做，收集研究乳酸菌的工作逐渐开展开来。行程上百公里到偏远的牧区，只为讨一碗牧民自制的酸奶；走泥泞的山路、住漏风的窑洞，只为给村民家灶台上的一壶酸粥采样……张和平带领团队几十年如一日“寻菌”，累计从全球32个国家采集自然发酵乳制品等样品6202份，从中分离、鉴定和保藏了47573株乳酸菌菌株，逐渐丰富了我国缺乏优良益生乳酸菌的现状，也丰富了国产益生乳酸菌的资源。

随着资源库规模日渐壮大，张和平产生了建立乳酸菌基因组数据库的想法。乳酸菌系统发育关系复杂，菌株间功能和代谢差异极

大，难以通过传统实验方法系统地研究和挖掘，这大大限制了乳酸菌开发与利用效率。因此，利用前沿的生物信息技术和先进算法，建立可对乳酸菌进行高效挖掘的数据库和平台，是全球学界和产业界共同愿望与迫切需求。

依托乳酸菌种质资源库，张和平带领团队于2018年在国际上率先启动了“乳酸菌万株基因组计划”，基于已完成的11678株乳酸菌基因组数据，结合公共数据库中51900个乳酸菌基因组信息，创建了全球首个集乳酸菌基因组数据与功能研究于一体的共享平台——iLABdb数据库。iLABdb数据库集成超过62900个乳酸菌基因组序列和元数据信息，包括序列分析、可视化和数据共享工具，为乳酸菌物种注释、功能解析和深度开发利用提供了高效的分析利用手段。



张和平教授指导乳酸菌菌株入库。



张和平团队跋山涉水采集自然发酵乳制品样本。



张和平团队在内蒙古自治区锡林郭勒盟采样。

破解“卡脖子”难题 让中国酸奶用上中国菌种

乳酸菌被誉为发酵乳品行业的“芯片”，但乳业加工生产领域相关益生菌筛选技术落后和优良菌株匮乏，成为我国乳酸菌产业发展的瓶颈。

“让中国酸奶用上中国菌种”，是张和平投身乳酸菌行业研究的初衷。张和平坚信，关键技术要不来、等不来，要靠自立自强。

随着乳酸菌种质资源库和基因数据库的建立，我国对乳酸菌的研究进一步深入，也为产业应用，特别是核心技术国产化奠定了基础。团队基于基因组大数据，采用深度学习的人工智能方法与理论，深入挖掘与益生特性、生产性能相关的功能基因，创建了益生乳酸菌人工菌种筛选平台iProbiotics，建立了高质量肠道微生物基因组集，明确了中国人肠道微生物构成特征。

针对不同类型肠道菌群特点，团队不仅揭示了乳酸菌通过调节肠道菌群及其代谢发挥作用的新机制，还筛选出具有维持肠道菌群稳态、调节代谢和免疫等优良特性的乳酸菌104株，其中专利菌株干酪乳杆菌 Zhang、植物乳杆菌 P-8 和动物双歧杆菌乳亚种 V9 等行业明星菌株，不仅改变了我国缺乏优良益生乳酸菌的现状，也丰富了国产益生乳酸菌的资源。

过去，由于益生菌的活性不稳定，企业生产出来的益生菌很快丧失活性，这一问题一度成为制约行业发展的“卡脖子”难题。团队集智攻关，创制了微包膜高效保护的益生乳酸菌冷冻干燥技术，运用该技术，使得活菌得率由60%提高至90%以上，生产出的发酵剂(制剂)活菌数达1.5万亿CFU/g，整体产品和技术达到国际先进水平。

这些原创性菌株和发酵剂规模化加工技术在北京科拓生物成功转化并助力企业上市后，成为“中国益生菌”第一股。优良菌株被蒙牛、新希望 and 完达山等23家乳品公司采用，取代了原有的进口菌种，极大提升了企业核心竞争力。

如何助力企业破解乳品生产加工领域发酵乳同质化难题？团队创新高活性益生菌发酵乳加工关键技术，助力企业实现了多项跨越性的突破：开发出用于蒙牛“欧式发酵”和“特仑苏”酸奶、新希望“初心”酸奶和完达山“高钙”酸奶等产品的低活性复合发酵剂19种，解决了发酵乳产品同质化难题。以植物乳杆菌P-8开发的达利园大豆植物基乳酸菌饮料，实现了发酵乳产品国产菌株的突破；以副干酪乳杆菌PC-01开发的蒙牛“优益C”乳酸菌饮料，打破了此类产品菌种完全依赖进口的局面。

扎根大地写就创新论文 埋首一线砥砺家国情怀

“要让实验室成果走出去，落到车间里、牛舍里，把创新的论文写在大地上，在祖国和人民需要的地方发挥作用。”为促进科学研究和产业发展深度融合，张和平带领团队扎根基层、问计于民。

团队通过对奶牛规模化养殖存在的乳腺炎多发和抗生素滥用等问题进行深入研究，明确了肠道菌群紊乱是引发乳腺炎的重要原因之一。依据奶牛不同生理阶段肠道菌群特征，研创了适用于奶牛健康养殖的3个系列13款产品，在中国圣牧、首农集团和光明乳业等18家规模化养殖企业59个万头牧场推广使用。通过添加乳酸菌制剂，隐性乳腺炎下降45%，饲料利用率提高6.2%，产奶量提升4.5%，降本增效提升了15%以上。

团队还解析了青贮发酵过程中微生物动态变化规律，开发出适用于制备玉米、苜蓿和饲用燕麦青贮的青贮邦、益贮邦等4个系列青贮发酵剂。发酵剂在青贮制备过程中可快速大量产酸，抑制酵母和霉菌的生长、缩短发酵周期，使干物质损失减少8.2%。该项技术应用于现代牧业、辉山集团和温氏乳业等200余家规模化养殖企业与饲料企业，累计发酵青

贮3000余万吨，青贮饲料消化利用率提高了6.5%，极大缓解了“牛与人争耕地”的局面，提升了奶牛绿色养殖水平。

为使科技成果更好地得到转化，让更多企业和农牧民受益，基于我国传统乳品产业现状和发展趋势，团队在内蒙古、西藏、新疆等6个地区建立传统乳品现代化生产技术示范点23个，制定修订了11项食品安全地方标准，革新工艺技术、规范操作流程，培训农牧民3900余人次，为助力乡村振兴、促进我国传统乳品产业健康持续发展作出积极贡献。

多年来，张和平扎根根根大地深耕教学与科研一线，他悉心栽培后人，搭建了乳酸菌筛选与乳品发酵技术国家地方联合工程实验室等15个省部级以上平台，带领“乳酸菌与发酵乳制品”团队入选教育部、科技部、农业农村部创新团队，团队获评全国专业类人才先进集体、神农中华优秀创新团队，并入选全国高校黄大年式教学团队。这支优秀的团队中，共有青年骨干教师30人，博士生54人，硕士生160人，其中不乏有长江学者、国家杰青、国家优青等各级各类优秀人才。

作为首席专家，张和平主持了“十四五”国

家重点研发专项、国家自然科学基金重点项目和国际合作重点项目等多个重大项目，获得何梁何利基金创新奖、国家及自治区科学技术进步奖等多项奖励。他本人获评国家杰青、长江学者特聘教授、国家“万人计划”科技创新领军人才、全国农业科研杰出人才和全国先进工作者等多项荣誉称号，并发表学术论文331篇、主编学术专著6部、授权发明专利45项，制定修订地方标准11项。

乳酸菌的世界很大、很丰富，探索，永无止境。乳酸菌这个名字出现仅百余年，但对乳酸菌的应用却有上千年的历史。现如今，乳酸菌不只用于食品生产，在药物研发、动物健康养殖、控制病虫害等领域同样发挥着重要作用。

近期国务院发布的《国务院关于推动内蒙古高质量发展奋力书写中国式现代化新篇章的意见》中提出，支持开展奶牛育种联合攻关，整县推进奶业生产能力提升，建设面向全国的乳业交易中心。为更好地助力自治区高质量完成两件大事，张和平团队计划到2025年完成4万株乳酸菌基因组的测序，揭示出更多的乳酸菌多样性分布生态学规律，继续对乳酸菌进行有针对性的开发利用。



内蒙古农业大学乳酸菌种质资源库。

(本版文图均由内蒙古农业大学党委宣传部提供)