

当前,我国乳业正处于转型阵痛期。推动牛奶中每一种成分都实现高值化利用,是中国乳业从规模增长向价值提升的转型升级关键方向。研发乳铁蛋白提取技术,其价值远不止于单一原料本身,掌握了这项核心技术,未来就能实现更多功能性蛋白的高效提取与应用。

“十四五”时期乳铁蛋白实现国产,中国乳业跨入价值链上游——

“奶中黄金”提取记



冯建伟 赵炜

2022年4月,乍暖还寒的松嫩平原上积雪尚未消尽。工程师程健博和7位同事挤在黑龙江飞鹤乳业哈尔滨工厂预处理车间调试设备,他们已连续多天没睡过“囫圄觉”。

东北的寒夜漫长难熬,但当时间走到12日21时17分时,车间内瞬间沸腾了,工程师们争先恐后地涌向浓缩罐上一张扑克牌大小的视窗,透过视窗他们终于见到了闪耀着“金属光泽的紫红色”,这是独属于液态乳铁蛋白的颜色。两两拥抱、击掌庆祝,还有人躲在角落默默擦去泪水……这群平均年龄只有30岁的“大男孩”,激动于自己成为第一批见到国产乳铁蛋白的人,更欣喜于见证了中国乳业核心技术突破的里程碑时刻。

乳铁蛋白是母乳中重要的活性蛋白,更是婴幼儿初次获得免疫力保护的关键营养物质之一,平均每1吨牛奶才能提取出70克,被誉为“奶中黄金”。由于此前国内没有掌握生产乳铁蛋白的关键技术和设备,完全依赖进口,破解这一难题,成为“十四五”时期我国乳业高质量发展的重要任务。

让中国宝宝喝上国产优质“口粮”,“十四五”期间,国家重点研发计划针对婴幼儿配方奶粉行业亟待突破的关键核心技术,创新性地设立“揭榜挂帅”机制,把项目交给真正想干事、能干事的团队。

2021年,由江南大学牵头,联合中国农业科学院农产品加工研究所、大连工业大学等单位,携手飞鹤乳业共同揭榜了“婴幼儿配方奶粉行业亟待突破的关键核心技术,创新性地设立‘揭榜挂帅’机制,把项目交给真正想干事、能干事的团队。”

抢回“失去的10年”

时间回到20世纪60年代初,新中国物资匮乏,江浙沪一带的福利院里曾接收大量缺乏哺育、营养不良的孤儿。受限于孱弱的奶粉生产能力,党中央紧急协调内蒙古,先后将约3000名孤儿接到草原,交由当地牧民悉心抚养。牧民们坚定“交一个、活一个、壮一个”的信念,精心照料每个孩子。这些孩子日后都健康成长,书写了一段流淌民族大爱的历史佳话。

“三千孤儿入内蒙古”的往事,折射出奶粉对于婴幼儿成长的重要作用。而我国奶粉行业,却在近乎“零基础”上艰难起步:当年国有农场收集鲜奶,靠大锅熬煮,拿擀面杖碾成粉,再简单装袋销售。为何在导弹、卫星这些国之重器领域能奋起直追,但生产小小的一罐奶粉却一度步履维艰?



飞鹤母乳研究实验室。

2017年以来,乳铁蛋白价格从每公斤3000元一度飙升至3万元,涨幅高达10倍,最后只能由中国企业和消费者买单;二是供应不稳定,疫情、局部冲突、地缘政治等因素,让供应链存在说断就断的风险。

抢回中国乳业“失去的十年”,科研机构聚焦技术瓶颈、企业聚焦产业化落地,共同吹响了乳铁蛋白国产化的冲锋号。

硬碰“饱和式研发”

“你打过电脑游戏吗?”

初见程健博,圆寸发型、黑框眼镜、身形清瘦的形象十分符合人们对于工程师的职业印象。这名“90后”是飞鹤乳业工艺研发工程师,他在井然有序的生产车间抛出这样一个看似不着边际的问题,让人颇感意外——其实,他是想形容科研团队当时的攻坚状态。

程健博清楚地记得,在生产出乳铁蛋白的最后时刻,设备操控台上的仪表接连亮起红灯,不断处理突发状况,仿佛电脑游戏激战正酣时,十个手指的“微操”不暇顾及几十、上百个按键。“如果设备爆炸了,怎么跟公司和供应商交代?”他说。

那种感觉“随时会爆炸”的压力并非骤然汇集,更像是一场层层传导、环环相扣的马拉松接力。

对蒋士龙而言,成功揭榜“十四五”国家重点研发计划项目并不意外,毕竟飞鹤早已在婴幼儿配方奶粉的国产化开展探索,在相关领域相继参与了9项国家和省级重点项目,对脱盐乳清、OPO结构脂等关键原料进行研究并实现产业化应用。但这一次面对乳铁蛋白却有其特殊性,国内外的乳品消费习惯差异很大,注定在提取方式的基础原理层面要走一条中国特色之路。

“牛奶的主要成分是蛋白质、脂肪和水,脂肪和部分蛋白质以微粒的形态悬浮在水中。世界上的乳铁蛋白大都是从生产奶酪的副产品中提取,先通过发酵使牛奶中酪蛋白凝固后,析出的乳清就是提取乳铁蛋白的原料。”蒋士龙介绍,我国乳品消费结构并不均衡,液态奶占比超80%、人均奶酪消费不到0.3公斤,而欧美国家人均奶酪消费在13公斤左右。“喝奶”为主和“吃奶”为主的结构差异,使得照搬国外乳铁蛋白提取模式,会产生大量国内市场无法消化的酪蛋白,造成原料浪费。

直接从鲜奶中提取!依据国内市场的客观形势,飞鹤决定大胆创新。这一思路得到了重点研发计划项目团队江南大学、大连工业大学等科研机构的大力支持——江南大学陈卫院士团队凭借在乳蛋白分离领域的积累开展技术论证,大连工业大学则依托在乳铁蛋白结构与提取技术上的研究成果,为这一思路的落地提供理论支撑。

但这条全新的道路,依旧困难重重。乳铁蛋白提取可以使用超滤膜分离法,按分子孔径分级过滤不同蛋白,成本低、装置简单、操作容易,但提取纯度只有60%左右,远低于国标95%的要求;另一种是离子交换层析法,利用蛋白电荷差异进行吸附分离,这在

制药领域应用成熟,提取纯度可达90%以上,但在国内的奶粉生产领域还处于技术空白。

这种方法太“贵”了。制药行业剂量小、设备精良、产品利润高,技术路线应用起来毫无压力。而奶粉不同,产能动辄以百吨起步,设备更是庞然大物,应用起来需要全新的工艺设计。“切割钻石的仪器和工艺固然精巧,但用在造房子上还是大奢侈了。”蒋士龙打了个比方,但为了高纯度、高活性的乳铁蛋白,项目团队还是决定迎难而上。中国农业科学院农产品加工研究所和国家奶牛产业技术体系也主动加入,聚焦离子交换层析法在乳品领域的工业化适配难题,提供了专业的工艺优化建议。

基本思路确定后,研发具体工艺的压力传递到程健博和他的同事们。实验室内,他们无数次深夜讨论方案直至天明,会因进展开怀大笑,也会因为细节争得面红耳赤。为了验证理论设计的可行性,团队整日和材料、设备泡在一起,辨别不同物质、温度、压力等变量间的微小差异。

“比如常见的吸附材料树脂就有几百种,我们需要吸附能力强、足够耐压、密度合适的,还要考虑到使用寿命。”程健博说,目标很明确,更高的提取纯度,更好的蛋白质活性,还有更高的提取效率,这些都没有现成的答案,只有不断地测试。倦了,喝杯浓茶提神;困了,躺在床上打盹……“没有捷径和秘诀,我们形容为‘饱和式研发’。”程健博坦言。

2022年4月12日晚,国产奶粉行业迎来了里程碑时刻。当第一批国产乳铁蛋白出现在飞鹤哈尔滨工厂的浓缩罐里,车间内不知是谁先冲破压抑已久的情绪,喊出一句:“开创先河了!”

跨过“达尔文死海”

哈尔滨向北200多公里,齐齐哈尔克东县坐落着飞鹤创业以来的第一座工厂。然而,不像地图上点与点之间可以衡量的物理距离,许多走出实验室的创新成果并未平安抵达产业化应用的终点。

早在2016年全国两会上,“达尔文死海”就成为科研界与产业界共同关注的热词。它指理论研究走向市场应用的空白地带,如同生命难以生存的“死海”,形象道出技术研发与产业落地之间的脱节。想要跨越科技创新航线上这段令人生畏的“断裂带”谈何容易,大量科研成果满怀希望地启航,却在迈向市场的途中接连碰壁:从毫克级到吨级的工艺放大难题、高额投入下的经济性拷问、复杂环境下的稳定性挑战……任何一道浪头都可能吞噬科技创新的航船。

在拿到乳铁蛋白生产许可之前,重点研发计划项目团队成员设备工程师关海舟就一直“提心吊胆”。尽管介于实验室研发与大规模量产之间的中试试验成功了,但负责整合国内资源和设备的他很清楚,飞鹤的目标是打造一条核心设备和技术国产化的自动化生产线。实验室里常见的几升、几十升鲜奶



飞鹤乳铁蛋白生产线。

在车间陡然变成上百吨,在工业生产的流水线上,所有微小的疏忽都会被迅速放大。

将用于制药的技术和设备用于乳品原料提取,在国内尚属首次。容量、材质要求不同,需要单独定制,和制药行业合作很成熟的设备供应商觉得“挑战太大”,而关海舟和团队能做的只有精进、再精进。“我们对每一个零部件的质量和验收标准都更加严格。”关海舟说,为了不断趋近“天衣无缝”的状态,飞鹤要求生产线的每一颗螺丝、每一块连接的不锈钢都必须可追溯。

过了设备供应和整合关,还有调试关。关海舟回忆,第一次做量前的试验,头一个环节就出现了问题,而像这样大大小小的调试,不记得经历了多少次。他和同事们每天早上6点就进入车间,在生产线和中控室间反复观察设备,测试完成常常已是晚上12点。

无数次的心情起落,终于在2022年5月23日尘埃落定,飞鹤建成各项指标都达到理想状态的乳铁蛋白生产线,并成功获批乳铁蛋白生产许可。

经过一年多的项目建设,2024年11月6日,飞鹤克东工厂通过30个小时测试,圆满完成了150吨脱脂乳清提取乳铁蛋白生产任务。“这标志着国内首条应用离子交换层析分离技术与低温喷雾干燥工艺的乳铁蛋白生产线,具备了商业化生产条件。”厂长李洋说。至此,项目团队终于完成了重点研发计划“揭榜挂帅”项目的军令状。

目前,飞鹤首条乳铁蛋白生产线年收益已达2730万元,相关技术成果持续向黑龙江、内蒙古、宁夏等多地工厂转化输出,预计到2026年底,将建成共9条生产线,年产乳铁蛋白约50吨。

在体量庞大的中国乳业,为何飞鹤能率先在乳铁蛋白提取领域跨过“达尔文死海”?答案或许早在几年前就已经埋下:2012年,当要配粉关键原料脱盐乳清仍高度依赖国外进口时,飞鹤就开始推进自主研发生产,正是这段与乳铁蛋白攻关相似的经历,让企业逐步积累起充足的人才与技术储备。

锚定“长期主义”的劲头到现在也没放松。走过了最难的一段路,关海舟依旧忙碌。“生产线目前的状态是最完美的吗?持续优化的念头还在他心里打转,如今经验、样本都有了,再建新的生产线就会简单起来。他相信,依靠国产化技术,真正改变乳铁蛋白依赖进口的局面,在国家重点研发计划支持下,飞鹤先迈出了第一步,一定会带动整个行业做出更多探索。

领跑“新的竞速赛”

一段跋涉的结尾,也是一段新的开始。飞鹤哈尔滨智能产业园的展示长廊内,陈列着乳铁蛋白、骨桥蛋白、α乳白蛋白等9种飞鹤近年来实现自产的婴幼儿配粉关键原料。

这段步行10分钟就可以走完的长廊,浓缩着中国乳业10多年来不断突破核心技术的历程。回顾来时的不同声音,现代产业体系本就建立在国际分工的基础上,从国外进口原料,行业内行家如此,选择多、省心力,何必冒这么大的风险?做第一个吃螃蟹的人,值得

吗?

答案是显而易见的。蒋士龙还记得,乳铁蛋白“揭榜挂帅”项目上马前,飞鹤也曾向国外设备厂商询价,但对方一条生产线上亿元的报价,以及不共享关键技术、出现问题国外技术团队“打飞的”过来维护等苛刻条件,意味着企业的命运仍攥在别人手中。更关键的是,随着2023年“史上最严”的婴幼儿奶粉新国标出台,一场“新的竞速赛”已经打响。

“导向很明确,中国的婴幼儿奶粉,就该为中国宝宝‘量身定做’,产品的最终追求,是更贴合中国宝宝体质、最大程度贴近中国母乳。”蒋士龙表示,除了原料与制造技术方面的欠缺,长期以来我国婴幼儿奶粉的配方设计,多参照国外母乳标准,难以完全适配中国婴幼儿的营养需求。

目前,飞鹤乳业携手北京大学医学部共建营养与生命健康发展联合实验室,联合中国农业科学院农产品加工研究所共建乳品工程实验室,围绕中国母乳成分开展系统性研究,重点分析不同健康状况下母乳的成分差异、活性物质变化规律,以及这些因素对婴幼儿生长发育的影响,指导婴幼儿奶粉配方优化。

“像西北内陆和沿海地区,因为饮食习惯不同,母乳中各类蛋白质的组成也存在明显差异。”实验室负责人李懿霖介绍,该项目已建成具有代表性的中国母乳成分数据库,未来还将在母乳功能成分检测方法、标准制定、营养及配粉功效评价模型、更先进的“锁鲜”工艺研发等方面持续发力,为中国宝宝带来更贴近母乳的科学营养方案。

我国婴幼儿奶粉的生产,已经从依赖进口大包粉、国内二次混装加工的1.0时代,升级到一部分原料实现国产化、采用干湿复合工艺生产的2.0时代。随着科研理论与生产工艺深度融合,直接按照科学配方进行液态生产的3.0时代即将到来。

“研发乳铁蛋白提取技术,其价值远不止于单一原料本身。”蒋士龙揭开蓝图的一角,“更关键的是掌握了这项核心技术,未来就能实现更多功能性蛋白的高效提取与应用。”

当前,我国乳业正处于“价格历史最低、亏损范围扩大、调整周期拉长”的阵痛期。推动牛奶中每一种成分都实现高值化利用,乳铁蛋白的国产化突破,正是中国乳业从规模增长向价值提升的转型升级关键方向。

国产乳铁蛋白的技术路线,与传统从乳清中提取的方式不同,它以生鲜乳为原料,直接分离制备各类乳功能成分,更符合我国乳业发展的现实需求。从行业实践看,将鲜奶拆分为高附加值产品分别销售,综合收益远超直接售卖鲜奶或喷粉。开展乳品精深加工关键技术与装备攻关,强化深加工及副产品综合利用,已成为消化过剩产能、提升鲜奶附加值、促进乳品供需重回平衡的关键途径。

这是面向未来的战略布局,目标朴素而坚定——依靠自主创新掌握更多核心科技,构建全产业链竞争优势,推动中国乳业在全球产业链与价值链中走向更高处。

(据《农民日报》)