

塑料革命 呼之欲出

化学家探索下一代聚合物新极限

赫尔曼·施陶丁格是一位和平主义者,但这一战他必须胜利。1920年,这位德国化学家提出聚合物(包括橡胶和纤维素在内的广泛化合物)由类似的小分子长链构成,这些小分子由牢固的化学键相连接。但绝大多数同行却认为这种观点没有任何合理性,并认为聚合物仅是小分子的松散集合。施陶丁格拒绝让步,从而引发了长达10年的争议。

最终,实验室数据证明他是对的,这使他获得了1953年诺贝尔化学奖。现在,合成聚合物已经无处不在:去年,全球生产的人工聚合物约为3亿吨。如今,从服装、颜料和包装到给药、3D打印以及自我愈合材料,施陶丁格假设的分子链已经进入了现代生活的方方面面。基于聚合物的复合材料甚至构成了波音公司最新客机“梦幻客机”787的一半材料。

那么,聚合物下一步将走向何方?近日,美国国家科学基金会组织了10年一次的盛会,设法观察正在出现哪些新领域,它或可对该问题作出一些回答。

“总体的趋势是聚合物的应用将会继续扩张到传统上它们并未发挥作用的领域。”明尼波利斯明尼苏达大学分子化学家、《大分子》期刊编辑Tim Lodge说。这种扩张一直以来受到各领域聚合物科学发展的驱动。“现在,几乎每个化学系都有聚合物研究的员工。”他说,聚合物前沿领域的研究日益呈现跨学科性质。

研究人员掌握的制作聚合物链化学结构的技术越来越多,但是他们经常不能预测生产的聚合物是否拥有膜或是给药系统所需要的专门特征。克服这些挑战将需要对聚合物化学结构如何影响从纳米到米等各个层面的物理特征有更深入的了解。

永远的聚合物

聚合物存在于各个地方,这也正是问题所在。“我们日常生活中使用的大多数聚合物来自于石油产物,它们很耐用,但其废弃物也会持久存在。”明尼苏达大学可持续聚合物中心(CSP)主任Marc Hillmyer说。据悉,86%的塑料包装都在一次使用后被丢弃,使水道和填埋场积聚了大量塑料垃圾,释放出的污染物危及野生动物生存。

这正是过去10年可再生资源易于生物降解的聚合物研究热潮爆发的原因。目前,市场上已经可以看到基于天然淀粉的聚合物,此外还包括由丙交酯或乳酸加工的合成聚交酯(PLA),后者可见于茶叶袋和医疗埋植体。

但是,可持续聚合物占有的整体塑料市场份额不到10%,Hillmyer说。其中的一个障碍是它们的成本过高;另一个问题是天然淀粉的分子体构建模块比石油化石氢碳化合物含有更多的氧原子。这会影响聚合物的特征,如使



图片来源:Nik Spencer/Nature

材料变硬,很难直接替换价格低廉、灵活的塑料,如聚苯乙烯和聚乙烯。

其中的一个选择是通过将其与传统聚合物混合,强化PLA等环境可持续性聚合物。但这种方式有着明显的缺点,比如让一些塑料的透明度降低。CSP研究人员通过在其中加入5%的一种低价石油聚合物(含有一些易溶于水的成分)克服了这一问题。这些添加的物质形成了球形的结构,可使PLA的耐用性显著提高,同时不降低其透明度。

Hillmyer的团队还制作了一种部分上可回收的聚氨酯泡沫塑料,该塑料可用于绝缘体、座垫以及垫圈等大量产品。这种聚氨酯塑料的成分包括一种叫作聚酯的低成本聚合物(PMVL),该聚合物以经过编辑的细菌单分子为基础。

将这种泡沫塑料加热到200°C,就能使聚氨酯分解,萃取出的单体分子可重新利用。然而,这些可持续性的聚合物能否商业化仍要拭目以待。“很多时候,最大的挑战就是大规模生产,这需要有经济上的优势。”Hillmyer说。

利益在膜中

在这个混合物构成的世界中,聚合物能够恢复一定秩序。聚合物膜已经能够用作分子“筛子”分离气体、海水脱盐以及让燃料细胞内的分子保持隔离。它们在未来将会有更大影响,Lodge说。“有很多问题都能够通过更好的膜得到解决。”

利用膜分离混合物比蒸馏法耗费的能量

低得多。它同样可以比利用洗涤剂(通过化学反应因住污染物的设备)节省更多空间。利用聚合物制成的膜不仅可以实现大规模廉价生产,而且能覆盖大范围区域,并且不具有让错误分子通过的结构缺陷。

可分离气体的膜已经应用于工业,可分离天然气中的氢和二氧化碳。经过改善后的膜可以应对更加棘手的任务,比如分辨类似的碳氢化合物丙烷和丙烯。化学上更加强化的膜能够在更高的温度下操作,从而去除烟道气中的二氧化碳。

得克萨斯大学奥斯汀分校膜化学家Benny Freeman希望改善天然气压裂项目的废水处理方法,这些项目中的水通过压力被灌入岩石内使其裂开,从而释放出天然气。经过使用后的水会变得很脏,标准的过滤膜很快就会被阻塞,因此水必须处于极大压力下才能通过,而所用的膜也必须用化学物质清理,这会使其寿命缩短。

但是Freeman发现了一个可以回避这一问题的方法:模仿让蛙黏附在岩石上的防水胶,在膜上加一层薄如蝉翼的仿生聚多巴胺膜表层。该团队已经将这些膜用于美国海军的一些构造单元,从而在倾侧船舱底部的含油污水前先对其进行净化。

聚合物前沿

广泛使用的聚合物如聚苯乙烯和聚乙烯在一个方面可谓单调至极:它们会重复同样的单体结构。这种单调性与DNA的“四声道交响

乐”相比显得尤其乏味,后者由4个单体编码基因组;它与蛋白质的复杂杰作相比则更为单调,一个蛋白质是由23种氨基酸形成的复杂的3D结构。

聚合物最具挑战性的一个前沿是将合成聚合物以同样的精准度剪裁,这样化学家就能调整其产品的电子和物理特征。“过去5年,它已经变得非常时髦。”法国斯特拉斯堡大学大分子化学家Jean-Francois Lutz说。由序列控制的聚合物能够以预定的顺序包含单体,形成特定长度的纤维。

与传统半导体技术相比,控制序列的聚合物还可以通过更加紧凑、价格低廉的方式储存数据,每个单体分子代表1比特信息。8月初,Lutz展示了一系列不同的聚合物纤维能够编码32比特的信息。

聚合物信息储存正在蓄力发展。今年4月,美国资助科学界高风险研究的机构——情报先进研究计划署(IARPA)召集生物技术、半导体以及软件行业的专家参加该主题研讨会。“这一领域生气勃勃,研究人员队伍日益壮大。”帮助组织该研讨会的IARPA技术顾问David Markowitz说。

但这一方法仍面临巨大技术挑战,当前的合成技术仍然过于缓慢与昂贵。解决数据储存以及聚合物前沿领域许多其他问题的关键在于,研究更好的方法预测聚合物的特性以及调整相关生产。这将需要多方合力。“我们需要与物理学家、材料学家以及理论化学家合作。”Lutz说,“我们需要开创一个新的领域。” (晋楠)

人造肉 谁来管

实验室产肉蛋奶遭遇监督空白

虽然,第一个人造肉汉堡的味道并没有受到狂热追捧,但2013年“诞生”的这个试管汉堡已经将美国政府应如何规范新兴的细胞农业这一问题放在了聚光灯下。这一领域采用生物技术替代动物,生产肉、牛奶和蛋清。

到目前为止,这些合成食品都尚未进入市场。但在美国等地的少数新兴公司正在努力扩大生产规模。在加利福尼亚旧金山湾区,孟菲斯肉类公司希望在5年内让细胞培养的肉丸、热狗和香肠出现在超市货架上。但目前仍然不清楚哪个政府机构将监督这个新兴食品产业。

从历史上看,美国农业部(USDA)规范肉类、家禽和鸡蛋生产,而食品和药品监督管理局(FDA)负责监督食品添加剂。FDA还负责批准所谓的生物制剂,其中包括人体组织、血液、细胞和基因治疗技术产品。但新兴的生物技术可能会模糊这些监管线,因为这些人造食物不适用于现有的监管规定。

“细胞培养带来了许多问题。”新收获组织首席执行官Isha Datar说。新收获是位于纽约的非营利组织,致力于支持该领域的初创企业发展。

为了解决上述问题,白宫去年发起了一项审查和改革美国机构如何规范农业生物技术的倡议。该国科学、工程和医学院也在对未来发展生物技术和监管进行更广泛的研究,并将在今年年底发布一份报告。

与此同时,行业领导者已经开始思考相关监管部门将如何处理他们的实验室生产食品。他们在接受《科学》采访时表示,其中一种途径是生产商可以证明他们的产品和现有已被检测的无害产品类似。“大多数食品监管是将新产品与已经被认为是安全的产品进行对比。”Datar说。

杜邦工业生物科学公司产品总监 Vincent



荷兰科学家制造出人造牛肉。

图片来源:David Parry

Sewalt指出,这一方法已被那些使用微生物等生物技术生产酶和蛋白质的企业所采用。例如,已经被批准使用的酵母菌,也可以被用来生产单一蛋白质,制造蛋清。在这种情况下,人造蛋清所需的材料被认为是安全的。

人造奶也是相似情形。生产厂商利用酵母和其他成分制造无牛奶的“牛奶”。Datar提到,这些牛奶蛋白、酪蛋白和乳糖,与牛奶的成分相同,因此人造奶也被认为是安全的。

然而,这个产品在法律上不能被称为牛奶。因为根据FDA对牛奶的定义,牛奶必须是

奶牛的分泌物。“这个定义彻底遗漏了任何利用发酵或分子生物学工具生产出的饮品。”美国乳制品技术中心前主任、加州理工大学退休教授Phillip Tong说,“当初这些定义被公布时,没人能想到今天。”

另一方面,细胞培养肉类的情况则更复杂。研究人员将动物肌肉细胞在特殊的支架上进行培养,直到它们形成足够的组织膜,做成肉丸或汉堡。这些人造肉不是一种动物,也不是食品添加剂,而是被当作食物。

“这是一个完全未知的领域。”非营利性机

构美食研究所政策部主任Nicole Negowetti说,“我认为,USDA负责监管来自动物屠宰的食物,因此他们不关注这些新食物。”

不过,Negowetti还指出,细胞培养的肉也可能被FDA当作药物监管。因为FDA将药物定义为人类细胞、组织和基于组织的产品,因而动物组织也可能被包括在内。

另外,还有人认为,人造肉应当被归在FDA新动物药品申请程序覆盖的范畴内。该机构主要基于相关条例管理施用于动物的药物。如果企业生产人造肉提高其风味、脂肪含量或其他品质,也应被认为相当于给动物使用了药物。

但Sewalt表示,虽然生物技术的加入可能让定义新食品变得困难,但它也可以带来更精确的安全措施。例如,基因测序技术的发展可以让人们知道在生物体中插入或删除某些基因是否会造成健康风险或其他问题。通过基因工程生产的蛋清也可以让它们不再引起过敏反应。而且,未来还可能在基因中插入条形码和嵌入式身份码,以便识别特定的细胞系,从而帮助相关机构更容易地检查新产品,并追踪其供应链。

但到目前为止,哪个政府机构监管这些产品还不清楚。随着生物技术在监管系统中产生越来越多的交集,Datar认为有必要创建一个单独的监管机构。“现在,我们的体系应建立新方式,推动模仿而非创新。”

2013年,荷兰马斯特里赫特大学研究人员利用先进技术培育生成了首个“试管汉堡”。汉堡中的牛肉不是来自牧场,而是由从牛肌肉中提取的干细胞培育而成,培育过程采用了培养人体组织和器官的医疗技术。两名志愿者在英国伦敦一家餐厅对荷兰科学家制作的实验室牛肉汉堡进行了试吃。该汉堡造价高达32.5万美元,可谓全球最贵。(张章)

影像·7月

来自全球的科学图片

(冯维维)



落日鲨鱼:一条乌翅真鲨黄昏时分在漫游。这幅图拍摄于塞舌尔达罗斯岛,研究人员在跟踪鲨鱼监测当地海洋保护区的效果。 James Lea 摄影



年度环境摄影师奖:本年度阿特金斯CI-WEM环境大赛摄影师奖拍摄了当城市 and 自然力量相撞时形成的惊人场景。印度金泰摄影记者获得了该奖。 SL Kumar Shanth 摄影



7月的“朱诺”:美国宇航局的“朱诺”号探测器是20多年来首个访问木星的探测器。因为7月10日当其围绕这颗气态巨行星转动时拍摄的合成图片。 NASA/JPL-Caltech 摄影



“飞鹰”着陆:SpaceX公司的猎鹰9号火箭不仅一跃冲天,而且回落大地可供重新利用。这张照片反映了7月18日发射和着陆时的两次燃烧。 John Kraus 摄影



山间鸚鵡:被国际自然保护协会称为“好学的高山鸚鵡”的啄羊鸚鵡(一种食肉鸚鵡)已经濒危,据了解新西兰目前仅有数千只。这张图取材于英国广播公司于7月开始拍摄的新西兰系列纪录片:《地球的神秘岛屿》。 Tom Walker 摄影



人体感应器:这身“人体感应器”服装由艺术家Kasia Molga设计,可根据当地空气变化改变颜色。7月,在艺术项目“看不见的尘埃科学”的支持下,它在英国曼彻斯特测量了当地的空气质量。 Nick Harrison 摄影