



内部资料

发酵工业

FERMENTATION INDUSTRY

3

2020

生物发酵产业权威资料 / 行业信息传播平台

总第332期

武汉加油！
中国加油！





中国食品科技：从2020到2035

CONTENTS

2020 3
总第 332 期

行业聚焦 INDUSTRYFOCUS

- | | |
|----|---------------------------------|
| 04 | 中国食品科技：从 2020 到 2035 |
| 09 | 196种保健食品备案可用辅料使用规定12月1日起
施行 |
| 18 | 2019 中国生命科学与生物技术发展报告：重大研究
进展 |

目录 | CONTENTS

研究开发 RESEARCH&DEVELOPMENT

- 24 L- 异亮氨酸及其应用研究进展
- 28 氨基酸发酵数据共享平台的实现
- 33 发酵豆乳对高脂大鼠脂代谢相关生理指标的影响

通知

- 41 关于组织味精行业开展 2020 年重点用水企业水效领跑者遴选工作的通知
- 42 关于征集氨基酸及相关产业 2020-2021 年度国家标准、行业标准及团体标准制修订建议的通知
- 43 2020 第四届氨基酸科学国际研讨峰会预备通知
- 45 中国生物发酵产业协会入会申请书



编印单位：中国生物发酵产业协会
网 址：www.cbfi.org.cn

主 编：石维忱

编 委（按姓氏笔画排名）：

于昌德 于培星 牛继星
王兆光 王 勇 王星云
王新建 王德辉 王 晋
田玉兰 白 钢 冯志合
卢 涛 朱新建 刘宗利
刘顺启 江保安 李学纯
李世勇 李建军 陈 刚
陈尧乐 陈桂贞 陈德水
宗伟刚 俞学锋 贺俊士
夏令和 袁建国 寇光智
谢海华 程少博 詹志春

编 辑：关 丹

法律顾问：赵一方

编辑出版：《发酵工业》编辑部

电 话：010-68396573

电子邮箱：gd1104@163.com

地 址：北京市西城区阜外大街
乙22号502室

邮政编码：100833

设计印制：北京科信印刷有限公司

中国食品科技: 从2020到2035

◇ 陈坚 中国工程院院士

我国食品产业是国民经济的支柱产业，2017 年产值 11.4 万亿元，占全国 GDP 的 9%，对全国工业增长贡献率达 12%，拉动全国工业增长 0.8 个百分点。预计未来 10 年，我国的食物消费将增长 50%，价值超过 7 万亿元。我国食品科技的发展取得了显著进展。

未来我国食品领域发展的趋势将主要集中在以下六大方面：食品营养健康的突破将成为食品发展的新引擎；食物物性科学的进展将成为食品制造的新源泉；食物危害物发现与控制的成果将成为安全主动保障的新支撑；绿色制造技术的突破将成为食品工业可持续发展的新驱动；食品加工智能化装备的革命将成为食品工业升级的新动能；食物全链条技术的融合将成为食品产业的新模式。

我国食品科技现状、问题、趋向

随着社会的发展，我国食品工业的任务不断变化。在新时代中国特色社会主义建设背景下，人们对于食物的需求已经从基本的“保障供给”向“营养健康”转变。食品工业与人民生活质量密切相关，是满足人民日益增长的美好生活需要的民生基石。根据世界卫生组织报告和《柳叶刀》研究，膳食是仅次于遗传而影响人类健康的第二

大因素，约 16.2% 的疾病负担归因于膳食，因此，食品工业是实现“健康中国”战略目标的坚实保障。

我国食品产业是国民经济的支柱产业，2017 年产值 11.4 万亿元，占全国 GDP 的 9%，对全国工业增长贡献率达 12%，拉动全国工业增长 0.8 个百分点。预计未来 10 年，我国的食物消费将增长 50%，价值超过 7 万亿元。因此，我国食品工业是实施乡村振兴和可持续发展战略的中坚力量。作为全球食品贸易大国，我国食品进出口均

居世界第一。

食品工业是融合全球供应链和提升我国国际竞争力的重要支撑。我国食品领域论文发表量、论文引用数量、专利申请和授权数量均位居全球第一。在软科发布的 2019 年全球食品学科排名前 10 的榜单中，我国大学占据了 5 席。我国一批关键技术实现了国外输出，例如超高压、挤压重组技术等；部分装备占领国际市场，例如万吨油脂加工装备、肉品加工装备等；部分产品在国际市场占主导地位，例如浓缩苹果汁占世界市场的 60%，番茄酱占世界市场的 1/4。因此，食品科技是贯彻创新驱动发展战略的重要抓手。

我国食品工业面临六大问题

首先，引领性基础研究少。2008 年至 2018 年间，在自然科学三大顶级期刊《Cell》《Nature》和《Science》上发表食品相关论文分别为 48、62 篇和 42 篇，其中我国作为主要完成单位的论文仅分别为 1、5 篇和 3 篇。

第二，领跑技术比例小。美国、日本和德国在食品领域领跑技术比例分别占 48%、29% 和 13%，而我国在食品领域领跑技术比例仅占 5%，与主要发达国家差距明显。发达国家主要以企业研发为主，产业化阶段技术比例在 80% 以上，而我国食品技术产业化比例低。

第三，装备自主创新能力低。美国、日本和欧盟等食品智能装备专利占全球 80% 以上，而我国食品装备年进口额近 300 亿元，大型食品企业 80% 的关键高端装备依赖进口。

第四，加工增值和资源利用不足。美国和日本食品工业产值与农业总产值之比分别为 3.7 颐 1 和 11.7 颐 1，而我国食品工业产值与农业总产

值之比小于 2 颐 1。我国食品工业消耗巨大资源和能源，包括年用水约 100 亿吨、耗电 2500 亿千瓦 / 小时、耗煤 2.8 亿吨、废水 50 亿平方米、废物 4 亿吨。

第五，食品毒害物侦测国外依赖度高。我国快速检测产品集中以农兽药残留为主（占比 80%），受国际认可不足 10%。食源性致病菌等核心检测试剂和毒素标准物质高度依赖进口。复杂基质分离材料国产产品占比不足 15%，用于 8 种微生物快速检测的 84 个检测产品几乎没有国产产品。

第六，生鲜食品储运损耗大。美国蔬菜加工运输损耗率 1% 至 2%，荷兰向世界配送果蔬损耗率 5%，日本生鲜农产品产后商品化 100%。而我国生鲜农产品物流损耗率较大，分别为：果蔬 20%、肉类 8%、水产品 11%、粮食 8%，生鲜食品冷链流通率仅 8%，储运损耗方面损失高达千亿元。

我国食品科技发展战略趋向

随着生物技术、人工智能、大数据技术和先进制造等技术领域的快速兴起和蓬勃发展，我国食品科技发展战略趋向表现在以下 6 点：

第一，食品合成生物学。构建食品细胞工厂，以可再生生物质为原料，利用细胞工厂生产肉类、牛奶、鸡蛋、油脂、糖等，颠覆传统的食品加工方式，形成新型生产模式。

第二，食品精准营养与个性化制造。基于食物营养、人体健康、食品制造大数据，靶向生产精准营养与个性化食品。

第三，食品装备智能制造。利用数字化设计和制造技术，结合感知物联和智能控制技术，开发食品工业机器人、食品智能制造生产线和智慧

厨房及供应链系统。

第四，增材制造（3D 打印）。基于快速自动成形增材制造、图像图形处理、数字化控制、机电和材料等工业化数字化技术，生产传统食品和新型食品。

第五，全程质量安全主动防控。基于非靶向筛查、多元危害物快速识别与检测、智能化监管、实时追溯等技术的不断革新，食品安全监管向智能化、检测溯源向组学化、产品质量向国际化方向发展。通过提升过程控制和检测溯源，构建新食品安全的智能监管。

第六，多学科交叉融合创新产业链。大数据、云计算、物联网、基因编辑等信息、工程、人工智能、生物技术等深度交叉融合正在颠覆食品传统生产方式，催生一批新产业、新模式、新业态。

安全、营养和可持续的食品供给面临挑战

随着环境污染、气候变化和人口增长，安全、营养和可持续的食品供给面临巨大挑战，主要表现在以下 4 个方面：

第一，生态效应方面，食品生产产生 25% 温室气体并需要 40% 耕地，对生态造成巨大压力。

第二，人口方面，随着全球人口的增长和生活水平提升的需求，预计到 2050 年全球需要蛋白增量将达到 30%—50%。

第三，气候变化方面，世界上 70% 的饥饿人口生活在气候变化最为严重的地区，对食品的供给造成严峻挑战。

第四，公共健康方面，因现代饮食方式产生

的慢性疾病而造成年死亡人数增加 500 万。

未来面临的挑战对未来食品供给和功能提出了新的要求，食品需要成为人类未来生产方式和生活方式改变的代表性物质；食品科技发展应该成为系统生物学、合成生物学、物联网、人工智能、增材制造、医疗健康、感知科学等技术的集成研究；未来食品在解决全球食物供给和质量、食品安全和营养等问题基础上，满足人民对美好生活的更高需要；未来食品的标签是“更安全、更营养、更方便、更美味、更持续”。植物基食物发展是未来食品技术发展的重要方向。2013—2017 年全球植物蛋白、活性物质、甜味剂、药物和调料、色素的复合年增长率高达 62%，未来仍将呈高速增长趋势。未来食品技术组成将更加完备，将从食品加工领域扩展到营养健康、食品生物工程、智能制造等相关领域，构成多技术体系协同推进未来食品发展，构成未来食品技术结构树，支撑未来食品领域的健康和有序发展。

食品合成生物学发展三阶段

合成生物学是新的生命科学前沿，以工程化设计理念对生物体进行有目标的设计、改造乃至重新合成，是从理解生命规律到设计生命体系的关键技术。合成生物学成功的产业化案例是 2013 年美国 Amyris 和法国 Sanofi 利用合成生物学技术联合开发出能高效合成青蒿酸的酿酒酵母细胞工厂，并在此基础上通过化学合成的方法将青蒿酸转化为青蒿素，实现商业化生产。100 平方米车间相当于近 5 万亩（3333.3 公顷）种植产量，从而建立了青蒿素从植物提取到生物合成的颠覆性生产性路线。合成生物学技术在生物医药领域的成功应用促使全球合成生物学研究蓬勃兴起，世界各国迅速推进该领域发展。合成

生物技术的研究和产业化应用正在重塑世界。然而，目前合成生物学研究主要集中在医药和化学品生产领域，食品领域合成生物学的基础和应用研究起步相对较晚，发展相对薄弱。率先推进食品合成生物学的技术研究并且实现食品合成生物学技术的产业化，将抢占世界的科技前沿和产业高地。

食品合成生物学是在传统食品制造技术基础上，采用合成生物学技术，特别是食品微生物基因组设计与组装、食品组分合成途径设计与构建等，创建具有食品工业应用能力的人工细胞，将可再生原料转化为重要食品组分、功能性食品添加剂和营养化学品，来解决食品原料和生产方式过程中存在的不可持续的问题，实现更安全、更营养、更健康和可持续的食品获取方式。

食品合成生物学既是解决现有食品安全与营养问题的重要技术，也是面对未来食品可持续供给挑战的主要方法，能够解决传统食品技术难以解决的问题，主要包括以下 4 个方面：变革食品生产方式；开发更多新的食品资源；提高食品的营养并增加新的功能；重构、人工组装与调控食品微生物群落。食品合成生物技术主要研究领域包括食品细胞工厂设计与构建、食品生物合成优化与控制及重组食品制造与评价。

食品合成生物学发展需要经历以下三个阶段：第一阶段是通过最优合成途径及食品分子修饰，实现重要食品功能组分的有效、定向合成和修饰，为“人造功能产品”细胞的合成做准备。第二阶段是建立高通量高灵敏筛选方法，筛选高效的底盘细胞工厂，实现重要食品功能组分的高效生物制造；初步合成具有特殊功能的“人造功能产品”细胞。第三阶段是实现 AI 辅助的全自动生物合成的设计及实施；通过精确靶

向调控，大幅度提高重要食品功能产品在异源底盘和原底盘细胞中的合成效率，最终实现全细胞利用。

人造食品的总体技术路线是构建细胞工厂种子，以车间生产方式合成奶、肉、糖、油、蛋等，具有营养与经济竞争力，实施颠覆性技术路线，缓解农业压力，满足日益增长的需求。相比于传统食品制造，基于细胞工厂种子的人造食品制造能够将土地使用效率提高 1000 倍，每吨粮食可节约用水 90% 以上，并且生产过程不需使用农药化肥。主要人造食品包括“人造蛋”“人造肉”和“人造奶”。

目前，美国 HamptonCreek 公司将豌豆和多种豆类植物混合，研发“人造蛋”，产品营养价值 and 味道与真蛋相似。此类“植物蛋黄酱”已经在香港等地的超市销售。美国 ClaraFoods 科技公司通过酵母细胞工厂构建、发酵合成卵清蛋白，是利用生物合成技术创制动物蛋白的范例。

“人造肉”技术被《麻省理工学院技术评论》评为 2018 年全球十大突破技术之一，利用“人造肉”替代传统畜牧业具有重大的生态意义，是全球人造食品研究的热点。传统养殖业排放的温室气体占到全球温室气体排放量的 14.5%，是所有交通工具燃油排放的总和。利用“人造肉”替代或部分替代传统畜牧业，能够显著降低全球温室气体排放。同时区别于传统素肉，“人造肉”与肉类具有更高的相似度，因而也具有更高的商业潜力。

“人造肉”主要包括“植物蛋白肉”和“细胞培养肉”两大类。实现人造肉产业化生产急需攻克的关键技术环节包括：如何通过植物蛋白提取纯化和全能干细胞分化控制实现植物蛋白、成

肌干细胞的高效获取？如何通过大型生物反应器设计和细胞培养人工智能控制获得规模化生物反应器用于人造肉制备？如何实现血红素等风味物质高效制备和维生素等营养物质的高效合成，实现人造肉制品食品化？如何利用植物蛋白纹理结构重组和食品 3D 打印技术实现人造肉制品结构重塑？

关于“人造奶”的开发和应用，美国 PerfectDay 公司分析牛奶中 20 种对人体有益及重要的原料，以合成生物技术组装酵母细胞，实现发酵合成 6 种蛋白与 8 种脂肪酸。在分离纯化后再加入钙、钾等矿物质及乳化剂完成最后加工，口味和营养可与天然牛奶相同，并且不含胆固醇和乳糖。最近与美国食品业巨头 ADM 公司签署联合开发协议，计划 2019 年向食品工业供应人工牛奶。据测算，相比于传统牛奶生产方式，“人造奶”生产将减少 98% 的用水量，91% 的土地需求，84% 温室气体的排放，并节约 65% 的能源。

食品感知科学需重视六方面

食品感知（Sensory Perception）科学是未来食品研究的重要研究领域。食品风味的最基本组成是甜、咸、苦、酸、鲜。味觉与想象力和情感相关，味觉是特有的感官，不同于视觉、听觉和触觉等有共同性的感官。追求食物（渴望、愉悦、释放、满足）的动力对持续掌控生活与积极性更加强而有力。因此，食品感知科学与未来食品对于人们对美好生活的追求息息相关。

基于食品的感知科学研究需要重视的研究包括以下 6 个方面：研究食品的感官特性和消费者的感觉；探究感官交互作用和味觉多元性；解析大脑处理化学和物理刺激过程，从而实现感官模拟；理解感官的个体差异；多学科交叉进行消费者行为分析；评估感官 / 消费者的方法学。

目前，食品感知科学在基础研究领域获得了众多突破性进展。其中，2019 年《Cell》报道了酸味受体的鉴定结果，同时确定了酸、甜、苦、咸、鲜 5 种味道的神经元结构。研究表明，酸味使用舌头专用的味觉受体细胞（TRC），以精细调节大脑中的味觉神经元以触发厌恶行为。在应用研究领域，食品感知科学在酒产品上头和口干机理的鉴定方面得到了成功应用。该研究首先建立宿醉动物模型，确定上头和口干指标，然后，开展行为学、体外脑组织培养高通量筛选技术、生化和生理学实验，明确宿醉的标志物和引起上头、口干的机理。最后，开展转化研究及人体大脑功能性核磁共振扫描。该研究成果为找出酒产品中引起上头和口干的物质成分，了解其造成宿醉反应的机制，并找到减轻饮后上头、口干的干预措施，为提升酒产品的饮后舒适度提供了重要指导。

依据《中华人民共和国食品安全法》《保健食品注册与备案管理办法》等有关法律法规，市场监管总局制定了《保健食品备案产品可用辅料及其使用规定（2019 年版）》，自 2019 年 12 月 1 日起施行。以往公布的有关规定与本版本不一致的，以本版本为准。

196种保健食品备案可用辅料使用规定 12月1日起施行

◇ 食品工业科技

关于《保健食品备案产品可用辅料及其使用规定（2019年版）》的说明

01 保健食品备案产品辅料的使用应符合国家相关标准及有关规定，必须遵循以下原则：对人体不产生任何健康危害；不以掩盖产品腐败变质为目的；不以掩盖产品本身或加工过程中的质量缺陷或掺杂、掺假、伪造为目的；不降低产品本身的保健功能和营养价值；在达到预期效果的前提下尽可能降低在产品中的使用量；加工助剂的使用应符合《食品安全国家标准食品添加剂使用标准》（GB2760）及有关规定。

02 本规定中的固体制剂是指每日最大食用量为 20g 的片剂、胶囊、软胶囊、颗粒剂、丸剂。液体制剂是指每日最大食用量为 30ml 的口服液和滴剂，超过 30ml 的液体制剂其辅料的使用按饮料类管理。

03 食品形态产品辅料的使用应符合《食品

安全国家标准 食品添加剂使用标准》（GB2760）等有关规定；允许使用本规定中收录的食品原料。

04 固体制剂及液体制剂中香精的使用应符合国家相关标准及有关规定，其组成成分应收录于《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》（GB-2760）或 GB 30616 中附录 A《食品用香精中允许使用的辅料名单》，用量可根据生产需要适量使用。

05 包衣预混剂的使用应符合国家相关标准及有关规定；其组成成分应收录于《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》（GB2760）或《中华人民共和国药典》（2015 版）中，用量可根据生产需要适量使用。

06 包埋、微囊化原料制备工艺中使用的辅料应符合国家相关标准及有关规定，其组成成分应收录于《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》（GB2760）中，允许使用本规定中收录的食品原料。用量可根据生产需要适量使用。

保健食品备案产品可用辅料及其使用规定（2019 年版）

单位：克 / 千克（g/kg）

序号	辅料名称	相关标准	最大使用量	
			固体制剂	液体制剂
1	阿拉伯胶	GB 29949 食品安全国家标准 食品添加剂 阿拉伯胶； 现行《中华人民共和国药典》阿拉伯胶	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
2	β-阿朴-8'-胡萝卜素醛	GB 31620 食品安全国家标准 食品添加剂 β-阿朴-8'-胡萝卜素醛	0.015	0.01
3	β-环状糊精	GB 1886.180 食品安全国家标准 食品添加剂 β-环状糊精；现行《中华人民共和国药典》倍他环糊精	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
4	巴西棕榈蜡	GB 1886.84 食品安全国家标准 食品添加剂 巴西棕榈蜡	0.6	—
5	苯甲酸及其钠盐（以苯甲酸计）	GB 1886.183 食品安全国家标准 食品添加剂 苯甲酸； GB 1886.184 食品安全国家标准 食品添加剂 苯甲酸钠	1	1
6	冰乙酸	GB 1886.10-2015 食品安全国家标准 食品添加剂 冰乙酸（又名冰醋酸）；GB 1886.85 食品安全国家标准 食品添加剂 冰乙酸（低压羰基化法）	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
7	赤藓红及其铝色淀（以赤藓红计）	GB 17512.1 食品安全国家标准 食品添加剂 赤藓红； GB 17512.2 食品安全国家标准 食品添加剂 赤藓红铝色淀	0.1	0.1
8	赤藓糖醇	GB 26404 食品安全国家标准 食品添加剂 赤藓糖醇	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
9	醋酸酯淀粉	GB 29925 食品安全国家标准 食品添加剂 醋酸酯淀粉	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
10	D-甘露糖醇	GB 1886.177 食品安全国家标准 食品添加剂 D-甘露糖醇；现行《中华人民共和国药典》甘露醇	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
11	dl-酒石酸	GB 1886.42 食品安全国家标准 食品添加剂 dl-酒石酸	10	10
12	DL-苹果酸及 DL-苹果酸钠	GB 25544 食品安全国家标准 食品添加剂 DL-苹果酸； GB 30608 食品安全国家标准 食品添加剂 DL-苹果酸钠	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
13	单、双甘油脂肪酸酯（油酸、亚油酸、棕榈酸、山嵛酸、硬脂酸、月桂酸、亚麻酸）	GB 1886.65 食品安全国家标准 食品添加剂 单、双甘油脂肪酸酯	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
14	靛蓝及其铝色淀（以靛蓝计）	GB 28317 食品安全国家标准 食品添加剂 靛蓝；GB 28318 食品安全国家标准 食品添加剂 靛蓝铝色淀	0.1	0.1
15	丁基羟基茴香醚（BHA）	GB 1886.12 食品添加剂 丁基羟基茴香醚（BHA）	0.4	0.4
16	对羟基苯甲酸酯类及其钠盐（对羟基苯甲酸甲酯钠，对羟基苯甲酸乙酯及其钠盐）	GB 30601 食品安全国家标准 食品添加剂 对羟基苯甲酸甲酯钠；GB 1886.31 食品安全国家标准 食品添加剂 对羟基苯甲酸乙酯；GB 30602 食品安全国家标准 食品添加剂 对羟基苯甲酸乙酯钠	0.5	0.5
17	二丁基羟基甲苯（BHT）	GB 1900 食品安全国家标准 食品添加剂 二丁基羟基甲苯（BHT）	0.4	0.4

序号	辅料名称	相关标准	最大使用量	
			固体制剂	液体制剂
18	二氧化硅	GB 25576 食品安全国家标准 食品添加剂 二氧化硅；现行《中华人民共和国药典》二氧化硅	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
19	二氧化钛	GB 25577 食品安全国家标准 食品添加剂 二氧化钛；现行《中华人民共和国药典》二氧化钛	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
20	蜂蜡	GB 1886.87-2015 食品安全国家标准 食品添加剂 蜂蜡；现行《中华人民共和国药典》蜂蜡	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
21	富马酸	GB 25546 食品安全国家标准 食品添加剂 富马酸	8	8
22	甘油	GB 29950 食品安全国家标准 食品添加剂 甘油；现行《中华人民共和国药典》甘油	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
23	瓜尔胶	GB 28403 食品安全国家标准 食品添加剂 瓜尔胶	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
24	果胶	GB 25533 食品安全国家标准 食品添加剂 果胶	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
25	海藻酸钾	GB 29988 食品安全国家标准 食品添加剂 海藻酸钾	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
26	海藻酸钠	GB 1886.243 食品安全国家标准 食品添加剂 海藻酸钠（又名褐藻酸钠）	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
27	黑豆红	GB 1886.115 食品安全国家标准 食品添加剂 黑豆红	0.8	0.8
28	红花黄	GB 1886.61 食品安全国家标准 食品添加剂 红花黄	0.5	0.5
29	红曲黄色素	GB 1886.66 食品安全国家标准 食品添加剂 红曲黄色素	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
30	滑石粉	GB 1886.246 食品安全国家标准 食品添加剂 滑石粉；现行《中华人民共和国药典》滑石粉	20	20
31	环己基氨基磺酸钠	GB 1886.37 食品安全国家标准 食品添加剂 环己基氨基磺酸钠	8	8
32	黄原胶（又名汉生胶）	GB 1886.41 食品安全国家标准 食品添加剂 黄原胶	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
33	甲基纤维素	GB 1886.256 食品安全国家标准 食品添加剂 甲基纤维素；现行《中华人民共和国药典》甲基纤维素	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
34	焦磷酸钠	GB 25557 食品安全国家标准 食品添加剂 焦磷酸钠	5	5
35	焦糖色	GB 1886.64 食品安全国家标准 食品添加剂 焦糖色	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
36	结冷胶	GB 25535 食品安全国家标准 食品添加剂 结冷胶	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
37	聚甘油脂肪酸酯	GB 1886.178 食品安全国家标准 食品添加剂 聚甘油脂肪酸酯	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
38	聚葡萄糖	GB 25541 食品安全国家标准 食品添加剂 聚葡萄糖	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
39	聚氧乙烯山梨醇酐单油酸酯	GB 25554 食品安全国家标准 食品添加剂 聚氧乙烯（20）山梨醇酐单油酸酯（吐温 80）	10	10
40	聚乙烯醇	GB 31630 食品安全国家标准 食品添加剂 聚乙烯醇	18	18
41	卡拉胶	GB 1886.169 食品安全国家标准 食品添加剂 卡拉胶	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
42	抗坏血酸钠	GB 1886.44 食品安全国家标准 食品添加剂 抗坏血酸钠	声称补充维生素 C 的产品不得使用；其余产品：0.2	声称补充维生素 C 的产品不得使用；产品适宜人群为“1-3 岁”的小于 0.2；其余产品：0.2

序号	辅料名称	相关标准	最大使用量	
			固体制剂	液体制剂
43	抗坏血酸棕榈酸酯	GB 1886.230 食品安全国家标准 食品添加剂 抗坏血酸棕榈酸酯	声称补充维生素 C 的产品不得使用；其余产品：0.2	声称补充维生素 C 的产品不得使用；产品适宜人群为“1-3 岁”的小于 0.2（以抗坏血酸计）；其余产品：0.2（以抗坏血酸计）
44	可可壳色	GB 1886.30 食品安全国家标准 食品添加剂 可可壳色	3	3
45	L- 苹果酸	GB 1886.40 食品安全国家标准 食品添加剂 L- 苹果酸	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
46	L(+)- 酒石酸	GB 25545 食品安全国家标准 食品添加剂 L（+）- 酒石酸	10	5
47	辣椒橙	GB 1886.105 食品安全国家标准 食品添加剂 辣椒橙	1	1
48	辣椒红	GB 1886.34 食品安全国家标准 食品添加剂 辣椒红	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
49	酪蛋白酸钠	GB 1886.212 食品安全国家标准 食品添加剂 酪蛋白酸钠（又名酪朊酸钠）	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
50	亮蓝及其铝色淀（以亮蓝计）	GB 1886.217 食品安全国家标准 食品添加剂 亮蓝； GB 1886.218 食品安全国家标准 食品添加剂 亮蓝铝色淀	0.1	0.1
51	磷酸	GB 1886.15 食品安全国家标准 食品添加剂 磷酸	5	5
52	磷酸二氢钾	GB 25560 食品安全国家标准 食品添加剂 磷酸二氢钾	5	5
53	磷酸氢二钾	GB 25561 食品安全国家标准 食品添加剂 磷酸氢二钾	5	5
54	磷酸氢二钠	GB 25568 食品安全国家标准 食品添加剂 磷酸氢二钠	5	5
55	磷酸氢钙	GB 1886.3 食品安全国家标准 食品添加剂 磷酸氢钙	5	5
56	磷酸三钙	GB 25558 食品安全国家标准 食品添加剂 磷酸三钙	5	5
57	六偏磷酸钠	GB 1886.4-2015 食品安全国家标准 食品添加剂 六偏磷酸钠	5	5
58	硫酸钙	GB 1886.6 食品安全国家标准 食品添加剂 硫酸钙	10	10
59	萝卜红	GB 25536 食品安全国家标准 食品添加剂 萝卜红	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
60	麦芽糖醇	GB 28307 食品安全国家标准 食品添加剂 麦芽糖醇和麦芽糖醇液	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
61	麦芽糖醇液	GB 28307 食品安全国家标准 食品添加剂 麦芽糖醇和麦芽糖醇液	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
62	玫瑰茄红	GB 28312 食品安全国家标准 食品添加剂 玫瑰茄红	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
63	迷迭香提取物	GB 1886.172 食品安全国家标准 食品添加剂 迷迭香提取物	0.7（仅限软胶囊）	—
64	明胶	GB 6783 食品安全国家标准 食品添加剂 明胶；现行《中华人民共和国药典》胶囊用明胶	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
65	木糖醇	GB 1886.234 食品安全国家标准 食品添加剂 木糖醇；现行《中华人民共和国药典》木糖醇	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
66	柠檬黄及其铝色淀（以柠檬黄计）	GB 4481.1 食品安全国家标准 食品添加剂 柠檬黄； GB 4481.2 食品安全国家标准 食品添加剂 柠檬黄铝色淀	0.1	0.1

序号	辅料名称	相关标准	最大使用量	
			固体制剂	液体制剂
67	柠檬酸	GB 1886.235 食品安全国家标准 食品添加剂 柠檬酸; GB/T 8269 柠檬酸	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
68	柠檬酸钾	GB 1886.74 食品安全国家标准 食品添加剂 柠檬酸钾	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
69	柠檬酸钠	GB 1886.25 食品安全国家标准 食品添加剂 柠檬酸钠	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
70	柠檬酸脂肪酸甘油酯	GB 29951 食品安全国家标准 食品添加剂 柠檬酸脂 肪酸甘油酯	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
71	纽甜 (N-[N-(3,3-二甲基丁基)]-L- α -天门冬氨-L-苯丙氨酸 1-甲酯)	GB 29944 食品安全国家标准 食品添加剂 N-[N-(3,3-二甲基丁基)]-L- α -天门冬氨-L-苯丙氨酸 1-甲酯 (纽甜)	0.33	0.05
72	普鲁兰多糖	GB 28402 食品安全国家标准 食品添加剂 普鲁兰多糖	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
73	葡萄皮红	GB 28313 食品安全国家标准 食品添加剂 葡萄皮红	2.5	2.5
74	羟丙基淀粉	GB 29930 食品安全国家标准 食品添加剂 羟丙基淀粉	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
75	羟丙基二淀粉磷酸酯	GB 29931 食品安全国家标准 食品添加剂 羟丙基二淀粉磷酸酯	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
76	羟丙基甲基纤维素	GB 1886.109 食品安全国家标准 食品添加剂 羟丙基甲基纤维素 (HPMC); 现行《中华人民共和国药典》羟丙甲纤维素	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
77	氢氧化钠	GB 1886.20 食品安全国家标准 食品添加剂 氢氧化钠	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
78	琼脂	GB 1886.239 食品安全国家标准 食品添加剂 琼脂	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
79	日落黄及其铝色淀 (以日落黄计)	GB 6227.1 食品安全国家标准 食品添加剂 日落黄; GB 1886.224 食品安全国家标准 食品添加剂 日落黄铝色淀	0.1	0.1
80	乳酸	GB 1886.173 食品安全国家标准 食品添加剂 乳酸	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
81	乳酸钠	GB 25537 食品安全国家标准 食品添加剂 乳酸钠 (溶液)	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
82	乳糖醇 (又名 4- β -D 吡喃半乳糖-D-山梨醇)	GB 1886.98 食品安全国家标准 食品添加剂 乳糖醇 (又名 4- β -D 吡喃半乳糖-D-山梨醇)	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
83	三聚磷酸钠	GB 25566 食品安全国家标准 食品添加剂 三聚磷酸钠	5	5
84	三氯蔗糖	GB 25531 食品安全国家标准 食品添加剂 三氯蔗糖; 现行《中华人民共和国药典》三氯蔗糖	1	1
85	山梨酸及其钾盐 (以山梨酸计)	GB 1886.186 食品安全国家标准 食品添加剂 山梨酸; GB 1886.39 食品安全国家标准 食品添加剂 山梨酸钾; 现行《中华人民共和国药典》山梨酸、山梨酸钾	0.5	0.5
86	山梨糖醇和山梨糖醇液	GB 1886.187 食品安全国家标准 食品添加剂 山梨糖醇和山梨糖醇液; 现行《中华人民共和国药典》山梨醇	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
87	酸性红	GB 28309 食品安全国家标准 食品添加剂 酸性红 (偶氮玉红)	0.05	0.05
88	羧甲基淀粉钠	GB 29937 食品安全国家标准 食品添加剂 羧甲基淀粉钠; 现行《中华人民共和国药典》羧甲基淀粉钠	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
89	羧甲基纤维素钠	GB 1886.232 食品安全国家标准 食品添加剂 羧甲基纤维素钠; 现行《中华人民共和国药典》羧甲基纤维素钠	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用

序号	辅料名称	相关标准	最大使用量	
			固体制剂	液体制剂
90	碳酸钙	GB 1886.214-2016 食品安全国家标准 食品添加剂 碳酸钙（包括轻质和重质碳酸钙）	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
91	碳酸钠	GB 1886.1 食品安全国家标准 食品添加剂 碳酸钠	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
92	碳酸氢钠	GB 1886.2 食品安全国家标准 食品添加剂 碳酸氢钠	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
93	糖精钠	GB 1886.18 食品安全国家标准 食品添加剂 糖精钠	0.15	0.15
94	甜菜红	GB 1886.111 食品安全国家标准 食品添加剂 甜菜红	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
95	甜菊糖苷	GB 8270 食品安全国家标准 食品添加剂 甜菊糖苷	10	10
96	天门冬酰苯丙氨酸甲酯（又名阿斯巴甜）	GB 1886.47 食品安全国家标准 食品添加剂 天门冬酰苯丙氨酸甲酯（又名阿斯巴甜）；现行《中华人民共和国药典》阿司帕坦	3	3
97	天然苋菜红	GB 1886.110 食品安全国家标准 食品添加剂 天然苋菜红	0.25	0.25
98	微晶纤维素	GB 1886.103 食品安全国家标准 食品添加剂 微晶纤维素；现行《中华人民共和国药典》微晶纤维素	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
99	维生素 C	GB 14754 食品安全国家标准 食品添加剂 维生素 C（抗坏血酸）	声称补充维生素 C 的产品不得使用；其余产品：0.2	声称补充维生素 C 的产品不得使用；产品适宜人群为“1-3 岁”的小于 0.2；其余产品：0.2
100	维生素 E	GB 1886.233 食品安全国家标准 食品添加剂 维生素 E	声称补充维生素 E 的产品不得使用；产品适宜人群为“1-3 岁”的不允许使用；产品适宜人群为“4-6 岁”的小于 0.075；其余产品：0.085	声称补充维生素 E 的产品不得使用；产品适宜人群为“1-3 岁”的不允许使用；产品适宜人群为“4-6 岁”的小于 0.05；产品适宜人群为“7-10 岁”的小于 0.067；其余产品 0.085
101	苋菜红及其铝色淀（以苋菜红计）	GB 4479.1 食品安全国家标准 食品添加剂 苋菜红；GB 1886.219 食品安全国家标准 食品添加剂 苋菜红铝色淀	0.1	0.1
102	辛烯基琥珀酸淀粉钠	GB 28303 食品安全国家标准 食品添加剂 辛烯基琥珀酸淀粉钠	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
103	盐酸	GB 1886.9 食品安全国家标准 食品添加剂 盐酸	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
104	胭脂红及其铝色淀（以胭脂红计）	GB 1886.220 食品安全国家标准 食品添加剂 胭脂红；GB 1886.221 食品安全国家标准 食品添加剂 胭脂红铝色淀	0.1	0.1
105	氧化淀粉	GB 29927 食品安全国家标准 食品添加剂 氧化淀粉	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
106	氧化羟丙基淀粉	GB 29933 食品安全国家标准 食品添加剂 氧化羟丙基淀粉	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
107	叶绿素铜钠盐	GB 26406 食品安全国家标准 食品添加剂 叶绿素铜钠盐	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
108	乙醇 / 酒精	GB 30610 食品安全国家标准 食品添加剂 乙醇；GB 10343 食用酒精	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
109	异构化乳糖液	GB 1886.176 食品安全国家标准 食品添加剂 异构化乳糖液	15	15
110	乙酸钠	GB 30603 食品安全国家标准 食品添加剂 乙酸钠	1	1
111	乙酸乙酯	GB 1886.190 食品安全国家标准 食品添加剂 乙酸乙酯	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用

序号	辅料名称	相关标准	最大使用量	
			固体制剂	液体制剂
112	乙酰化二淀粉磷酸酯	GB 29929 食品安全国家标准 食品添加剂 乙酰化二淀粉磷酸酯	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
113	乙酰磺胺酸钾	GB 25540 食品安全国家标准 食品添加剂 乙酰磺胺酸钾	4	4
114	硬脂酸	GB 1886.101 食品安全国家标准 食品添加剂 硬脂酸（又名十八烷酸）	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
115	硬脂酸钙	GB 1886.102 食品安全国家标准 食品添加剂 硬脂酸钙	按生产需要适量使用	—
116	硬脂酸镁	GB 1886.91 食品安全国家标准 食品添加剂 硬脂酸镁；现行《中华人民共和国药典》硬脂酸镁	按生产需要适量使用	—
117	诱惑红及其铝色淀（以诱惑红计）	GB 1886.222 食品安全国家标准 食品添加剂 诱惑红；GB 1886.223 食品安全国家标准 食品添加剂 诱惑红铝色淀	0.1	0.1
118	蔗糖脂肪酸酯	GB 1886.27 食品安全国家标准 食品添加剂 蔗糖脂肪酸酯	10	10
119	植物炭黑	GB 28308 食品安全国家标准 食品添加剂 植物炭黑	5	5
120	栀子黄	GB 7912 食品安全国家标准 食品添加剂 栀子黄	1.5	1.5
121	栀子蓝	GB 28311 食品安全国家标准 食品添加剂 栀子蓝	1	1
122	α-环状糊精	关于批准紫甘薯色素等9种食品添加剂的公告（2012年第6号）	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
123	γ-环状糊精	关于批准紫甘薯色素等9种食品添加剂的公告（2012年第6号）	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
124	纯化水	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
125	单糖浆	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
126	低取代羟丙纤维素	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
127	黑氧化铁	现行《中华人民共和国药典》	0.1	0.1
128	红氧化铁	现行《中华人民共和国药典》	0.1	0.1
129	糊精	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
130	黄氧化铁	现行《中华人民共和国药典》	0.1	0.1
131	交联聚维酮	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
132	交联羧甲基纤维素钠	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
133	聚维酮 K30	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
134	聚乙二醇	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
135	可溶性淀粉	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
136	羟丙纤维素	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
137	甘油三乙酯	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
138	无水磷酸氢钙	现行《中华人民共和国药典》	5	—
139	乙基纤维素	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
140	预胶化淀粉	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
141	蔗糖	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
142	棕氧化铁	现行《中华人民共和国药典》	0.1	0.1
143	空心胶囊	现行《中华人民共和国药典》	按生产需要适量使用	—

序号	辅料名称	相关标准	最大使用量	
			固体制剂	液体制剂
144	共聚维酮	进口药品标准 JX20010420 共聚维酮	按生产需要适量使用	—
145	聚乙烯吡咯烷酮	进口药品注册标准 JX20040098 聚乙烯吡咯烷酮 (VA64); 进口药品注册标准 JX20150007 聚乙烯吡咯烷酮 (VA64)	按生产需要适量使用	—
146	白砂糖	GB 13104 食品安全国家标准 食糖; GB/T 317 白砂糖	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
147	菜籽油	GB/T 1536 菜籽油 (含第 1 号修改单)	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
148	赤砂糖	GB 13104 食品安全国家标准 食糖; QB/T 2343.1 赤砂糖	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
149	大豆油	GB/T 1535 大豆油	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
150	单晶体冰糖	GB 13104 食品安全国家标准 食糖; QB/T 1173 单晶体冰糖	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
151	多晶体冰糖	GB 13104 食品安全国家标准 食糖; QB/T 1174 多晶体冰糖	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
152	蜂蜜	GB 14963 食品安全国家标准 蜂蜜	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
153	橄榄油	GB 23347 橄榄油、油橄榄果渣油	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
154	果葡糖浆	GB 15203 食品安全国家标准 淀粉糖; GB/T 20882 果葡糖浆	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
155	果糖	GB 15203 食品安全国家标准 淀粉糖; GB/T 26762 结晶果糖、固体果葡糖	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
156	核桃油	GB/T 22327-2008 核桃油	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
157	红糖	GB 13104 食品安全国家标准 食糖; QB/T 4561 红糖	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
158	花生油	GB/T 1534 花生油	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
159	可可粉	GB/T 20706 可可粉	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
160	可可脂	GB/T 20706 可可粉	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
161	葵花籽油	GB/T 10464 葵花籽油	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
162	炼乳	GB 13102 食品安全国家标准 炼乳	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
163	马铃薯淀粉	GB/T 8884 马铃薯淀粉; 现行《中华人民共和国药典》马铃薯淀粉; GB 31637 食品安全国家标准 食用淀粉	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
164	麦芽糊精	GB/T 20884 麦芽糊精; 现行《中华人民共和国药典》麦芽糊精; GB/T 20884 麦芽糊精; GB 15203 食品安全国家标准 淀粉糖	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
165	麦芽糖	GB 15203 食品安全国家标准 淀粉糖; GB/T 20883 麦芽糖	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
166	绵白糖	GB 13104 食品安全国家标准 食糖; GB/T 1445 绵白糖	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
167	木薯淀粉	GB/T 29343 木薯淀粉; 现行《中华人民共和国药典》木薯淀粉 GB 31637 食品安全国家标准 食用淀粉	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
168	葡萄糖浆	GB 15203 食品安全国家标准 淀粉糖; GB/T 20885 葡萄糖浆	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
169	乳粉	GB 19644 食品安全国家标准 乳粉	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
170	乳糖	GB25595 食品安全国家标准 乳糖; 现行《中华人民共和国药典》乳糖	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用

序号	辅料名称	相关标准	最大使用量	
			固体制剂	液体制剂
171	食用葡萄糖	GB 15203 食品安全国家标准 淀粉糖；GB/T 20880 食用葡萄糖；现行《中华人民共和国药典》葡萄糖；现行《中华人民共和国药典》无水葡萄糖	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
172	食用小麦淀粉	GB/T 8883 食用小麦淀粉；现行《中华人民共和国药典》小麦淀粉 GB 31637 食品安全国家标准 食用淀粉	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
173	食用盐	GB 2721 食品安全国家标准 食用盐	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
174	食用玉米淀粉	GB/T 8885 食用玉米淀粉；现行《中华人民共和国药典》玉米淀粉；GB 31637 食品安全国家标准 食用淀粉	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
175	饮用水	GB 19298 食品安全国家标准 包装饮用水；GB 5749 生活饮用水卫生标准	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
176	芝麻油	GB/T 8233 芝麻油	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
177	棕榈油	GB/T 15680 棕榈油	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
178	异麦芽酮糖醇	QB/T 4486 异麦芽酮糖醇	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
179	玉米油	GB/T 19111 玉米油	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
180	薄荷脑	GB 1886.199 食品安全国家标准 食品添加剂 天然薄荷脑；现行《中华人民共和国药典》薄荷脑	按调香剂需要适量使用	
181	低聚半乳糖	原卫生部关于批准低聚半乳糖等新资源食品的公告（卫生部公告 2008 年第 20 号）；原卫计委关于海藻酸钙等食品添加剂新品种的公告（2016 年第 8 号）；原卫计委关于爱德万甜等 6 种食品添加剂新品种、食品添加剂环己基氨基磺酸钠（又名甜蜜素）等 6 种食品添加剂扩大用量和使用范围的公告（2017 年 第 8 号）	按调味剂需要适量使用	
182	低聚果糖	GB/T 23528 低聚果糖	按调味剂需要适量使用	
183	低聚异麦芽糖	GB/T 20881 低聚异麦芽糖	按调味剂需要适量使用	
184	食用甘薯淀粉	GB/T 34321 食用甘薯淀粉；GB 31637 食品安全国家标准食用淀粉	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
185	碳酸镁	GB 25587 食品安全国家标准 食品添加剂 碳酸镁；现行《中华人民共和国药典》重质碳酸镁	声称补充镁的产品不得使用；产品适宜人群为 1-3 岁人群不允许使用；其余产品每日最大使用量 0.8g（以镁计）	
186	枸橼酸	现行《中华人民共和国药典》枸橼酸	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
187	无水枸橼酸	现行《中华人民共和国药典》无水枸橼酸	按生产需要适量使用	按生产需要适量使用
188	磷脂	GB 28401 食品安全国家标准 食品添加剂 磷脂	按乳化剂、增溶剂需要适量使用	
189	浓缩大豆磷脂	LS/T 3219 大豆磷脂	按乳化剂、增溶剂需要适量使用	
190	粉末大豆磷脂	LS/T 3219 大豆磷脂	按乳化剂、增溶剂需要适量使用	
191	分提大豆磷脂	LS/T 3219 大豆磷脂	按乳化剂、增溶剂需要适量使用	
192	透明大豆磷脂	LS/T 3219 大豆磷脂	按乳化剂、增溶剂需要适量使用	
193	大豆磷脂	现行《中华人民共和国药典》	按乳化剂、增溶剂需要适量使用	
194	辛，癸酸甘油酯	GB28302 食品安全国家标准 食品添加剂 辛，癸酸甘油酯	按乳化剂需要适量使用	
195	姜黄素	GB 1886.76 食品安全国家标准 食品添加剂 姜黄素	按着色剂需要适量使用，最大使用量 0.7g/kg	
196	果蔬粉（必须明确具体使用的果蔬粉名称）	NY/T1884 绿色食品 果蔬粉 中的原料型果蔬粉的技术要求	按调味剂需要适量使用	

2019 中国生命科学与生物技术的发展报告: 重大研究进展

我国生命科学研究在快速发展，基因组学、转录组学、蛋白质组学、代谢组学等多组学分析与细胞图谱研究不断在进步，合成生物学、表观遗传学、结构生物学的持续进步推动了生命科学领域的大发现、大突破，同时，技术革新、学科融合推动脑科学、免疫学、再生医学、人工智能医疗及农作物育种领域取得多个里程碑式进步。

多组学交叉、多维度分析已经成为组学研究的大趋势

基于测序技术、质谱技术、核磁共振技术等生命组学研究技术的进步，相关研究将进一步向高通量、高精度、高覆盖方向发展，多组学交叉、多维度分析已经成为组学研究的大趋势，为完整解析生命奠定基础。

基因组学领域，西安交通大学、中国农业科学院等机构先后破译出罂粟基因组密码、发表 3010 份亚洲栽培稻基因组 58 研究成果，为

开发罂粟药用价值、推动水稻规模化基因发掘和水稻复杂性状分子改良等奠定了重要基础；首都医科大学、中国科学院深圳先进技术研究院、中国科学院北京基因组研究所、华大基因等机构通过对人类多维基因组大数据进行研究，揭示了继发胶质母细胞瘤和阿尔茨海默症（Alzheimer's disease, AD）等疾病、母体血浆病毒感染及人类胚胎基因组的激活机制等，为疾病精准治疗及人类优生优育提供理论基础。

转录组学中，浙江大学开发了新型单细胞全转录组测序技术 Holo-seq；中山大学等鉴定

了一组可有效预测局部晚期鼻咽癌转移风险的 mRNA 分子标签；北京大学等首次在单细胞和全转录组水平系统深入研究了小分子化合物诱导细胞重编程过程；北京大学等机构还绘制了人类精子发生的高精度单细胞转录组图谱。

蛋白质组学中，中国科学院计算技术研究所等机构设计了新一代开放式搜索算法 Open-pFind，有望成为蛋白质组学日常数据分析的主力工具；中国科学院水生生物研究所构建了三角褐指藻的蛋白质组精细图谱；北京大学肿瘤医院等从蛋白质组的角度将弥漫型胃癌分为 3 个与生存预后和化疗敏感性相关的亚型 7，可为胃癌精准医疗提供直接依据。

代谢组学领域，华东理工大学等首次在单细胞和活体水平建立了氧化还原“全景式”实时动态分析技术。

多组学交叉、多维度分析已经成为组学研究的大趋势，中国农业科学院综合利用基因组、转录组、代谢组等多组学大数据分析番茄育种过程，为番茄的全基因组设计育种提供了路线图；清华大学等机构运用代谢组和转录组等多组学研究手段，首次揭示了小细胞肺癌亚型中的新型代谢重编程通路。

细胞图谱绘制上，浙江大学、中国科学院生物物理研究所、北京大学等机构先后绘制了世界上第一张哺乳动物细胞图谱，人脑前额叶胚胎发育过程的单细胞转录组图谱，食道、胃、小肠和大肠这 4 种器官在人类胚胎发育过程中的基因表达图谱，以及非小细胞肺癌和结直肠癌微环境 T 细胞图谱，为基础研究和疾病精准治疗提供了参考。

脑科学与神经科学基础及应用研究持续推进

我国脑科学与神经科学研究持续深入，相关技术开发、基础研究与应用研究不断推进。

技术开发上，中国科学院国家纳米科学中心在高密度柔性神经流苏及活体神经信号稳定测量方面取得进展；天津大学、中国医学科学院等机构开发的三金属纳米酶，在脑损伤模型研究中有重要应用；中国科学院上海微系统与信息技术研究所利用新型碳基二维半导体材料 C3N 构建了可调突触行为的人工突触模拟忆阻器。

基础研究领域，中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心成功构建了世界首例生物节律紊乱体细胞克隆猴模型，表明中国正式开启批量化、标准化创建疾病克隆猴模型的新时代；中国科学院生物物理研究所发现了果蝇学习记忆中去抑制神经环路机制；上海交通大学等机构发现大脑中的一个区域在调节进食行为中发挥着关键性作用。

应用研究上，浙江大学医学院首次发现大脑存在两条平行的抑制性神经通路，为治疗阿片类药物依赖提供了新靶点；中国科学院上海有机化学研究所生物与化学交叉研究中心等首次发现了维持神经轴突完整性的关键基因，为开发衰老相关神经退行性疾病的诊疗方法提供了重要思路。

合成生物学在基因组设计与合成中实现突破

我国在合成生物学的基础研究和应用研究等

方面取得了一系列重要进展，包括基因组设计与合成、基因编辑、天然产物合成等。

基因组设计与合成上，中国科学院分子植物科学卓越创新中心 / 植物生理生态研究所在国际上首次人工创建了单条染色体的真核细胞，是继原核细菌“人造生命”之后的又一个重大突破；天津大学在合成酵母染色体的基础上，开发出精确控制基因组重排技术等系列成果。

基因编辑方面，中国科学院遗传与发育生物学研究所建立了通过 CRISPR-Cas9 高效调控内源 mRNA 翻译的方法；中国科学院分子植物科学卓越创新中心 / 植物生理生态研究所利用 Cas13 蛋白及其指导 RNA 靶向结合特异序列单链 RNA 的能力，建立了实现精确定点 RNA (A → I) 编辑的人工机器，该中心还发现 ssDNA 的切割活性在 Cas12a 蛋白中普遍存在。

天然产物合成方面，中国科学院天津工业生物技术研究所等首次实现治疗心脑血管疾病的中成药灯盏花素的全合成；中国科学院分子植物科学卓越创新中心 / 植物生理生态研究所首次解析了甜茶素 (rubusoside) 的生物合成过程；华东师范大学合成了远红光调控的 CRISPR-dCas9 内源基因转录装置 (FACE 系统)；北京大学利用合成生物学手段成功将原本以 6 个操纵子 (共转录) 为单元的含有 18 个基因的产酸克雷伯菌钼铁固氮酶系统成功地转化为 5 个编码 polypeptide 的巨型基因。

上海科技大学、中国科学院马普计算生物学研究所实现了 C 与 T 及 mC 至 T 的精准编辑。

中国科学院分子植物科学卓越创新中心 / 植物生理生态研究所、中国科学院生物物理研究所、中国科学院动物研究所、暨南大学和中国科学院

广州生物医药与健康研究院等机构利用基因编辑技术先后在人工改造染色体、动物模型构建等领域取得突破性进展。

技术革新、学科融合推动表观遗传学快速发展

我国表观遗传学研究关注表观基因图谱及调控功能验证，国家科学研究项目在表观遗传学方面的支持力度不断提高，表观遗传学的数据标准和数据平台也正不断完善。

技术革新、学科融合极大地推动了表观遗传学研究成果的产出，我国在遗传修饰与基因调控、临床应用与疾病干预方面均取得多项突破。

遗传修饰与基因调控领域，中国科学院生物物理研究所解析了染色质领域首个组蛋白修饰酶与完整底物复合体 Rtt109-Asf1-H3-H4 复合物的晶体结构；同一时期，该团队又解析了 DNA 复制过程中组蛋白结合和核小体的产生过程；中国科学院生物物理研究所首次在体内揭示了 Stella 基因通过抑制 DNMT1 活性而保护卵母细胞基因甲基化正常建立的机制；北京大学第三医院与北京未来基因诊断高精尖创新中心、生命科学学院生物动态光学成像中心利用单细胞测序技术，首次实现了人类早期胚胎发育过程中 DNA 甲基化重编程在单细胞和单碱基精度的深入研究；在临床应用与疾病干预上，首次从单细胞分辨率、多组学水平深入解析了人类结直肠癌的发生和转移过程；中国科学院北京基因组研究所有多项研究基于表观遗传修饰来寻找白血病的潜在治疗靶点。

结构生物学技术不断完善，推动相关研究不断加深

从结构到功能的研究对生物学领域有着重要的意义。伴随技术手段的发展与完善，我国对基因（组）、染色质及蛋白质等大分子结构和功能的认识不断加深，在大分子与细胞机器的功能与机制、膜蛋白和受体蛋白的功能解析与新药开发、蛋白与药物靶点的结合构象研究等方面有多项突破。

大分子与细胞机器的功能与机制方面，清华大学的进展尤为突出，先后利用冷冻电镜技术、单颗粒冷冻电镜技术等，首次解析了人源内切核酸酶 Dicer 及其辅因子蛋白 TRBP 复合体的高分辨率三维结构、哺乳动物机械门控 Piezo1 离子通道的高分辨率三维结构、分辨率达 4.1Å 的近原子分辨率下的人源剪接体结构、酿酒酵母剪接体处于被激活前阶段的两个完全组装的关键构象、2.7Å 的人体 γ -分泌酶结合底物 Notch 的冷冻电镜结构、3.2Å 的人类电压门控钠离子通道 (Nav) 1.4- β 1 复合体的结构等；并与中国科学院植物研究所合作，首次解析了红藻光系统 I 核心与捕光天线复合物在 3.63Å 分辨率下的三维结构。另外，北京大学、上海交通大学、中国科学院生物化学与细胞生物学研究所、中国科学院生物物理研究所等也均在该领域有所突破。

膜蛋白和受体蛋白的功能解析与新药开发领域，复旦大学等对目前所有已知 G 蛋白偶联受体小分子配体的化学结构和药理活性进行了整合分析；中国科学院上海药物研究所确定了人类胰

高血糖素受体连同胰高血糖素类似物及部分激动剂 NNC1702 的晶体结构；上海科技大学等成功解析了首个人源卷曲受体 (Frizzled-4) 三维精细结构；清华大学分别在 3.9Å 分辨率和 3.6Å 分辨率下解析出人 Ptch1 单独时，以及它与 Shh 的 N 端结构域 (ShhN) 结合在一起时的高清图片。

蛋白与药物靶点的结合构象研究上，清华大学分别在 2.8Å、2.6Å 和 3.2Å 的分辨率下，获得了昆虫 Nav 通道与蜘蛛毒素 Dc1a 结合时的复合体，以及 Nav-Dc1a-TTX 和 Nav-Dc1a-STX 复合体的冷冻电镜结构；上海科技大学等机构联合国际团队利用 X 射线晶体学技术，解析出神经系统重要蛋白 5-HT_{2c} 血清素受体与麦角胺 (ergotamine) 和利坦色林 (ritanserin) 等多种药物分子结合在一起时的结构；中国科学院国家纳米科学中心首次利用 DNA 折纸结构为载体高效且可控地实现了化疗药物阿霉素和线性小发夹 RNA 转录模板的共递送，完成了化疗和基因治疗的联合给药。

免疫学与免疫治疗基础研究与临床应用稳步推进

单细胞测序技术、质谱流式细胞技术、活体成像技术、基因编辑技术等快速发展，极大地提高了探索和利用免疫系统的可能性。免疫学机制研究的深入，为免疫相关疾病的预防和治疗研发带来了新的机遇。

免疫学基础研究不断深入，推进了免疫学在临床工作中的应用。免疫器官、细胞和分子的再

认识和新发现方面，中国人民解放军海军军医大学等机构发现了炎症状态下诱导产生的新型 Ter 细胞，并揭示了其促进癌症恶性进展机制；北京大学等开发了 STARTRAC 生物信息方法，系统描述了结直肠癌相关 T 细胞的组织分布特性、克隆性、迁移性和状态转化。

免疫识别、应答、调节的规律和机制上，中国医学科学院北京协和医学院等揭示了炎症性免疫反应的新型分子与细胞机制，入选了教育部 2018 “中国高等学校十大科技进展”。

疫苗与抗感染领域，中国科学院生物物理研究所报道了 2 型单纯疱疹病毒（HSV-2）核衣壳的 3.1Å 原子分辨率结构；厦门大学等设计了能够同时针对三种型别人乳头瘤病毒（HPV）产生保护效果的嵌合病毒样颗粒；清华大学等首次发现甲羟戊酸通路可作为新型疫苗佐剂的理性设计药物靶点，对疫苗佐剂的开发具有指导意义。

免疫治疗技术正处于高速发展的初始阶段，我国在免疫激活与免疫逃逸等机制研究中取得多项成果，对寻找、提升现有肿瘤免疫治疗方法的疗效具有重要意义。免疫激活机制上，中国科学院广州生物医药与健康研究院揭示了间皮素（mesothelin, MSLN）可作为 CAR-T 治疗胃癌的有效新靶点；免疫逃逸机制研究中，中国科学院生物化学与细胞生物研究所等首次揭示了人体免疫系统“刹车”分子 PD-1 的降解机制；中国科学技术大学等发现抑制性受体 TIGIT 可导致自然杀伤（NK）细胞耗竭；中山大学等的研究揭示了治疗性抗体与免疫检查点抑制剂联合使用可能产生协同效应，为联合疗法的研发提供了参考。

再生医学为重大慢性疾病的治愈带来希望

随再生医学的不断发展，其概念范畴不断扩充，一系列新兴通用技术及工程技术与生物技术的融合，推动了再生医学的发展，为一系列重大慢性疾病的治愈带来了希望，同时也为器官移植中缺乏器官来源的问题找到了潜在解决方案。

基础研究领域，中国科学院动物研究所结合单倍体干细胞技术和基因编辑技术，首次成功构建了孤雄小鼠；中国科学院上海营养与健康研究所利用活体成像和细胞标记技术，首次在高分辨率水平解析造血干细胞归巢机制；中国科学院广州生物医药与健康研究院开发出更为高效、简单的化学小分子诱导多能干细胞的方法，可实现多种体细胞类型重编程；北京大学等首次在单细胞和全转录组水平系统深入研究并进一步优化了小分子化合物诱导体细胞重编程过程，显著地加快了重编程进程；克隆技术在灵长类动物中实现成功应用，中国科学院神经科学研究所成功构建了世界首例体细胞克隆猴，对灵长类疾病模型的建立具有重要意义。

组织器官原位修复领域，中山大学孙逸仙纪念医院将经过纳米材料改造过的神经干细胞定向移植到梗死处，将神经干细胞分化为神经元的比例提高了 6 倍；同济大学科研人员在国际上率先利用自体肺干细胞移植技术，在临床上成功实现了肺再生；中国科学院遗传与发育生物学研究所通过将脐带间充质干细胞结合胶原支架，证实了该疗法在治疗宫腔粘连时具有安全性和

有效性。

组织器官体外构建方面，上海交通大学与国外科研人员合作通过同轴多通道生物打印系统（MCCES），实现了不同亚层结构一次性同步准确打印构建的设想；上海交通大学还利用组织工程和 3D 生物打印技术，利用患者自体的耳软骨细胞，实现了小耳畸形修复。

类器官模型构建领域，中国科学院大连化学物理研究所利用器官芯片技术构建了一种胎盘屏障模型，在体外模拟母胎界面微环境，研究细菌感染胎盘的动态过程，为解析妊娠期宫内感染提供了一种非常有应用价值的新型研究模型。

人工智能进一步渗透中国医疗健康领域

2018 年，人工智能技术进一步渗透医疗健康领域，我国在人工智能技术应用于疾病风险预测、诊断和病理分析方面的突破层出不穷。

在疾病辅助诊疗上，广州医科大学、北京中日友好医院等机构开发的多款高准确度、高灵敏度人工智能系统，可精确诊断眼疾、肺炎、皮肤肿瘤等多种类型的疾病，迈出了该领域的重要一步。乐普（北京）医疗器械股份有限公司自主研发的人工智能医疗器械“AI-ECG 平台”获美国 FDA 受理，有望带来心电行业的革命。

医学影像方面，中国科学院苏州生物医学工

程技术研究所基于人工智能算法，有效缩短了结肠癌疾病分析和诊断的前期工作时间；中国科学院自动化研究所、中国科学院分子影像重点实验室基于人工智能模型，重建了活体动物荷瘤模型内的肿瘤三维分布，为疾病动物模型乃至临床影像学研究提供了全新的思路。

疾病风险预测方面，中山大学中山眼科中心开发的人工智能预测模型，可提前 8 年有效预测高度近视；星创视界集团与 Airdoc 公司等研发的 AI 眼底照相机，可实时预测出糖尿病、高血压、动脉硬化、视神经疾病等 30 多种慢性病。

健康管理方面，联想集团和东南大学联合研发的“智能心电衣”，可实时监测健康状况，有效降低心血管疾病患者的猝死风险。平安好医生开发的“AI Doctor”平台，可为用户提供辅助诊断、康复指导及用药建议，最大程度地简化医生的工作流程，提升医院管理效率。

农作物分子设计育种研究取得重大理论突破

中国科学院遗传与发育生物学研究所成功利用“水稻高产优质性状形成的分子机理及品种设计”理论基础与品种设计理念育成标志性品种‘中科 804’和“中科发”系列水稻新品种，实现了高产优质多抗水稻的高效培育，该成果入选两院院士评选的年度中国十大科技进展。

L- 异亮氨酸及其应用研究进展

◎马江涛 方海田 刘予煊 陆冉冉 杨亚丽 张浩宇

1. 宁夏食品微生物应用技术与安全控制重点实验室, 宁夏银川 750021; 2. 宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021

【摘要】L- 异亮氨酸是人体必需氨基酸, 在维持生物体结构与代谢中起着重要作用。近年来需求日益增加, 其主要的提取方法为微生物发酵法, 可以利用黄色短杆菌、谷氨酸棒杆菌、粘质赛氏杆菌等微生物进行发酵提取。异亮氨酸在食品、水产品、医药等领域的应用日渐广泛, 但其产量在国内来说还相对较低。本文就 L- 异亮氨酸生产技术现状与应用做一综述。

【关键词】异亮氨酸; 生产方法; 发酵; 应用

L- 异亮氨酸 (L-Isoleucine, Ile), 又被命名为异白氨酸, 系统命名为 α -氨基- β -甲基戊酸, 化学式为 $C_6H_{13}NO_2$, 分子量为 131.17, 形状为片状晶体, 有的形状为菱形叶片状, 味略苦, 熔沸点为 284°C , 可溶于水, 微溶于乙醇^[1]。异亮氨酸是由丙酮酸酯与其他生物体如细菌中的亮氨酸生物合成酶合成的, 由密码子 ATT, ATC, ATA 编码。异亮氨酸为组成蛋白质的重要氨基酸, 有四种形式, 其中只有 L 型的异亮氨酸对机体有营养作用^[2]。营养学上, L- 异亮氨酸是人类的必需氨基酸, 人体无法合成异亮氨酸, 只能通过体外摄取。蛋白质含量丰富的食物中异亮氨酸的含量较高, 动物性食物包括

各种肉类、蛋类及乳制品, 植物性食物中, 包括大豆及谷物^[3]。

1 L- 异亮氨酸生产方法

目前, L- 异亮氨酸的生产方法主要为微生物发酵法, 研究人员在微生物的反馈调节水平上进行菌种的改造, 选育出能大量产生 L- 异亮氨酸的菌株^[4]。

1.1 提取法

将 L- 异亮氨酸含量较高的蛋白质进行水解,

制成氨基酸浓缩液，再将浓缩液经过纯化分离，从中提取出 L- 异亮氨酸^[5]。L- 异亮氨酸提取法的优点是技术要求不高，生产的设备简单，且 L- 异亮氨酸在蛋白质中含量较高。L- 异亮氨酸提取法的缺点是花费时间大、提取率低、对环境的污染严重、大规模的工业化生产收到限制。

1.2 化学合成法

合成法主要有酶法与化学合成相结合和化学合成法的方法：以丙二酸二乙酯为原料，在硫酸的作用下以亚硝酸丁酯脎化，经过钨的催化还原得到异亮氨酸。由异戊酸开始，经由氰醇、氨脎合成异亮氨酸^[6]。由于此种方法会产生大量的 L- 异亮氨酸的同分异构体，难以从中分离出纯的 L- 异亮氨酸，故而应用极少。

1.3 发酵法

在微生物的代谢过程中，使其过量表达或者是累积 L- 异亮氨酸，再将异亮氨酸从发酵液中分离出来，这就是 L- 异亮氨酸的微生物发酵法。微生物发酵法包括以下两种：

微生物转化法，及在发酵液中添加 L- 异亮氨酸的前体物质，使微生物在发酵过程中大量的产生 L- 异亮氨酸^[7]。前体物质包括 A- 氨基丁酸、A- 羧基丁酸、D- 苏氨酸、A- 酮基异戊酸等，以避免氨基酸生物合成途径中的反馈调节抑制作用，虽然此方法效率高，但由于这些前体物质价格甚高，在大量生产过程中资金投入过高，故而不适合大量生产 L- 异亮氨酸。

直接发酵法是在研究清楚异亮氨酸的代谢通路的前提下，切断反馈调节，使得氨基酸的产生通路不会受阻。由此选育出了营养缺陷型菌株和抗氨基

酸前体物质菌株。在菌种选育时，利用各种常规育种技术或分子生物学技术切断或弱化 L- 异亮氨酸代谢途径中的支路代谢，使代谢流导向终产物 L- 异亮氨酸的合成，由此获得的高产突变株（或重组菌株）。

2 L- 异亮氨酸发酵研究进展

福建师范大学对黄色短杆菌突变株 BM2610 在实验室摇床条件下进行了单因素试验，确定了发酵培养基的最佳碳氮源、最适起始 pH、装液量及接种量等，通过响应面软件的分析，确定了培养基的最佳配比。在经过优化后，BM2610 菌株的 L- 异亮氨酸产生量提高了近 126.3%，其最佳的培养基配方为：碳酸钙 5.25，葡萄糖 9.8，有机氮源 1.5，硫酸镁 0.1，硫酸铵 3.5，磷酸二氢钾 0.075，接种量为 5%^[8]。研究对实验的结果进行复证并与基础发酵培养基进行比较，每组设置 3 个平行样，结果取均值，实测 L- 异亮氨酸平均值与预测值的相对误差为极小，说明运用响应面法优化 BM2610 产 L- 异亮氨酸的发酵培养基是可行的。另在同等条件下，在优化前基础发酵培养基的 L- 异亮氨酸合成能力显著提高，并且实际值达到了预测值。

还有研究发现在异亮氨酸试验罐 (30L) 中，发酵周期一般控制在 72h，而大罐生产 (120T)，发酵周期控制在 60h 为佳。不同来源、不同批次的玉米浆总磷含量在 1.5%~3.3%，若玉米浆中总磷含量保持 2.5% 以上，则异亮氨酸产酸较为稳定，若低于 2.5% 则会显著影响异亮氨酸的发酵产酸。若总磷含量高于 2.5%，则玉米浆按正常比例添加；若总磷含量低于 2.5%，则按折算比例增加发酵培养

基中玉米浆的浓度，这样会保持异亮氨酸发酵产酸的相对稳定。通过多批次的 30L 罐实验，发现在发酵培养基中添加 0.5% 的醋酸铵，发酵 72h 异亮氨酸产酸可达 59g/L 而对照组的产酸为 50g/L，产酸有明显提高。添加卡那霉素浓度在 50mg/L 以上即可保持不染菌，产酸水平也比较高，达到 4.51%。卡那霉素的灭菌是与发酵培养基分开的，待其冷却后再加入发酵培养基中^[9]。在高温条件下，卡那霉素会与发酵培养基中的成分发生反应而降低效果。

3 L- 异亮氨酸的应用

3.1 食品及水产品方面的应用

L- 异亮氨酸为人体必需氨基酸，人体每日必须从外界摄取一定量的异亮氨酸来保证正常的生理活动。如果缺乏，则会引起免疫力下降，代谢受阻以及一系列对人体不利的影响。因此许多食品中将 L- 异亮氨酸添加进去，来保障营养均衡。一些具有保健性质的功能性食品及饮品应运而生，并且此类市场相对空白，有待开发。鳊鱼体内蛋白质的转化利用情况可以通过氨氮的变化间接反映，黄康等人发现通过对鳊鱼脑室注射异亮氨酸，异亮氨酸能够激活鳊鱼肝脏 mTOR 信号通路，介入氨基酸的代谢，提高鳊鱼的氮代谢基因转录水平，促进氨氮排泄增多^[10]。

3.2 医药方面的应用

在骨骼和肌肉的生长发育过程中，需要大量的异亮氨酸，它是蛋白质不可缺少的重要组成部分，如果缺乏异亮氨酸，会使骨骼肌肉发育异常。L- 异亮氨酸对于肝脏的生理功能具有促进作用，

从而能够提高机体的免疫机制，使得身体更加健康。另外，异亮氨酸还能增强粘膜的防御功能^[11]。在临床以及医药领域 L- 异亮氨酸是非常有发展站前景的。

3.3 在饲料领域的应用

L- 异亮氨酸和亮氨酸是禽畜体内自身无法合成的必须氨基酸，可从饲料中获取。在动物的饲料中添加 L- 异亮氨酸，也能起到为动物补充营养、提高免疫、增加产蛋率、产肉率、泌乳率等作用。L- 异亮氨酸是牛瘤胃氮代谢中不可缺少的成分，因此在牛的饲料中经常添加。王莉苹发现牙鲆的消化系统以及肝脏中的酶会受到异亮氨酸的影响，在低亮氨酸水平与高异亮氨酸水平交互作用下，相关酶活力为最高^[12]。

3.4 其它方面的应用

L- 异亮氨酸除了在食品及水产品方面、医药方面、饲料方面有应用外还被广泛的应用于各种生物化工领域。

郭蒙等人以异亮氨酸修饰玻碳电极为工作电极，方波伏安法测定 Pb²⁺ 的方法，确定优化了 Pb²⁺ 测定的条件以及电极修饰。建立了一种测定 Pb²⁺ 的新方法，并将其成功应用于口红中 Pb²⁺ 含量的测定^[13]。该方法能够有效检测 Pb。

刘颖等人为了延缓丁酸梭菌芽孢形成，提高丁酸梭菌的生长效率，研究发现鸟嘌呤和异亮氨酸可以促进丁酸梭菌生长。添加鸟嘌呤或异亮氨酸的最大生物量较对照组分别提高了 22.91% 和 7.64%，鸟嘌呤和异亮氨酸降低了丁酸的生成效率、减缓了芽孢的形成、加快了细胞的生长^[14]。此发现为工业化生产丁酸梭菌提供了新的思路。

彭晓珊研究发现聚丙烯的结晶过程对制品的性能影响较大,低浓度的 L- 异亮氨酸对等规聚丙烯成核结晶有抑制作用,高浓度的 L- 异亮氨酸会促进聚丙烯的成核结晶,以 L- 异亮氨酸为基础合成异亮苯丙亚酰胺酸钙,发现 L- 异亮氨酸的衍生物异亮氨酸邻苯亚酰胺酸钙对聚丙烯的结晶具有促进作用^[15]。

【参考文献】

- [1] 黄康,梁旭方,何珊. 异亮氨酸对鳕 mTOR 信号通路及氮代谢影响[J]. 水生生物学报,2018,42(05):879-886.
- [2] 孙华青. 高效液相色谱法测定胃癌患者血浆氨基酸含量[D]. 新疆医科大学,2016.
- [3] 宋洁,张三粉,冯小慧. 内蒙古生鲜乳中氨基酸含量及其地区差异比较研究[J]. 中国畜牧兽医,2018(10):2969-2975.
- [4] 罗磊. L- 异亮氨酸产菌株的选育及苏氨酸脱水酶编码基因的克隆与表达[D]. 福建师范大学,2012.
- [5] 李忠财. 高产 L- 异亮氨酸谷氨酸棒杆菌的菌种选育及代谢优化[D]. 大连工业大学,2016.
- [6] 赵建勋. 代谢工程改造谷氨酸棒状杆菌生产 L- 异亮氨酸[D]. 江南大学,2015.
- [7] Jian Wang,Bing Wen,Qingyang Xu,Xixian Xie,Ning Chen. Optimization of carbon source and glucose feeding strategy for improvement of L-isoleucine production by *Escherichia coli*[J]. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 2015,29(2).
- [8] 沈加彬,胡荣涛,罗磊. 响应面法优化 L- 异亮氨酸产生菌的摇瓶发酵条件[J]. 福建师范大学学报(自然科学版),2018,34(02):48-56.
- [9] 黄平. L- 异亮氨酸生产菌发酵水平提高的研究[J]. 化工设计通讯,2018,44(06):208-209.
- [10] 黄康,梁旭方,何珊. 异亮氨酸对鳕 mTOR 信号通路及氮代谢影响[J]. 水生生物学报,2018,42(05):879-886.
- [11] 刘丽君. L- 异亮氨酸产生菌的选育及发酵条件研究[D]. 吉林大学,2015.
- [12] 王莉苹,姜志强,孙梦蕾. 饲料中亮氨酸和异亮氨酸交互作用对牙鲆消化酶及免疫相关酶活力的影响[J]. 大连海洋大学学报,2017,32(03):287-293.
- [13] 郭蒙,姜晓媛,郭明鑫. 异亮氨酸修饰电极在痕量铅测定中的应用[J]. 分析试验室,2018,37(05):543-546.
- [14] 刘颖,杨华,宋昭. 鸟嘌呤和异亮氨酸促进丁酸梭菌生长[J]. 食品与发酵工业,2018,44(08):34-40.
- [15] 彭晓珊. 异亮氨酸及其一种衍生物在聚丙烯中的成核性能[D]. 华东理工大学,2018.

氨基酸发酵数据共享平台的实现

◎王森 张昕 王健

吉林大学生物与农业工程学院, 长春 130022

【摘要】科学数据的开放与共享是各个领域都急需面对的问题, 关乎国家的发展, 社会经济的进步, 关乎科技领域的深度。近年来, 随着计算机技术、检测技术的发展, 氨基酸发酵数据量成几何倍数增加, 传统靠人工和专家经验的决策方式, 已经成为制约产业进一步发展的主要因素, 本文以氨基酸发酵数据共享的需求为依托, 分别从数据的采集、数据的储存、数据的分析、数据的应用和管理层次重点讨论, 为氨基酸发酵数据共享平台的实现提供理论基础。。

【关键词】氨基酸发酵; 大数据; 开放与共享

随着信息技术不断向前发展, 产生了“互联网+”、“云计算”的理念, 这些理念直接推动了人类社会的进步。随着以互联网为代表的信息技术不断应用和推广大数据技术, 逐渐渗透到各个行业, 逐渐成为最重要的生产要素。这一重大技术改革, 势必会开启人类生产生活的重要里程。近年来, 我国已成为氨基酸产品的“世界工厂”, 2017 年我国氨基酸工业总产量达到 542 万吨, 占世界总量的 2/3 以上^[1]。自 19 世纪日本协和发酵公司用发酵法生产谷氨酸以后, 发酵法生产氨基酸得到快速普及, 到目前为止绝大多数氨基酸都已能用发酵法生产。尽管我国发酵法生产氨基酸产量很高, 但我国还不是发酵强国, 产品相对单一, 主要集中在谷氨酸和赖氨酸上, 其他小品种、高附加值氨基酸产量比较低。因此整个产业急需技术提升创新发展。

发酵过程参数曲线具有多样性、时变性、相关耦合性与不确定性。面对这种纷繁的数据特性, 若

采用精确的动力学模型计算实现过程优化是极端困难的, 想要达到发酵过程的稳定控制, 就需要打破生命科学上游研究到下游生物应用研究的多学科技术壁垒, 实现从基因、细胞到发酵过程的跨领域、跨学科研究, 也须改变传统的数据处理思维方式^[2]。应用大数据分析方法, 有效地组织管理数据信息, 实现过程数据共享, 对氨基酸发酵研究和应用具有重要的意义和价值。

大数据是指那些无法在固定时间内用计算机技术进行感知、获取、管理、处理和服务的数据。大数据共享平台就是借助一定的技术手段, 面向全社会及各行各业以公用事业的方式提供数据资源的统一开放平台体系。本文以氨基酸发酵数据共享的需求为依托, 引入了大数据的理念, 分别从数据的采集、数据的储存、数据的分析、数据的应用和管理层次进行分析, 提出了一种基于大数据理念的氨基酸发酵数据共享平台框架。

1 氨基酸发酵数据共享的需求

氨基酸发酵行业经过近几十年的经验积累,已拥有大量的发酵过程数据,将这些数据信息进行存储、分析与处理,即可建立氨基酸发酵数据共享平台,同时,平台还可进行实时的数据补充与更新,从而实现氨基酸发酵行业内部进行数据交换、信息共享,达到共赢和行业快速发展的目的。

1.1 氨基酸产业发展需求

氨基酸产业已成为增长最快的产业之一。由于氨基酸产品在医药行业、婴幼儿食品、强化食品、保健食品(功能食品)、动物(家禽)饲料添加剂和化妆品行业中有着广泛用途,且在过去几年里动物饲料添加剂用途成为推动国际氨基酸市场增长的最大原动力,世界氨基酸市场增量可观。

当前任何行业的发展难以脱离各类数据的支撑,发酵行业更是如此,随着计算机技术、在线检测技术的发展,氨基酸发酵数据量成几何倍数增加。据中国淀粉工业协会报道,近几年我国新上了几个玉米深加工项目,而下游大多为各种氨基酸产品。获取发酵过程和上下游加工过程各类数据,使用科学算法进行分析,可以更好地解决高度非线性、时变性、动态的发酵过程出现的问题。使整个过程变得有迹可循。影响菌体生长的因素有很多,主要包括基质和营养物质的成分、浓度、压力、进气量、温度和pH等。影响产物形成的因素主要包括产物和副产物的浓度、基质和菌体的浓度、中间产物的浓度、气压、pH、温度、菌体的质量、溶解氧等^[3]。这些因素相互作用,使得环境处于一个动态的变化中,从而改变生物的代谢的过程,进而影响目的产物的合成。随着计算机技术的迅速发展,氨基酸发酵过程已普遍采用计算机在线控制,在发酵罐上都配置有温度计、溶氧电极、pH电极、空气流量计

和压力传感器^[4-5]。且近年来随着近红外光谱检测技术的普及,发酵过程中目的产物和副产物也可以精确在线检测,这使得氨基酸发酵过程数据成几何倍数增加,但我国发酵数据利用率较低,很多数据只在某一个企业或某一个项目中得以利用,数据的价值并未得到充分挖掘。考虑到我国氨基酸数据的利用特点,需要引入大数据的理念,建立数据共享机制,实现数据的重复利用,挖掘数据的潜在价值。

1.2 科学研究需求

现今在全国乃至全世界的科研领域很少有单一学科,多数为交叉领域的科研^[5]。氨基酸发酵数据共享平台的建立可以有效的挖掘数据价值,避免数据资源重复获取和投资建设,是现代数据密集型地学研究的重要基础。氨基酸发酵数据共享可以为以下科学研究提供数据支持。

①发酵工艺的改造。发酵工艺改造就是通过控制各种参数,为微生物提供一个最有利于产物合成及积累的培养环境。大数据共享可以打破目前靠人工与专家经验来判断的局限性,以及面临的基因、代谢、过程到生产组织中的互不联系的实验或生产数据孤岛,为知识的发现、获取提供方法和途径,实现智能化决策。

②发酵设备的改造。为了可以更好的适用发酵过程,发酵设备和过程检测仪器可以根据平台共享的氨基酸发酵数据设计出更加适合本产品的设备和仪器,无需花费大量时间探索发酵过程,进而节约生产成本。

③原辅料质量控制。现在氨基酸发酵过程多采用智能检测设备进行在线检测,发酵过程的稳定性十分重要,因此对发酵过程中添加的各种原辅料质量具有严格的控制(原辅料质量的细微变化,将会在发酵过程进一步放大,最终产物将会发生更大变化,进而有可能超出在线检测设备的监测范围或超

出在线监测设备的最佳检测范围)。避免给发酵过程造成不必要的损失。

④近红外模型的建立。随着检测技术的发展,以近红外为代表的二次检测技术快速兴起。氨基酸发酵平台可以为近红外模型的建立提供大量原始数据。使得建模成本大大降低。

氨基酸发酵数据共享平台,开放的数据资源及大数据在线云计算服务,可为相关研究提供定制化的个性服务,极大减少发酵过程研究数据寻觅、下载、处理所消耗的时间,节省数据购买产生的费用。同时,平台也能为众智、众创大数据的挖掘分析,实现数据驱动的知识发现,提升科学大数据的核心价值,实现数据的增值,创造条件。

2 数据共享平台框架设计

依据氨基酸发酵数据共享的需求,结合近年来蓬勃发展的大数据的概念和技术,分别从数据的采集,数据的储存,数据的分析,数据的应用层次,提出了一种基于大数据理念的氨基酸发酵数据共享平台框架如图1所示。

数据管理	管理人员	决策人员	规划研究人员
数据应用	发酵工艺改造	发酵设备设计	近红外光谱模型
	发酵仪器设计	科研项目	基因改造
数据分析与挖掘	支持向量机	神经网络	随机森林
	聚类算法	决策树	异常检测
数据储存			
数据获取	在线数据	历史数据	企业数据

2.1 数据的采集

大数据经济发展的前提是大数据,即跨部门公共数据的关联和广泛应用^[7]。氨基酸发酵数据的获取也是一个跨行业广泛关联的过程,氨基酸发酵大数据不仅包含发酵过程的数据,还包含了大量其他类别的结构化/非结构化数据,如菌种改造、原辅料数据等。因此,氨基酸发酵数据的集成需要综合考虑多源数据的数据来源、获取方式和获取内容。具体而言,氨基酸发酵数据的采集主要包括如下内容:

(1) 社会公共数据。能够组织和整合那些有开放数据意愿的行业协会所掌控的数据资源。这些协会都具有推动部门、地区、行业、企业之间的横向联系,促进本行业和相关行业的协调发展能力。

(2) 科研数据。随着国家对氨基酸发酵科学研究重视程度的提高,国家自然科学基金、“863”计划、“十三五”计划等的支持创建了许多氨基酸发酵项目,同时也产生了大量数据。这些项目体现了氨基酸发酵行业高度,因此数据具有很高的参考价值。

(3) 企业数据。对于氨基酸发酵行业来说,企业是最大的数据产生地,因此企业数据的获取对数据库的补充具有重要意义。

(4) 个人数据。个人由于人力、财力和物力相对比较薄弱,需要从共享平台中取用数据,以减少成本,但其研究过程中产生的大量数据,可以注入平台,以增加平台数据的丰富性。

(5) 历史数据。氨基酸发酵行业经历几十年的发展,在此期间产生了海量数据。各种期刊、书籍都应在大数据时代发挥更大的价值。

2.2 数据的储存

高效、可靠、低成本的存储与管理模式是氨基酸发酵数据的关键技术,更是为后续进行的深度挖掘、科学分析提供保障。考虑到氨基酸发酵数据来源不同,避免数据重复建设和信息孤岛需要对采

集的发酵数据进行整合,并对信息资源的存储进行重新部署^[7]。氨基酸发酵数据的存储与管理,软件层面能满足结构化数据、半结构化数据、非结构化数据的存储,硬件层面则需要合理利用底层的物理设备性能,满足上层应用对存储性能和可靠性的要求,因此最适合的方式是采用分布式数据存储进行管理。

分布式数据存储,即在有需要的位置设置存储设备,数据就近存储,带宽上没有太大压力。可采用多套低端的小容量的存储设备分布部署,这种部署方式有着明显的优势,具有设备价格和维护成本较低、对机房环境要求也较低和管理方便等优势。分布式数据存储将数据分散在多个存储节点上,各个节点通过网络相连,对这些节点的资源进行统一的管理,符合目前我国氨基酸发酵数据来源复杂的现状。

分布式数据库的种类繁多,常见的分布式数据库有 MySQL、Oracle、SQL Server、MongoDB、HBase、Big-Table 等^[8]。其中,MySQL、Oracle 和 SQL Server 是行导向的数据存储系统,是传统关系型数据库管理系统在分布式环境上的应用;MongoDB 旨在为 WEB 应用提供可扩展的高性能数据存储解决方案。可运行在 Linux、Windows 或 OS X 平台;Big-Table 和 HBase 是列导向的数据存储系统,这类数据库提供了很好的储存容错能力和快速访问大量稀疏文件的能力。

由于氨基酸数据包含的数据结构复杂、种类繁多,氨基酸发酵领域不同业务对数据需求差异也较大。因此,根据数据量的大小、存储模型、读写频度、响应时间等因素,结合大数据存储技术,建立氨基酸发酵数据的综合存储体系,进行数据优化管理。结构化数据可采用 MySQL、Oracle 和 SQL Server 等行式数据库进行存储,非结构化数据可采用 GFS 和 HDFS 等分布式文件系统进行存储,半结构化数据可采用 Big-Table 和 HBase 列式数据库进行存储^[9]。

2.3 数据的分析和挖掘

氨基酸发酵数据的分析与挖掘是发掘数据价值、支撑优化分析、辅助科学决策的关键技术。对于规模巨大、结构复杂、变化迅速的氨基酸发酵数据,其处理亦面临计算复杂程度高、任务周期长、实时性要求高等难题。为了解决这些难题,可以根据实际需求选择合适的分析手段,发现和解决数据分析过程中的各种问题。

氨基酸数据平台选用监督学习和无监督学习算法进行数据挖掘,大数据挖掘建模是数据智能的核心。包括随机森林、支持向量机、神经网络、聚类算法、决策树、异常检测算法等工具箱,可以为用户提供机器学习算法支撑。使用 Web 的图形化数学公式编辑功能,支持用户方便快捷地定义丰富的算法模型,提供应用程序编程接口作为开放接口,支持用户可编程的自定义算法实现^[10]。支持对历史数据和实时数据进行数学建模和挖掘、分析。满足不同行业、不同科研课题对数据的使用要求。

2.4 数据的应用

氨基酸发酵数据共享平台的基本理念是方便社会公众利用数据资源,主要应用在以下几方面:原料采购、工艺优化、生产制造、设备制造、菌种改造、成本控制和精准营销。所以需要建设与之配合的接入应用中心,否则即便存储和积累了海量发酵数据,数据共享平台存在的价值也将被大大折扣。接入的应用中心应具备以下功能,①数据的导入和导出功能,以方便科研机构或企业向数据共享平台中注入数据,同时为社会公众从数据资源平台中获取数据资源提供通道。②提供数据接口和应用程序接口。共享平台具有的算法分析只能满足大部分客户的需要,部分用户可根据自身用途编程自定义算法或者开发适合的 APP,已达到数据挖掘的目的。③可视化展示。可视化利用分析和开发工具发现其中未知

的信息和知识,并以一种易于理解的视觉方式展示出来,如树状图、循环网格图、平行坐标图、折线图等,它能够帮助大数据获得完整的数据视图并挖掘数据的价值。④数据审查。主要依照数据整理的需要,在安全监管的前提下,针对导入和导出数据的行为是否合法、科研机构或企业注入的数据格式是否符合标准等进行监督和审查,保证氨基酸发酵数据共享平台的安全性和运行的流畅性^[11]。

2.5 数据的管理和维护

由于数据大多来自科研机构、企业和社会开放数据,导致平台数据来源复杂、格式不统一、质量参差不齐、动态性较差等情况。所以必须对数据进行甄别、降噪、分析和可视化处理,以全生命周期管理为目标,建设一套适合数据共享交换的标准。全生命周期管理就是将数据治理贯穿整个数据共享平台的各层之中^[12]。为平台提供数据标准、数据接入规则、质量标准定义、数据归档规则、服务记录等管理规则,通过这些规则,将整个氨基酸发酵数据共享平台各松散部分,紧密结合成为一个整体,保证数据共享平台在全生命周期中的安全可控。

3 结论

所谓信息共享指信息的双向流动,即任何单位或个人履行了把所掌握的全部或部分数据贡献出来作为社会发展之用的义务,就有权利获得其他人提供的数据或信息,只有形成信息的双向流动才能促进氨基酸发酵事业的发展。氨基酸发酵数据的共享,虽然有着明显的优势、诱人的前景,但新生事物的发展总是曲折的,仍有很大阻力需要克服。发酵数据的开放,由于面临安全、所有权、隐私、利益交换等方面障碍,需要通过政府主导,建立相应激励机制和健全相应法律法规,以提高全社会共享数据

的意愿。本研究以氨基酸发酵数据共享的需求为依托,引入了大数据的理念,提出了一种氨基酸发酵数据共享平台的框架,在理论与技术层面上为氨基酸发酵数据的共享提供了一种模型,以实现数据的共享及其潜在价值的挖掘。

【参考文献】

- [1] 陈宁, 范晓光. 我国氨基酸产业现状及发展对策 [J]. 发酵科技通讯, 2017, 46(04):193-197.
- [2] 张嗣良. 大数据时代的生物过程研究 [J]. 生物产业技术, 2016(03):34-39.
- [3] 冯珍泉, 董吉子, 董力青. 苏氨酸发酵过程中自动化控制系统的应用 [J]. 发酵科技通讯, 2012, 41(03):35-36.
- [4] 张嗣良, 潘杭琳, 黄明志, 谢梅野. 生物过程大数据分析智能化 [J]. 生物产业技术, 2018(01):86-93.
- [5] 范茂兴, 潘丰, 盛炳乾, 孙星海. 氨基酸发酵微机控制系统 [J]. 无锡轻工业学院学报, 1994(01):57-66.
- [6] 鲁焱. 大数据共享平台的系统架构与建设思路 [J]. 图书馆理论与实践, 2017(04):86-90.
- [7] 朱丽. 大数据技术在环保数据共享平台建设中的应用 [J]. 信息系统工程, 2015(05):95-96.
- [8] 宋坤. 大数据理念在海洋环境观测数据共享中的应用研究 [J]. 海洋开发与管理, 2015, 32(06):43-45.
- [9] 杨东, 谢菲, 杨晓刚, 何遵文, Sudong Yang. 分布式数据库技术的研究与实现 [J]. 电子科学技术, 2015, 02(01):87-94.
- [10] 诸云强, 孙九林, 王卷乐, 杨雅萍. 论地球数据科学与共享 [J]. 国土资源信息化, 2015(01):3-9.
- [11] 吴炳方, 高峰, 何国金, 张宁, 曾红伟. 全球变化大数据的科学认知与云共享平台 [J]. 遥感学报, 2016, 20(06):1479-1484.
- [12] 郑晓东, 胡汉辉, 赵林度, 黄建城. 中国能源大数据获取分析机制研究及实现 [J]. 电力科学与工程, 2017, 33(09):1-7.

发酵豆乳对高脂大鼠脂代谢相关生理指标的影响

◎陈杰¹ 吴彦² 朱炫¹ 陈跃文¹ 韩剑众^{*1} 孟岳成^{*1}

1. 浙江工商大学食品与生物工程学院, 杭州, 310035; 2. 杭州疾病预防控制中心, 杭州, 310021

【摘要】本文利用自主分离的一株嗜酸乳杆菌 MF204 (CGMCC No.2122) 作为发酵菌种对豆乳发酵, 并采用动物实验的方法研究发酵豆乳对高脂大鼠体内胆汁酸水平、抗氧化水平及脂蛋白代谢相关酶活性的影响。结果表明, 发酵豆乳能显著降低高脂大鼠血清总胆汁酸含量 ($P<0.05$), 并保持肝脏总胆汁酸含量在正常水平; 发酵豆乳组与模型组比较, 其血清 SOD 活性、TAC 和肝脏 GSH-Px 活性、TAC 等指标均有显著性提高 ($P<0.05$), 表明发酵豆乳在一定程度上提高了高脂大鼠体内抗氧化水平; 同时, 发酵豆乳还能显著提高脂蛋白代谢关键酶 HL 和 LCAT 的活性 ($P<0.05$)。

【关键词】发酵豆乳; 胆汁酸; 抗氧化; 脂蛋白代谢相关酶

随着生活水平的日益提高, 不合理的膳食结构和饮食习惯使得体内胆固醇过量堆积, 使得高脂血症患者日益增多, 直接导致心脑血管疾病的发病率大幅上升。目前, 降血脂的主要途径仍然是通过药物, 但是降脂药物都有一定的副作用, 其中最主要的是引起原因不明的血清转氨酶持续升高以及肝功能的损伤等。因此, 研究膳食因素对血脂的控制和降低作用具有重要意义。有许多报道表明降低高血脂的生理途径有干扰胆汁酸循环^[1,2]; 提高脂蛋白脂肪酶和卵磷脂胆固醇酰基转移酶等脂蛋白代谢相关酶的活性, 增加 HDL 含量, 促进脂质分解代谢^[3,4]; 提高机体抗氧化水平, 抗脂质过氧化, 清除自由基而调节脂质代谢^[4-6]等等。因此在已有大量研究表

明嗜酸乳杆菌和大豆功效成分以及发酵豆乳对高脂血症具有疗效的基础上^[7-13], 对嗜酸乳杆菌发酵豆乳降血脂功效进行了评价, 同时研究该发酵豆乳对于食源性高脂大鼠体内的胆汁酸水平、抗氧化水平和脂代谢相关酶活性的影响。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 菌株及培养基

试验菌株: *Lactobacillus acidophilus* MF204(编号: CGMCC No.2122)^[14]。

培养基: MRS 液体培养基^[15]。

1.1.2 实验动物及其他材料

雄性 SD 大鼠：体重 200-220g，SPF 级；浙江省医学科学院动物中心；

考来烯胺散：南京厚生药业有限公司；

TBA：上海申索佑福医学诊断用品有限公司；

SOD、GSH-Px、TAC 测定试剂盒：长春汇力生物技术有限公司；

HL、LPL、LCAT ELISA 试剂盒：上海朗顿生物科技有限公司。

1.1.3 仪器设备

全自动高压灭菌锅 (TOMY SS-325)，生化培养箱 (LRH-250A)，单人单面净化工作台 (SW-JC-1FD)，半自动生化分析仪 (BT815A)，高速冷冻离心机 (SIGAM 3K30)，电子精密天平 (ARA520)，冷冻干燥仪 (Modulyod-230)，多功能酶标仪 (Genios A-5082)。

1.2 实验方法

60 只大鼠分 6 组，每组 10 只。第一组：为正常组，喂饲基础饲料，每天灌胃纯净水；第二组：为模型组，喂饲高脂饲料，每天灌胃纯净水；第三组：喂饲高脂饲料，每天灌胃含 1010cfu/mL 嗜酸乳杆菌缓冲液；

第四组：喂饲高脂饲料，每天灌胃豆乳；第五组：喂饲高脂饲料，每天灌胃发酵豆乳；第六组：为阳性组，喂饲高脂饲料，每天灌胃降血脂药 (考来烯胺散 0.1 g/mL)。灌胃量均为 1 mL/100 g 体重^[16]，试验持续时间 40~50 d。

测定指标有：血清、肝脏和粪便的总胆汁酸 (TBA)；血清和肝脏的超氧化物歧化酶 (SOD) 活性、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活性和总抗氧化能力 (TAC)；血清肝脂酶 (HL)、脂蛋白脂酶 (LPL) 和卵磷脂胆固醇酰基转移酶 (LCAT) 活性。实验数据经 SPSS11.0 软件统计，进行方差分析。

2 实验结果与分析

2.1 胆汁酸指标的测定结果

2.1.1 血清胆汁酸的测定

血清胆汁酸含量受肠道吸收的胆汁酸量与肝门静脉中胆汁酸被肝脏摄取量决定，一旦肝细胞发生损伤或病变，经肝门静脉回肝脏的胆汁酸不能被充分重吸收，导致血清胆汁酸升高，因此血清胆汁酸的水平是反映肝实质损伤的一个重要的标志^[17]。

表 1 试验后两个阶段中大鼠的血清总胆汁酸含量 ($\mu\text{mol/L}$)

	正常组	模型组	菌组	豆乳组	发酵豆乳组	阳性组
四周	18.07 ± 10.08^b	30.38 ± 14.04^a	23.84 ± 13.06^a	23.05 ± 13.13^a	22.22 ± 4.82^a	21.58 ± 10.08^a
六周	6.16 ± 3.40^c	19.51 ± 2.74^a	9.25 ± 3.82^b	10.53 ± 3.37^b	7.67 ± 1.94^{bc}	9.68 ± 4.14^b

经邓肯氏新复极差测验分析，英文小写字母不同者表示差异达显著水平 $P < 0.05$ 。

由表 1 可见，四周时除正常组的血清 TBA 显著低于模型组 ($P < 0.05$)，其余组别与模型组均无显著性差异 ($P > 0.05$)。六周时，菌组、豆乳组、发酵

豆乳组和阳性组的血清 TBA 显著低于模型组水平 ($P < 0.05$)，组间无显著性差异，其中发酵豆乳组的血清 TBA 含量最低，已降至正常组水平 ($P > 0.05$)。

由结果可见试验菌株、豆乳和发酵豆乳对降低血清总胆汁酸均起到一定作用，其中发酵豆乳效果尤其明显。说明发酵豆乳可在一定程度内降低高脂食源

对肝脏带来的损害。

2.1.2 粪便胆汁酸的测定

由表 2 可见，四周时，阳性组与正常组无显著

表 2 试验后两个阶段中大鼠粪便的总胆汁酸含量 ($\mu\text{mol/L}$)

	正常组	模型组	菌组	豆乳组	发酵豆乳组	阳性组
四周	19.94 ± 6.06^e	56.64 ± 14.82^{bc}	51.67 ± 15.38^{bcd}	50.41 ± 12.65^{cd}	62.24 ± 13.66^{abc}	35.26 ± 8.68^{de}
六周	13.28 ± 3.34^g	42.43 ± 3.87^a	30.57 ± 3.39^{cd}	34.14 ± 3.52^b	27.87 ± 3.18^{de}	26.59 ± 3.12^{ef}

经邓肯式新复极差测验分析，英文小写字母不同者表示差异达显著水平 $P < 0.05$ 。

性差异，显著低于其余组别 ($P < 0.05$)，而其余组别间无显著性差异 ($P > 0.05$)。六周时，正常组的粪便 TBA 含量显著低于其余组别 ($P < 0.05$)，模型组为最高 ($P < 0.05$)。其余组别中豆乳组的粪便 TBA 含

量最高 ($P < 0.05$)，其次为菌组，也显著高于阳性组 ($P < 0.05$)，而发酵豆乳介于两者之间 ($P > 0.05$)。

2.1.3 肝脏胆汁酸的测定

分析表 3 中肝脏胆汁酸的测定数据，正常组、

表 3 试验大鼠肝脏的总胆汁酸含量 ($\mu\text{mol/L}$)

	正常组	模型组	菌组	豆乳组	发酵豆乳组	阳性组
TBA	35.13 ± 8.80^{ab}	23.32 ± 10.18^c	32.32 ± 11.55^{abc}	34.28 ± 9.18^{ab}	39.62 ± 10.87^a	33.45 ± 15.20^{ab}

经邓肯式新复极差测验分析，英文小写字母不同者表示差异达显著水平 $P < 0.05$ 。

豆乳组、发酵豆乳组和阳性组组间无显著性差异，但显著高于模型组 ($P < 0.05$)，菌组介于两者之间 ($P > 0.05$)。

2.2 抗氧化指标的测定结果

2.2.1 血清抗氧化指标的测定

2.2.1.1 血清 SOD 活性测定结果

超氧化物歧化酶 (SOD) 是存在于机体内的金属酶，它能催化超氧阴离子自由基发生歧化反应，是机体内清除氧自由基的重要酶之一。其活力和含量反映了机体清除氧自由基的能力。机体 SOD 活性

降低，使氧自由基堆积，导致膜脂质过氧化而致组织损伤^[18]。

由表 4 可见，四周时发酵豆乳组的血清 SOD 活性最高，与正常组同等水平 ($P > 0.05$)，显著高于模型组和菌组 ($P < 0.05$)。其中豆乳组和阳性组的血清 SOD 活性也与正常组无显著性差异 ($P > 0.05$)，但明显低于发酵豆乳组 ($P < 0.05$)。六周时，正常组的血清 SOD 活性最高，豆乳组、发酵豆乳组和阳性组的血清 SOD 活性显著低于正常组 ($P < 0.05$)，组间无显著性差异 ($P > 0.05$)。模型组和菌组血清 SOD 活性显著低于其余组别 ($P < 0.05$)。分析结果得，

表 4 试验后两阶段中大鼠的血清超氧化物歧化酶活性 (%)

	正常组	模型组	菌组	豆乳组	发酵豆乳组	阳性组
四周	24.6±9.2 ^{ab}	14.5±4.5 ^d	17.9±5.6 ^{cd}	20.0±5.2 ^{bc}	26.7±6.0 ^a	20.1±4.4 ^{bc}
六周	29.4±3.2 ^a	14.7±3.5 ^d	16.4±2.6 ^d	21.3±2.9 ^c	24.2±4.6 ^{bc}	23.9±5.3 ^{bc}

经邓肯式新复极差测验分析, 英文小写字母不同者表示差异达显著水平 $P<0.05$ 。

豆乳和发酵豆乳都能在一定程度上提高血清 SOD 活性。

2.2.1.2 血清 GSH-Px 活性测定结果

谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 几乎存在于动物所有组织中, 尤其以肝和红细胞中的活性最高。它不仅对由活性氧和 OH 诱发的脂氢过氧化物有很

强的清除能力, 还可清除核酸氢过氧化物, 而且对组织中产生的 H_2O_2 亦有较强的清除能力。可以说, 体内即便缺乏过氧化氢酶, 由于 GSH-Px 对 H_2O_2 的清除亦不会造成 H_2O_2 对组织产生明显的损伤。因此, 测定该酶活性对于了解体内抗氧化状态有非常重要的意义^[18]。

表 5 试验后两阶段中大鼠血清的谷胱甘肽过氧化物酶活性 (U/L)

	正常组	模型组	菌组	豆乳组	发酵豆乳组	阳性组
四周	4795±109 ^a	4004±111 ^e	4246±101 ^d	4347±113 ^{cd}	4571±107 ^b	4696±162 ^a
六周	3673±117 ^{abc}	3569±129 ^c	3621±115 ^{bc}	3592±107 ^{bc}	3626±114 ^{bc}	3751±112 ^a

经邓肯式新复极差测验分析, 英文小写字母不同者表示差异达显著水平 $P<0.05$ 。

由表 5 可见, 四周时模型组的血清 GSH-Px 活性显著低于其余各组 ($P<0.05$)。其中阳性组达到正常组水平 ($P>0.05$)。发酵豆乳组的血清 GSH-Px 活性低于正常组水平, 但显著高于菌组和豆乳组 ($P<0.05$)。六周时, 阳性组具有较高的血清 GSH-Px

活性, 显著高于其余各组 ($P<0.05$)。其余的组别间均无显著性差异 ($P>0.05$)。

由结果可见试验菌株、豆乳和发酵豆乳未能持续有效提高血清 GSH-Px 活性。

2.2.1.3 血清总抗氧化能力测定结果

表 6 试验后两个阶段中大鼠血清的总抗氧化能力 ($\mu\text{mol/L}$)

	正常组	模型组	菌组	豆乳组	发酵豆乳组	阳性组
四周	67.37±8.67 ^a	59.56±5.64 ^b	65.46±6.60 ^{ab}	64.41±7.43 ^{ab}	68.17±7.35 ^a	66.87±5.70 ^a
六周	53.39±5.47 ^a	40.50±5.58 ^d	43.78±5.10 ^{cd}	45.25±5.18 ^c	50.99±3.00 ^{abc}	47.71±5.40 ^{bc}

经邓肯式新复极差测验分析, 英文小写字母不同者表示差异达显著水平 $P<0.05$ 。

由表 6 可见, 四周时发酵豆乳组和阳性组达到正常组水平 ($P>0.05$), 总抗氧化能力较高, 而菌组和豆乳组与模型组无显著性差异, 其中模型组明显低于正常组水平 ($P<0.05$)。六周时, 发酵豆乳组仍保持与正常组相当的水平 ($P>0.05$), 具有较高的总

抗氧化能力。豆乳组和阳性组低于正常组水平, 但显著高于模型组 ($P<0.05$), 而菌组与模型组无显著性差异 ($P>0.05$)。可见发酵豆乳对提高机体总抗氧化能力有明显效果。

2.2.2 肝脏抗氧化指标的测定

表 7 试验大鼠的肝脏抗氧化指标

	正常组	模型组	菌组	豆乳组	发酵豆乳组	阳性组
SOD(%)	49.7±9.4 ^a	25.1±8.4 ^{cd}	21.6±7.7 ^d	22.3±9.0 ^d	32.6±9.1 ^{bc}	32.5±12.3 ^{bc}
GSH-Px	3744±473 ^{ab}	3089±531 ^{de}	3193±338 ^{cde}	3253±945 ^{bcd}	3716±231 ^{abc}	2775±532 ^e
TAC	141.29±24.84 ^a	59.78±5.51 ^d	98.14±19.53 ^e	120.74±30.31 ^b	127.57±27.04 ^{ab}	126.31±19.58 ^{ab}

经邓肯式新复极差测验分析, 英文小写字母不同者表示差异达显著水平 $P<0.05$ 。

由表 7 中肝脏 SOD 指标结果得, 正常组显著高于其余组别 ($P<0.05$), 菌组、豆乳组、发酵豆乳组和阳性组的 SOD 活性均与模型组无显著性差异 ($P>0.05$)。分析显示试验菌株、豆乳和发酵豆乳都未能提高肝脏超氧化物歧化酶活性。

由表 7 中肝脏 GSH-Px 指标显示, 菌组、豆乳组和阳性组的肝脏 GSH-Px 活性均未得到提高, 与模型组同一水平 ($P>0.05$), 发酵豆乳组的肝脏 GSH-Px 活性较高, 达到正常组水平 ($P>0.05$)。由此可知试验菌株和豆乳均不能起到提高肝脏谷胱甘肽过氧化物酶活性的作用, 发酵豆乳则能发挥一定的效果。

分析表 7 中肝脏 TAC 指标结果, 正常组的肝脏总抗氧化能力最高, 而发酵豆乳组和阳性组与正常组无显著性差异 ($P>0.05$)。豆乳组和菌组显著高于模型组 ($P<0.05$), 且豆乳组还显著高于菌组 ($P<0.05$), 并与发酵豆乳组和阳性组无显著性差异 ($P>0.05$)。可见试验菌株、豆乳与发酵豆乳均可提

高肝脏的总抗氧化能力, 其中发酵豆乳效果最佳。

2.3 脂蛋白代谢相关酶指标的测定结果

血浆的各种脂质和脂蛋白经受着不断合成、转运、转化和分解的代谢过程, 从而维持着相对的动力平衡, 各呈一定范围的浓度水平。此代谢过程有一系列酶的参与, 其重要者如脂蛋白脂酶 (LPL)、肝脂酶 (HL)、卵磷脂胆固醇酰基转移酶 (LCAT)、羟基辅酶 A 胆固醇酰基转移酶 (ACAT) 和羟甲基戊二酰辅酶 A 还原酶 (HMG-CoA reductase) 等。它们的活性异常可导致脂质和脂蛋白代谢的紊乱。因此可以通过影响这些酶的活性而发挥调节血脂的作用。

肝脂酶 (HL) 在肝实质细胞合成, 结合于肝窦内皮细胞表面, 可被肝素释放入血液, 主要作用于 LDL、HDL 等小颗粒脂蛋白, 使其中的甘油三酯 (TG) 分解出游离脂肪酸 (FFA); 同时也调节从外周组织转运至肝脏, 并参与肝内 HDL、磷脂和胆固醇

表 8 试验大鼠的脂代谢相关酶活性 (U/L)

	正常组	模型组	菌组	豆乳组	发酵豆乳组	阳性组
HL	7.69±1.79 ^a	4.72±1.86 ^c	4.77±2.13 ^c	5.65±2.03 ^{bc}	6.41±1.71 ^b	4.20±2.12 ^c
LPL	5.01±2.02 ^a	5.13±2.63 ^a	4.73±1.95 ^a	4.77±1.58 ^a	5.65±3.20 ^a	4.25±2.11 ^a
LCAT	4.66±0.63 ^{abc}	4.07±0.46 ^c	4.12±0.39 ^{bc}	4.64±0.95 ^{abc}	5.12±0.85 ^a	4.23±0.77 ^{bc}

经邓肯式新复极差测验分析, 英文小写字母不同者表示差异达显著水平 $P<0.05$ 。

的代谢, 以防止肝外组织中过量胆固醇堆积^[18]。分析表 8 可得, 正常组的 HL 活性最强, 发酵豆乳组虽显著低于正常组, 但其 HL 活性明显高于模型组 ($P<0.05$)。而菌组和豆乳组相对模型组, 无明显效果 ($P>0.05$)。可见发酵豆乳可以提高 HL 活性, 而试验菌株和豆乳未见效果。

脂蛋白脂酶 (LPL) 分布于毛细血管腔表面内皮细胞上, 可被肝素释放, 参于脂蛋白代谢, 能分解脂蛋白核心成分的 TG, 可通过调节该酶活性而影响血脂及脂蛋白的水平^[18]。观察表 8 数据发现, 各组间均无显著性差异 ($P>0.05$)。由于所采用的试剂盒方法比较成熟。故可能由于注射肝素释放 LPL 入血液的过程未能很好控制, 导致无法测出组间的差异。

卵磷脂胆固醇酰基转移酶 (LCAT) 是一种肝脏分泌、存在于血浆的酶, 它能催化卵磷脂 β -位的脂酰基转移至游离胆固醇 (FC) 的 3-羟基生成胆固醇酯 (CE), 使血浆中 FC 减少、CE 增加, 促进胆固醇的异向转移。这在新生 HDL 的成熟和外周血浆及组织胆固醇转向肝脏进行清除上有重要关系, 因此也可以调节该酶活性来调节血脂^[18]。由表 8 可得, 发酵豆乳组的 LCAT 活性最强, 显著高于模型组 ($P<0.05$), 正常组和豆乳组与发酵豆乳组无显著性差异 ($P>0.05$)。而菌组和阳性组则与模型组水平相当 ($P>0.05$)。因此豆乳和发酵豆乳对于提高

LCAT 活性有显著效果, 且效果优于试验菌株。

3 讨论

3.1 发酵豆乳对胆汁酸水平的影响

总胆汁酸 (TBA) 是肝脏分泌到胆汁中的主要有机酸, 它的生成及代谢与肝脏有着十分密切的关系。肝脏以胆固醇为原料合成胆汁酸, 胆汁酸随胆汁排入肠道, 在小肠上端乳化脂肪协助脂类吸收, 同时胆汁酸也被动吸收, 剩下部分转变成次级胆汁酸被吸收。在肠道中约有 95% 的胆汁酸被肠壁重吸收, 只有极少量胆汁酸随粪便排出体外^[19]。

结合血清和肝脏总胆汁酸水平测定结果, 模型组的血清总胆汁酸水平显著高于其余组别, 故可能模型组的肝细胞已经发生损伤或病变, 因此经肝门静脉回肝脏的胆汁酸不能被充分吸收, 因而使得模型组的肝脏总胆汁酸含量偏低。其中发酵豆乳组均体现较好的效果, 且效果明显优于菌组和豆乳组。

有研究表明, 降低血清胆固醇可通过增加粪便总胆汁酸含量的途径来实现^[1,2]。而试验结果显示试验菌株、豆乳、发酵豆乳和阳性药的粪便胆汁酸排泄量基本低于模型组。药理学中说明, 作为阳性药的考来烯胺为苯乙烯型强碱性阴离子交换树脂类, 口服后不被消化道吸收, 在肠道内与 Cl^- 和胆汁酸进行离子交换, 形成胆汁酸螯合物, 从粪便排

出,以此来降低血浆和肝脏中胆固醇的含量^[20]。而结果中阳性组的粪便胆汁酸含量很低,这可能是由于试验中其他因素的影响,导致实验结果未能客观反应实际情况。故发酵豆乳能否促进胆汁酸体外排泄还有待深入研究。

3.2 发酵豆乳对体内抗氧化水平的影响

高血脂引起血脂紊乱是脂肪肝及肝损伤的一个重要危险因素。研究证明,血液中总胆固醇和甘油三酯的含量与血液和肝脏中的脂质过氧化物呈正相关^[21]。机体抗氧化防御系统包括酶系统(超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶、过氧化氢酶)和非酶系统(维生素A、维生素E、维生素C、谷胱甘肽、半胱氨酸等抗氧化剂)。当机体氧化系统和抗氧化系统失衡时,就会产生大量的自由基,形成脂质过氧化物 ox-LDL,导致胆固醇的细胞膜转移,使细胞内胆固醇堆积,继而导致脂质代谢紊乱,因此通过抗脂质过氧化、清除自由基可达到降脂目的^[22]。

实验中对大鼠的血清和肝脏中 SOD、GSH-Px 和 TAC 的测定结果显示,试验菌株、豆乳和发酵豆乳对于提高高脂大鼠体内抗氧化水平均起到一定的作用,其中以发酵豆乳的效果最佳,对血清 SOD 活性和 TAC,肝脏 GSH-Px 活性和 TAC 指标都有显著性提高,效果优于试验菌株和豆乳^[23-25]。

3.3 发酵豆乳对脂蛋白代谢相关酶活性的影响

卵磷脂胆固醇酰基转移酶(LCAT)和肝酯酶(HL)等脂蛋白代谢的关键酶,不仅使乳糜微粒(CM)和极低密度脂蛋白(VLDL)中的甘油三酯水解,还促进 CM 和 VLDL 的分解代谢产物转变成高密度脂蛋白而调节脂质代谢,因此脂蛋白代谢酶生物活性的改变会引起脂质代谢的变化,导致脂质代谢紊乱

而引发高脂血症,通过调控脂代谢酶的生物活性,已成为目前降脂治疗的主要手段^[26]。

高脂模型组 HL 活性偏低,可能是高脂膳食抑制肝脏和其它组织合成脂酶。分析表明,发酵豆乳能一定程度上使 HL 活性增高,从而加快富含甘油三酯(TG)脂蛋白的代谢,使血清中 TG 含量显著降低。高脂模型组 LCAT 活性较低,可能是脂质在肝脏中沉积,抑制肝脏分泌 LCAT 分子和使 LCAT 活性下降,结果使胆固醇的酯化率降低,胆固醇的清除减少,使胆固醇在体内堆积,从而使血清 TC 升高。发酵豆乳能显著提高 LCAT 活性,可能与促进肝脏合成 LCAT 和使 LCAT 活性增加有关^[27-28]。

【参考文献】

- [1] 郑旭,信学雷,李维琪.大蒜降胆固醇作用机理研究进展[J].解放军药学学报,2004,20(3):211-214.
- [2] 徐素萍,赵秀娟,贾莉.大豆蛋白水解物对血浆胆固醇水平作用的初步探讨[J].黑龙江医药科学,2007,30(1):5-7.
- [3] 沃兴德,崔小强,唐利华.姜黄素对食饵性高脂血症大鼠血浆脂蛋白代谢相关酶活性的影响[J].中国动脉硬化杂志,2003,11(3):223-226.
- [4] 张金生,王阶.中药降脂途径及机理探要[J].辽宁中医杂志,2007,34(10):1381-1383.
- [5] 胡福良,詹耀锋,陈民利.蜂胶对高脂血症大鼠血液和肝脏脂质的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2004,30(5):510-514.
- [6] 林秋实,陈吉棣.山楂及山楂黄酮预防大鼠脂质代谢紊乱的分子机制研究[J].营养学报,2000,22(2):131-136.
- [7] Gilliland,S.E., Nelson,C.R., Maxwell,C., Assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1985,49(2):377-381.

- [8] Anderson, J.W., Gilliland, S.E., Effect of fermented milk (yogurt) containing *Lactobacillus Acidophilus* L1 on serum cholesterol in hypercholesterolemic humans[J]. *Journal of the American College of Nutrition*, 1999, 18(1): 43–50.
- [9] Zhong, F., Liu, J., Ma, J., et al., Preparation of hypocholesterol peptides from soy protein and their hypocholesterolemic effect in mice[J]. *Food Research International*, 2007(40): 661–667.
- [10] Yousef, M.I., Kamel, K.I., Esmail, A.M., et al., Antioxidant activities and lipid lowering effects of isoflavone in male rabbits[J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2004(42): 1497–1503.
- [11] 肖军霞, 彭光华, 张声华. 大豆皂甙预防小鼠高脂血症的作用及其分子机制研究[J]. *营养学报*, 2005, 27(2): 147–150.
- [12] 何新霞, 胡燕月, 金晓玲. 大豆磷脂对大鼠实验性高脂血症的预防[J]. *浙江师大学报: 自然科学版*, 2001, 24(2): 191–193.
- [13] 谢莎丽, 石元刚. 大豆低聚糖及大豆多肽对大鼠血脂代谢的影响[J]. *第三军医大学学报*, 2006, 28(9): 945–948.
- [14] 孟岳成, 范兴艺. 嗜人源性嗜酸乳杆菌的分离及分子鉴定[J]. *中国乳品工业*, 2008, 36(1): 13–15.
- [15] 凌代文. 乳酸细菌分离鉴定及实验方法[M]. 中国轻工业出版社, 1999, 85–86.
- [16] 孙敬方主编. 动物实验方法学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001: 229–238.
- [17] 余焕玲, 杨睿悦, 王军波等. 甲鱼蛋粉调节大鼠血清胆固醇的基础研究[J]. *卫生研究*, 2004, 33(5): 581–583.
- [18] 张均田. 现代药理实验方法[M]. 北京: 北京医科大学中国协和医科大学联合出版社, 1997: 1298–1303.
- [19] 聂青, 张亚飞. 胆汁酸代谢[J]. *基础医学与临床*, 2004, 9(4): 247–249.
- [20] 刘巨源, 张晓丹主编. 药理学[J]. 郑州: 郑州大学出版社, 2007: 288.
- [21] 胡福良, 詹耀锋, 陈民利等. 蜂胶对高脂血症大鼠血液和肝脏脂质的影响[J]. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2004, 30(5): 510–514.
- [22] 林秋实, 陈吉棣. 山楂及山楂黄酮预防大鼠脂质代谢紊乱的分子机制研究[J]. *营养学报*, 2000, 22(2): 131–135.
- [23] Colletti A, Derosa G, Cicero AF. Retargeting the management of hypercholesterolemia—focus on evolocumab[J]. *Ther Clin Risk Manag*. 2016, 12: 1365–1376.
- [24] Agyei D. Bioactive Proteins and Peptides from Soybeans[J]. *Recent Pat Food Nutr Agric*. 2015, 7: 100–107.
- [25] Zhang XM, Zhang YB, Chi MH. Soy Protein Supplementation Reduces Clinical Indices in Type 2 Diabetes and Metabolic Syndrome[J]. *Yonsei Med J*. 2016, 57: 681–689.
- [26] Chi XX, Zhang T, Zhang DJ, Yu W, Wang QY, Zhen JL. Effects of isoflavones on lipid and apolipoprotein levels in patients with type 2 diabetes in Heilongjiang Province in China[J]. *J Clin Biochem Nutr*. 2016, 59: 134–138.
- [27] Yoon GA, Park S. Antioxidant action of soy isoflavones on oxidative stress and antioxidant enzyme activities in exercised rats[J]. *Nutr Res Pract*. 2014, 8: 618–624.
- [28] Kim MH, Lee EJ, Cheon JM, Nam KJ, Oh TH, Kim KS. Antioxidant and hepatoprotective effects of fermented red ginseng against high fat diet-induced hyperlipidemia in rats[J]. *Lab Anim Res*. 2016, 32: 217–223.

关于组织味精行业开展 2020 年重点用水企业水效领跑者遴选工作的通知

各味精生产企业：

为贯彻落实《国家节水行动方案》，促进工业用水效率持续提升，按照《重点用水企业水效领跑者引领行动实施细则》（工信部联[2017]16号）要求，现组织味精生产企业开展 2020 年度重点用水企业水效领跑者遴选工作，有关事项通知如下：

一、遴选对象

味精生产企业。

二、基本要求

申请重点用水企业水效领跑者的企业应满足以下要求：

- （一）遵守国家、行业、地方相关节水政策和标准；
- （二）有取用水资源的合法手续，近三年取水无超计划；
- （三）近三年未发生重大安全 and 环境事故，无违法行为，未被列入企业经营异常名录或严重违法失信企业名单；
- （四）年取水量超过 15 万立方米的独立法人；
- （五）2019 年水效指标达到节水型企业国家标准要求，且为行业领先水平；
- （六）未使用国家明令禁止或列入禁止、淘汰目录的用水设备或器具；
- （七）新建、改建、扩建项目时实施节水“三同时”“四到位”制度；
- （八）建立节水管理制度，各生产环节有配套的节水措施，建立完备的用水计量和统计管理体系，水计量器具配备满足国家标准《用水单位水计量器具配备和管理通则》（GB24789）要求，并依法检定或校准。

三、遴选程序

（一）企业申请。按照企业自愿参与原则，相关行业企业可向所在地省级（含计划单列市、新疆生产建设兵团，下同）工业和信息化主管部门、水行政主管部门提交水效领跑者申请报告（格式见附件），包括纸质版（A4 纸打印并装订成册，一式三份）和电子版。

注：2020 年协会推荐流程发生变化，经协会推荐的企业资料仍需反馈至地方进行备案，为节省时间，建议企业从地方直接申报，并将资料同时递交至氨基酸分会，以便后期评审。若企业没有收到地方通知，即可直接递交至氨基酸分会。

（二）初审。省级工业和信息化主管部门、水行政主管部门会同发展改革部门、市场监督管理部门按照入围条件对企业提交和两部门转交的申请报告进行初审，评选出省级节水标杆企业，并于 2020 年 3 月底前将推荐企业的申请报告和推荐意见报送至工业和信息化部（节能与综合利用司）、水利部（全国节约用水办公室）。

注：味精生产企业需为省级节水标杆企业，方可被推荐进入水效领跑者的遴选。申报截止时间为 2020 年 3 月底。

（三）复审。两部门会同国家发展改革委、市场监管总局组织第三方机构和专家开展复审，遴选出 2020 年度的重点用水企业水效领跑者名单和单位产品取水量指标。必要时通过省级工业和信息化主管部门或水行政主管部门核实申请报告内容。经复审满足条件的企业为入围企业，其中，达到行业水效前 3-5 名的企业为水效领跑者企业。

（四）公示和发布。工业和信息化部、水利部、国家发展改革委、市场监管总局在官方网站等指定媒体对水效领跑者和入围企业及其单位产品取水量指标进行公示，并对公示结果予以公告。

四、联系方式

联系人：关 丹

电 话：010-68396573

邮 箱：gd1104@163.com

附 件：XX 企业水效领跑者申请报告（详见 www.cfbia.org.cn）

中国生物发酵产业协会氨基酸分会
2020 年 2 月 13 日

关于征集氨基酸及相关产业 2020-2021 年度 国家标准、行业标准及团体标准制修订建议的通知

各氨基酸生产企业及相关单位：

我国氨基酸行业标准的缺失严重制约了行业的发展，为此，“中国生物发酵产业标准化技术委员会氨基酸分会”（简称“氨基酸分会”）于2017年6月正式成立，旨在弥补我国氨基酸产业在政策及标准等方面的不足，为企业的发展保驾护航。“氨基酸分会”成立至今，先后组织氨基酸行业相关企业开展了《取水定额 第9部分 味精制造》、《取水定额 第xx部分 赖氨酸盐制造》等国家标准，《三支链氨基酸》、《L-谷氨酰胺》等行业标准，《绿色设计产品评价技术规范 氨基酸》、《氨基酸行业绿色工厂评价要求》、《食品加工用氨基酸》、《食用氨基酸制品》、《氨基酸饮料》、《液体味精（液体谷氨酸钠）》等团体标准的制修订工作。其中，《食品加工用氨基酸》团体标准荣获工信部“2019年团体标准应用示范项目”荣誉。

根据氨基酸产业发展需要，现针对氨基酸及相关产业征集2020-2021年度国家标准、行业标准及团体标准制修订建议，具体要求如下：

一、申报范围

围绕氨基酸及相关产业的发展需求、未来发展方向等开展申报工作：

- 1、国家标准：氨基酸产业基础、通用、管理、方法等。
- 2、行业标准：氨基酸产品及方法等。
- 3、团体标准：（1）已有国家标准、行业标准，但需要更加规范并与国际接轨的产品及相关标准；（2）没有国家标准、行业标准，但行业亟需的产品及相关标准；（3）定制专用标准。

二、申报时间

根据标准申报情况，与联系人具体协商。

三、联系方式

联系人：关 丹

电 话：010-68396573

邮 箱：gd1104@163.com

附 件：1、国家标准立项建议申报材料；2、食品安全国家标准立项建议书；3、行业标准立项建议申报材料；4、团体标准立项建议申报材料。（附件详见 www.cfia.org.cn）

中国生物发酵产业协会氨基酸分会

2020年2月13日

2020 第四届氨基酸科学国际研讨峰会预备通知

中生发协 [2019]72 号

各生产企业、高校、科研院所及相关单位：

近年来，全球氨基酸产业迅猛发展，技术水平突飞猛进、知识产权日益重视、国际竞争愈发激烈、法律法规日趋完善。为推动行业技术水平的提升及产业的稳步发展，加强国际交流与合作，共商行业发展大计，中国生物发酵产业协会定于 2020 年 4 月底召开“2020 第四届氨基酸科学国际研讨峰会”。论坛拟对近几年国内外行业状况及未来发展趋势进行分析交流、探讨产业政策对行业发展的影响及应对措施；介绍行业新技术、新装备及研究成果；交流各企业情况等。此次论坛由中国生物发酵产业协会主办，现将论坛筹备事项通知如下：

一、论坛安排（以正式通知为准）

1、时间及地点：（待定）

二、单位征集

本次会议诚征承办、协办及赞助单位，有意向的单位请与联系人咨询。

三、征集论文及广告

此次论坛将编印《2020 第四届氨基酸科学国际研讨峰会论文集》，欢迎业界同仁、专家、学者踊跃投稿，予以支持。且论文集中可刊登企业宣传资料，有意向企业可向联系人咨询。

现将论文集主题内容列出，供参考：

- a. 氨基酸产业政策研究及趋势分析
- b. 氨基酸产业国内外现状及发展趋势
- c. 氨基酸行业菌种选育研究进展及成果
- d. 氨基酸行业生产工艺、配套技术及装备的改进及应用成果
- e. 氨基酸产品应用领域的拓展及成果
- f. 氨基酸行业新技术、新工艺及新装备的研究与应用
- g. 氨基酸行业清洁生产、环保技术及装备研发及应用

论文格式要求和示例

行距 1.5 倍

论文格式要求（标题居中，三号宋体加粗）

（空一行）

作者一 作者二（作者居中，小四号楷体）

单位名称，省份 邮编（单位居中，五号楷体）

（空一行）

【摘要】五号宋体：摘要内容主要包括研究意义、实验和理论研究方法、主要结果的科学意义等。

【关键词】五号宋体；五号宋体……

（空一行）

正文（宋体小四）

（空一行）

【参考文献】（5 号宋体加粗）

[1] 姓名，刊物名，年，卷号（期号），页码（小 5 号，宋体）。

[2] 杨万升，吴坚枚，食品与生物技术，1999，21（4），156-162.

[3] Lang K. M., Madhavan V., Hoffman J. E., et al, Nature, 2002, 415 (1), 412-415. (小 5 号 Times New Roman)

* 页面设置：A4 纸，上下左右边距均为 2.5cm

四、报告交流

由于名额有限，请有意向在论坛上做报告的单位或个人于 2020 年 2 月 20 日前与协会联系。

五、联系方式

联系人：关丹 田玉兰

座 机：010-68396573

E-mail: gd1104@163.com

中国生物发酵产业协会
2019 年 11 月 19 日

中国生物发酵产业协会入会申请书

为促进我国生物发酵产业的发展，我单位自愿申请加入中国生物发酵产业协会。承认协会章程和遵守有关规定，履行会员义务，执行理事会的决议。愿意在协会中为推动我国生物发酵行业的振兴和发展做出贡献。

申请单位 _____（公章）

单位法人代表：（签章）

年 月 日

协会意见：

年 月 日

30 周年庆

中国生物发酵产业协会



2020 第八届上海国际 生物发酵产品与技术装备展览会

2020.8.26-28||上海新国际博览中心

新产品

新工艺

新技术

新装备

生物技术 融合·助力 发酵产业

40000
平方米

800+
展商

26
场行业论坛
及活动



扫描二维码加关注了解更多

021-57617459

E-mail: bioexpo@163.com

诚邀：生物工程、细胞工程、基因工程、微生物、食品、食品添加剂、酒、饮料、乳制品、动植物提取物、医药、生物饲料、生物肥料、生物农药、高校与科研机构等行业人士参观、参会