

细胞培养肉行业细胞培养基和 生长因子的使用趋势

2021 年 9 月

Elliot Swartz, Ph.D.

首席科学家，细胞培养肉方向

The Good Food Institute



The Good Food Institute 和 TurtleTree Scientific 从一份 2020 年的细胞培养肉行业调查获取了重要洞见。该调查深入探讨了本领域内的当前实践、进展方向和步调、弥合低效缺口的方式，以及如何在最大程度上满足制造商要求。

目录

执行摘要	2
预测需求以满足日益增长的全球人口的温饱	3
调查细胞培养肉行业	5
制造商和供应商信息	6
制造商信息	7
细胞系和细胞类型	8
供应商信息	9
供应商制造的培养基种类	11
供应商在细胞培养肉行业的参与	12
生长因子的制造和特性	14
生长因子制造平台	15
内部制造	16
食品级生长因子	18
具有物种特异性的生长因子	19
生长因子的替代及循环利用	20
经基因改造的生长因子	21
生长因子小结	24
细胞培养基	25
培养基的使用总量	26
食品级基础培养基成分	26
获取、质量和杀菌	28
培养基配方	30
定制培养基配方	30
细胞培养基和生长因子的成本	34
培养基成本	35
生长因子成本	38
集中采购机遇	40
参考文献	42
作者及合作伙伴	42

执行摘要

预测需求以满足日益增长的全球人口的温饱

细胞培养肉行业旨在满足日益增长的全球人口所带来的饮食需求，并通过用培养动物细胞制造真正的肉，减少与传统动物肉生产相关的负面影响。虽然本行业在过去六年中经历了快速扩张，但仍缺乏可公开获取的信息以进行需求预测和未来规划。具体而言，我们需要更多信息为产品商品化和过程投入做出严格的需求预测，并对随时间推移而产生的制造成本下降做出预估。

以实际数据反映行业趋势。

细胞培养基占据了当前细胞培养肉制造成本的大头。这些成本大部分由于需要向培养基内添加重组蛋白和生长因子，以协助细胞繁殖、分化及替代动物血清的功能。为更好地了解细胞培养肉行业对细胞培养基和生长因子的使用 and 研发情况，2020 年末，我们向细胞培养肉制造商和有意向为本行业提供生长因子及培养基的供应商发放了一份调查问卷。这份调查得到了 19 位细胞培养肉制造商和 21 位细胞培养基成分或配方供应商的回复。基于这些回复，同时着眼于未来需求和降本前景，我们就本新兴行业的当前进展和需求撰写了此份简要报告。

取得飞速进展，但仍需继续改善。

数据集中表明，细胞培养肉制造商已经在降低成本以及为各种细胞类型和物种开发培养基配方方面取得了重大进展。许多供应商已经开始做出调整以满足细胞培养肉行业的独特要求。但是，供需之间仍存在着低效缺口，比如定价问题以及缺少具有物种特异性的或食品级的生长因子。本分析报告中呈现的洞见包括行业的当前实践、进展方向和步调、弥合低效缺口的方式，以及如何在最大程度上满足细胞培养肉制造商的要求。

基于调查结果的研究要点：

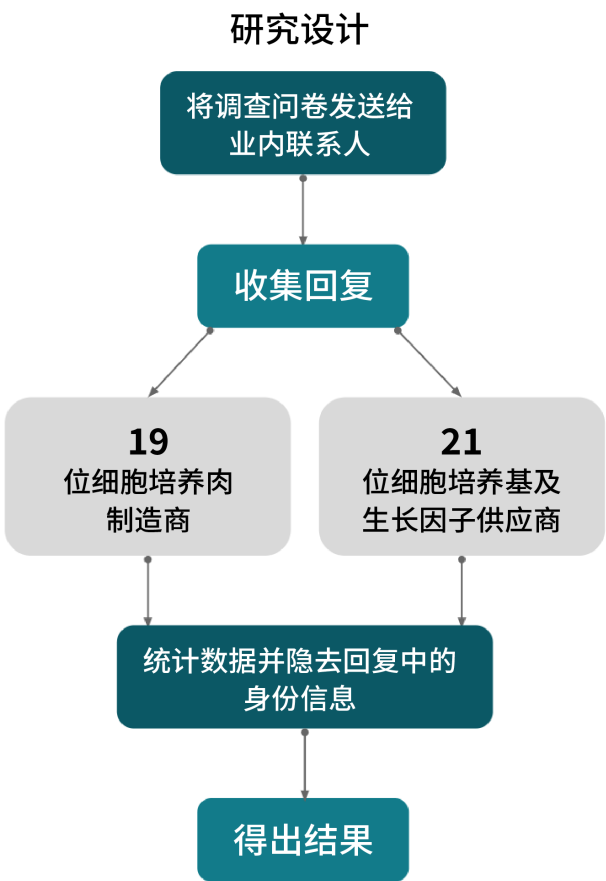


- 评估基于水解物的细胞培养基以了解在细胞培养肉应用中性能最佳的原材料来源，并为如何减少差异性及提升可复制性提供洞见。
- 分析细胞培养基中饲料级成分的表现。
- 具有物种特异性的生长因子间的比较分析。
- 培养基循环利用技术的开发。
- 改进细胞系以降低对生长因子的要求。
- 为动物生长因子找寻植物基蛋白同系物。

调查细胞培养肉行业

2020 年 12 月，我们向所有知名细胞培养肉和奶制造商以及所有知名细胞培养基供应商或有意向为细胞培养肉行业提供服务的重组蛋白和生长因子供应商 (以下统称为生长因子) 发送了调查问卷。总计 19 位细胞培养肉或奶制造商以及 21 位有意为细胞培养肉行业提供服务的细胞培养基或生长因子供应商回复了问卷¹。

供应商既有为多个行业提供服务的知名企业，也有仍在开发首款产品的早期初创企业。截至此份调查完成时，制造商的平均运营年数为 2.5 年。我们认为这份调查足以代表细胞培养肉行业，虽然制造商的回复中可能有一些因偏袒尚处成熟阶段早期的企业而造成的数据偏差。有关本调查参与者的更多信息请查阅下文的“制造商和供应商信息”一节。



加入我们！ 如果您想参与未来的细胞培养肉行业调查，请填写[此表](#)告知我们！

¹ 为尽可能实现最高回复率，没有强制要求回复者回答所有问题；一些回复者回答了大部分问题，另一些回复者只回答了一部分问题。回复百分比经四舍五入后取相邻的整数。为鼓励参与，贡献了数据的企业可在知悉此份精简报告的版权将在一段时间的时滞期之后公开的基础上，优先获取全面统计结果。

制造商和供应商信息

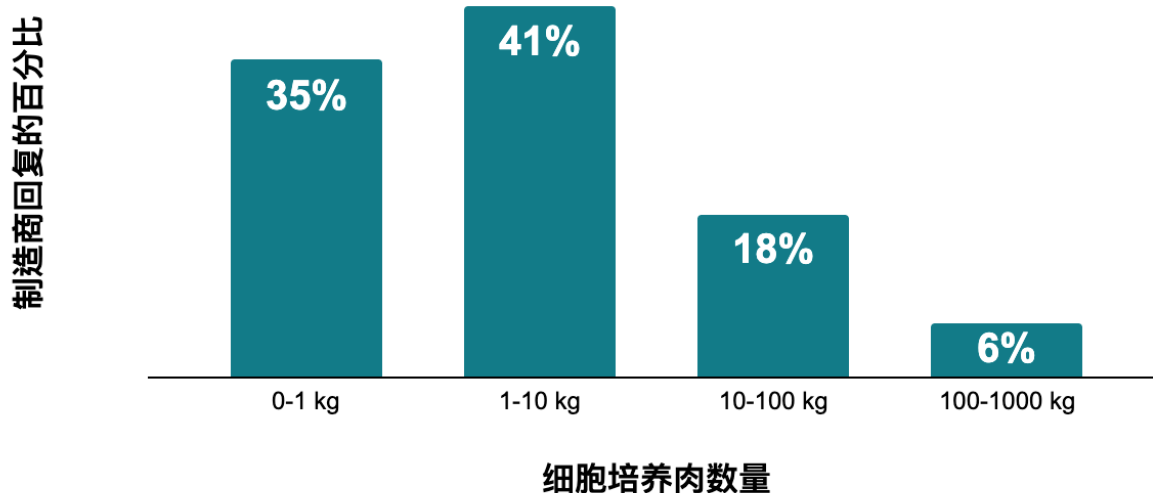
制造商研究多种细胞系并生产广泛的细胞类型。有意为细胞培养肉行业提供服务的供应商则发挥他们在其他行业供应的相关专业知识。



制造商信息

在接下来的 12 个月中，本行业的制造商们预计会制造上限约为 1,400 千克的细胞培养肉 (图 1，n = 17)。当被问到他们预计何时会超越中试规模，16% 的回复者表示在未来的 1~2 年，63% 表示在未来的 3~4 年，21% 表示在未来的 4~6 年(n = 19)。

**贵企预计在接下来的 12 个月中将制造多少数量的细胞培养肉
(湿细胞量，kg)? (n = 17)**



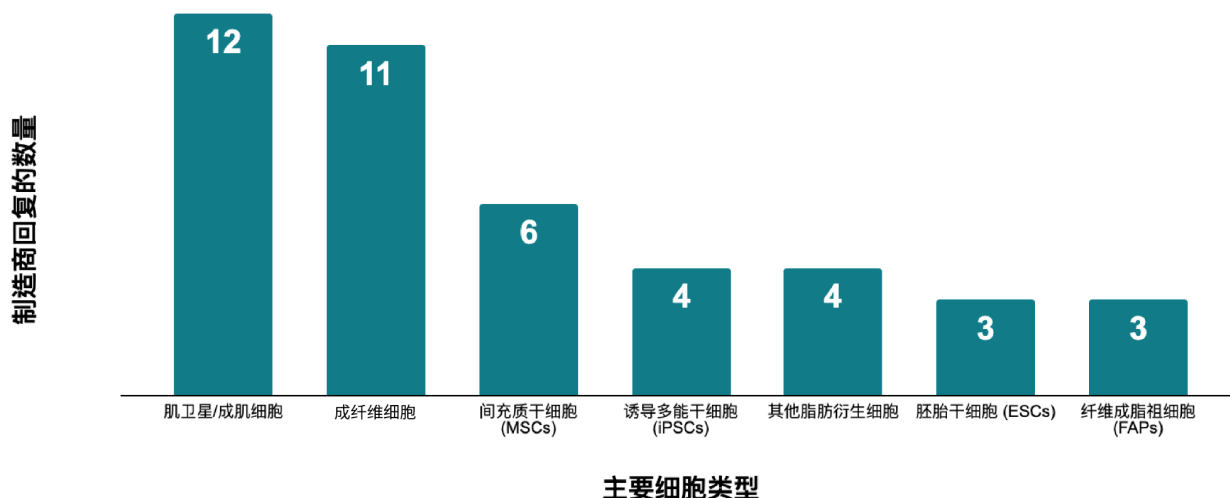
大多数制造商仍处在研发阶段。

这些数据显示，本调查中的制造商可能更专注研发而非商业规模制造。中试规模制造场所的设立预计会与未来几年中的小规模商业发布相吻合。一旦制造商们超越中试规模并迁入真正的商业规模制造场所，他们的制造体量将急剧增加，从而能以更低廉的制造成本实现更高的产品可获得性。(Vergeer, R., Sinke, P., Odegard, I. 2021)

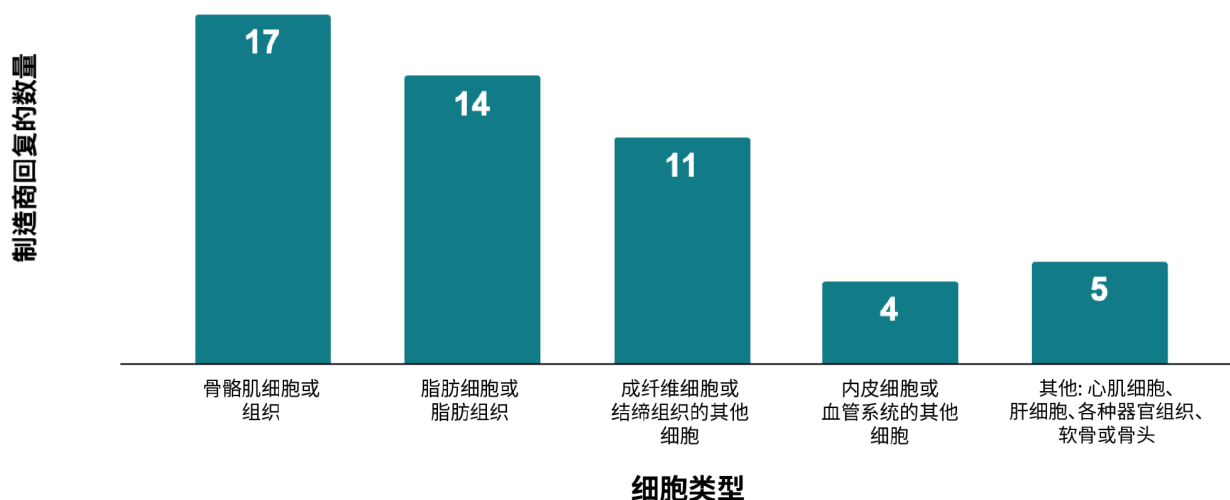
细胞系和细胞类型

制造商会用到各种各样的细胞系和细胞类型，包括来自多个物种的细胞系。比如，61% 的制造商与 3~4 个物种打交道，而 34% 的制造商则仅专注于 1~2 个物种 ($n = 18$)。制造商们表示，他们会用到 1~10 种细胞系，同时也会用到 1~10 种细胞类型。89% 的制造商表示，他们计划在接下来的 12 个月中拓展使用的细胞系数数量 ($n = 19$)。制造商使用 ($n = 18$) 和生产 ($n = 19$) 的细胞类型如下表所示 (图 2-3)：

我的企业主要用到的细胞类型为 ____ (最多可选 4 项，如需经常使用多个细胞类型)。($n = 18$)



在我的企业，我们会在接下来的 12 个月中制造或计划制造 ____ (选择所有适用项)。($n = 19$)

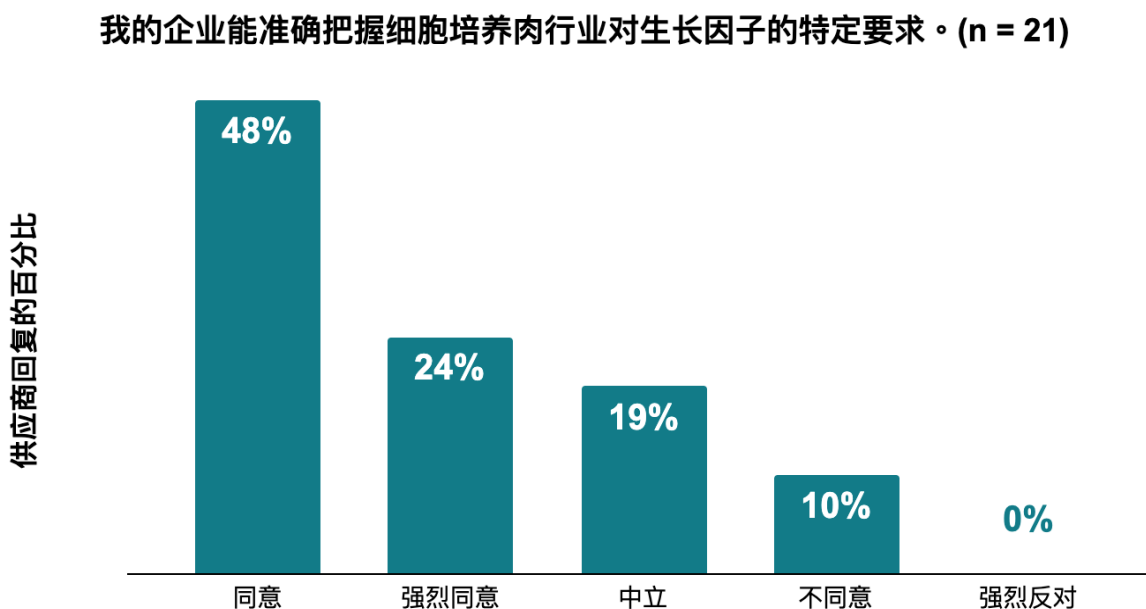


制造商使用多种细胞系组合，并且制造多种细胞类型。

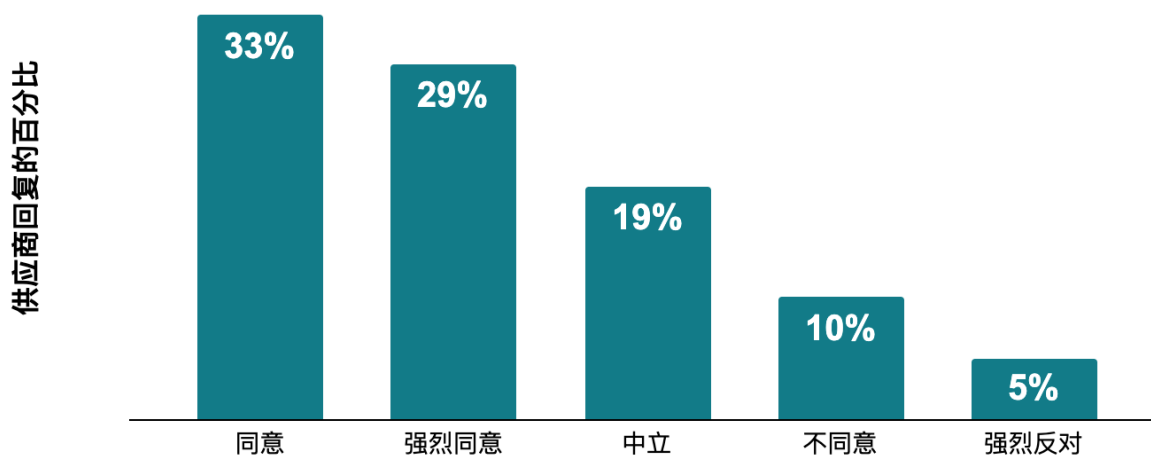
鉴于多种起始细胞类型通常被并行使用，行业内对制造商的细胞类型选择似乎并无定论。制造商们主要制造构成肉的细胞（骨骼肌、脂肪和结缔组织），但有时候也会为血管或其他组织制造细胞，包括软骨、骨头和心肌。起始细胞、需要被制造细胞以及物种的多样性对供应商提供细胞培养基配方或符合制造商特定要求的关键成分有着重要影响。

供应商信息

供应商回复表明，当涉及生长因子（72%）和细胞培养基（62%）时，他们通常能准确把握细胞培养肉行业的要求（图 4-5，n = 21）。

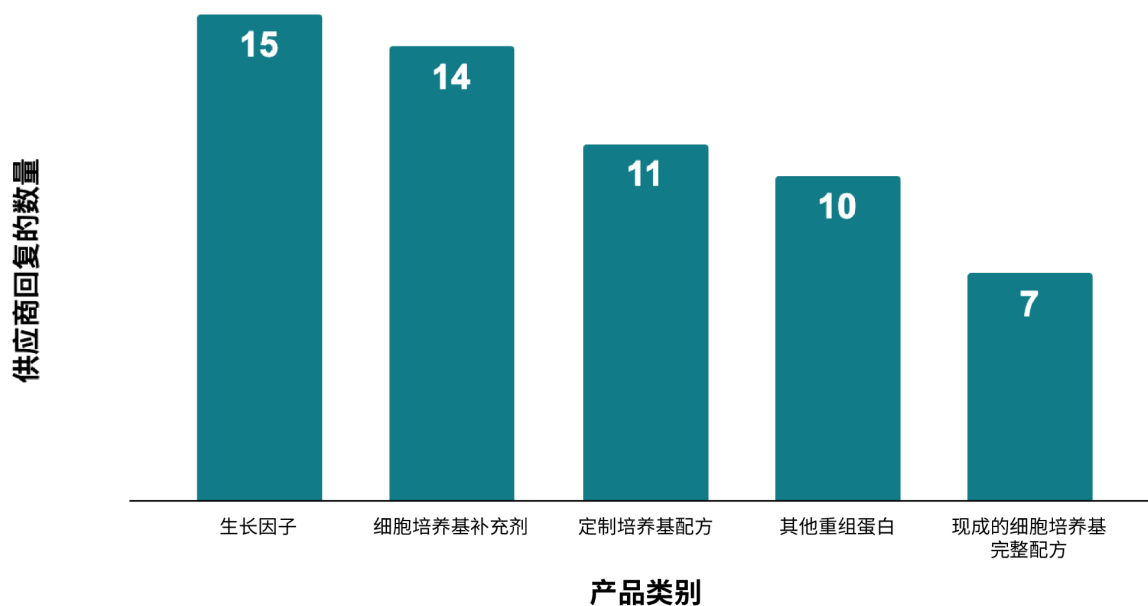


我的企业能准确把握细胞培养肉行业对细胞培养基的特定要求。(n = 21)

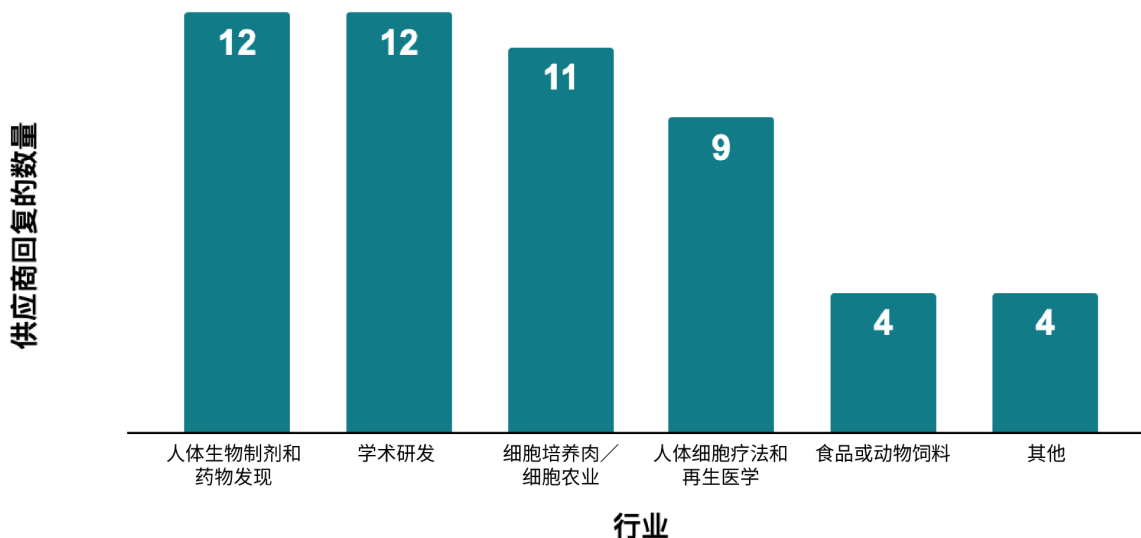


供应商制造多种不同的产品类别 (图 6, n = 20)。他们还向多个不同行业销售产品 (图 7, n = 16), 调查中提到的其他行业包括诊断、疫苗、益生菌和化妆品。

我的企业目前或计划在接下来的 12 个月中制造 (选择所有适用项)。(n = 20)



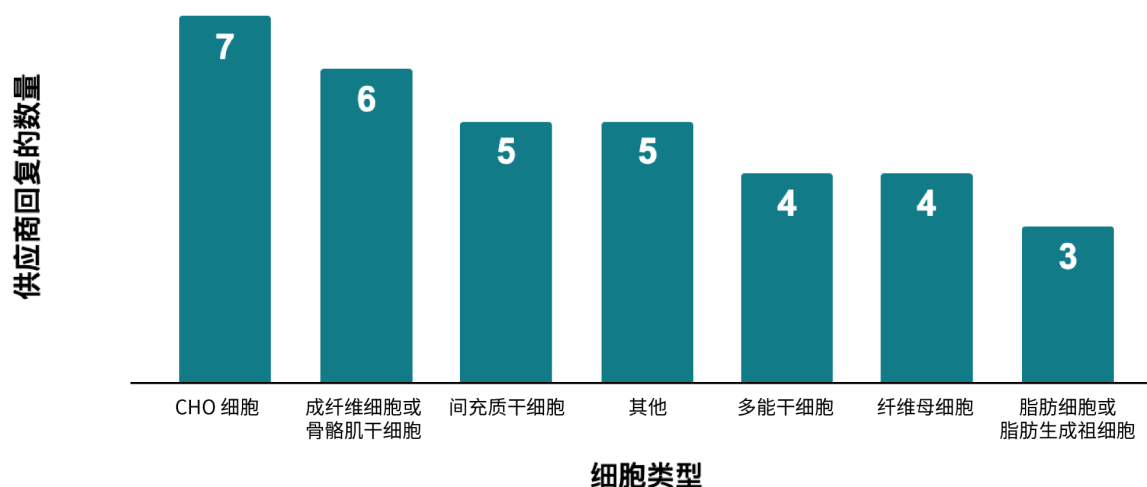
我的企业目前向以下行业销售产品 (选择所有适用项)。(n = 16)



供应商制造的培养基种类

细胞培养基供应商为多种细胞类型制造产品 (图 8, n = 11), 但是这些产品常面向其他行业通用的细胞系进行优化而与细胞培养肉行业关联不大, 比如猴 (Vero)、昆虫 (SP2) 或犬 (MDCK) 细胞。

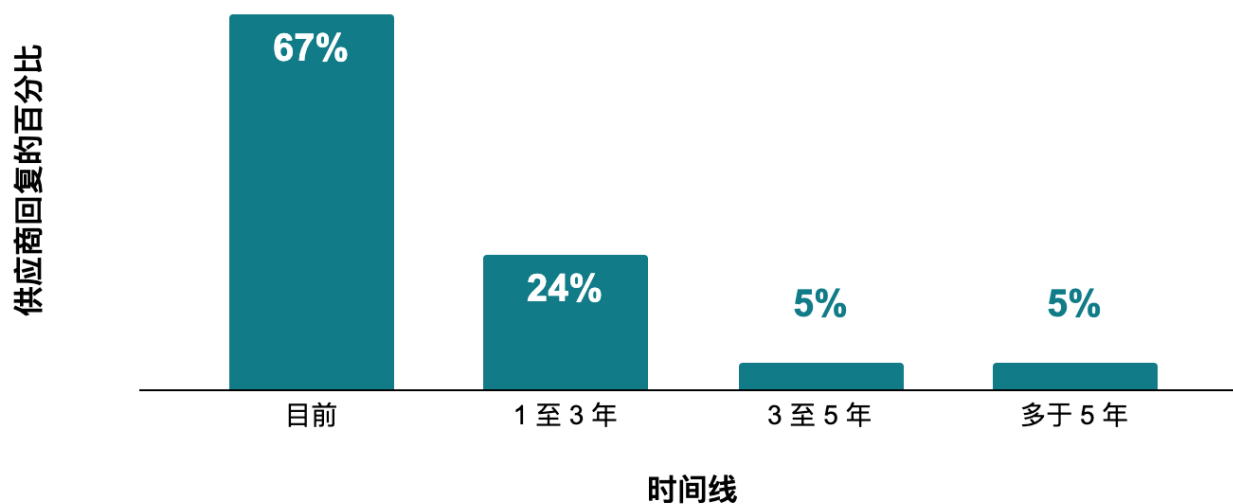
我的企业目前为以下细胞类型制造培养基 (选择所有适用项)。(n = 11)



供应商在细胞培养肉行业的参与

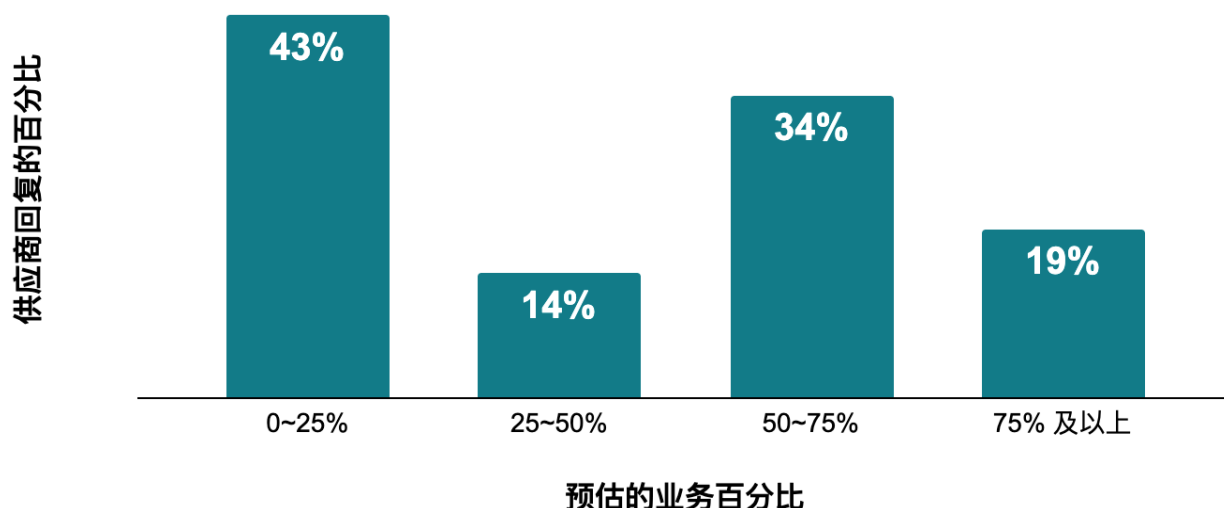
大多数供应商现已将细胞培养肉行业视为客户，其他供应商则将本行业视为未来的潜在客户 (图 9，n = 21)。

我的企业视细胞培养肉行业为潜在客户 (选择所有适用项)。(n = 11)



一些供应商认为，未来五年内，细胞培养肉行业将占据其大部分业务，而其他供应商预计的参与度则较低 (图 10，n = 21)。

我的企业预估，至 2025 年细胞培养肉行业将占我们业务的 ____ %。(n = 21)



供应商还为细胞培养肉之外的其他行业提供服务。

这些数据表明对细胞培养肉感兴趣的供应商通常已经在为其他行业提供服务，因而可利用相关专业知识和细胞培养肉行业制造产品。除非出于自愿，供应商不太可能被限于某个特定行业。这些额外的业务选项为有意陪伴新兴的细胞培养肉行业共同成长的早期初创企业提供了优势。

有趣的是，拥有其他业务选项的不限于供应商。至少两家细胞培养肉制造商 ([Avant Meats](#) 和 [Integriculture](#)) 已经推出了面向护肤品行业的系列产品。

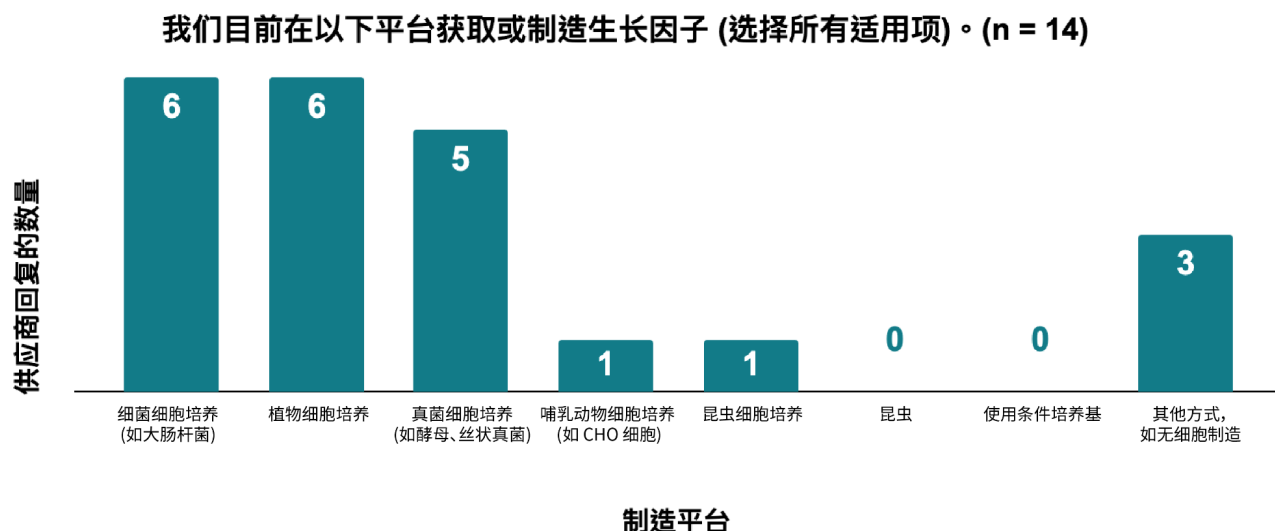
生长因子的制造和特性

供应商和制造商使用多种平台制造生长因子。本行业正在推动制造具有物种特异性的食品级生长因子，并积极探索优化制造的新方式。

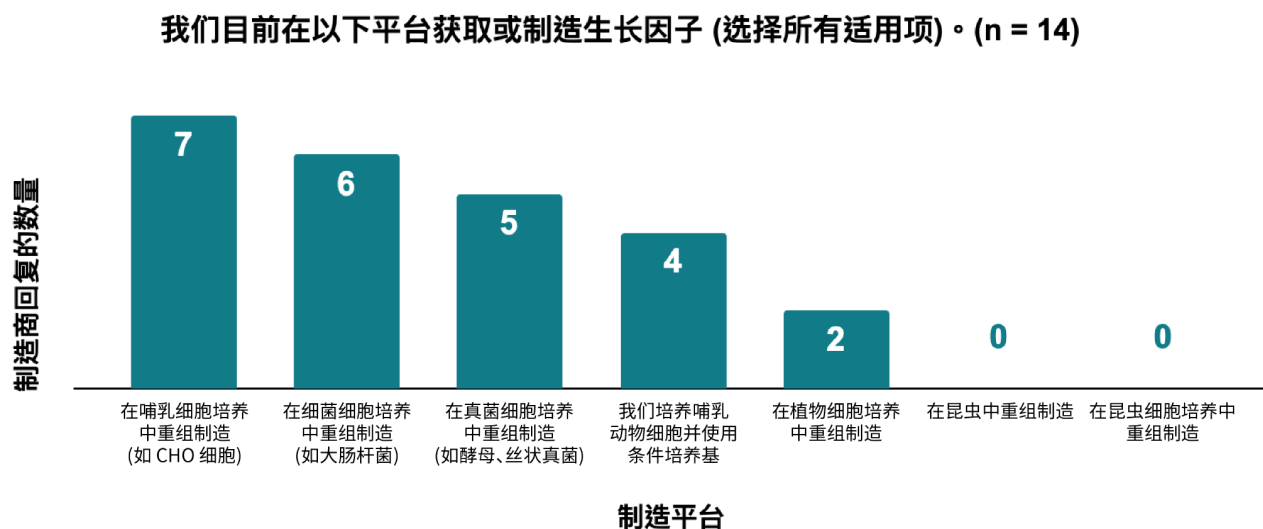


生长因子制造平台

供应商目前正在使用多种平台制造生长因子，包括细菌、真菌和植物 (图 11, n = 14)。21% 的供应商提到他们使用无细胞系统进行制造。



对于制造商来说，观察其获取或制造生长因子时使用的平台也能看出类似趋势 (图 12, n = 15)。79% 的供应商 (n = 14) 和 67% 的制造商 (n = 6) 表示，他们正积极探索在非哺乳体系中制造生长因子的方式。

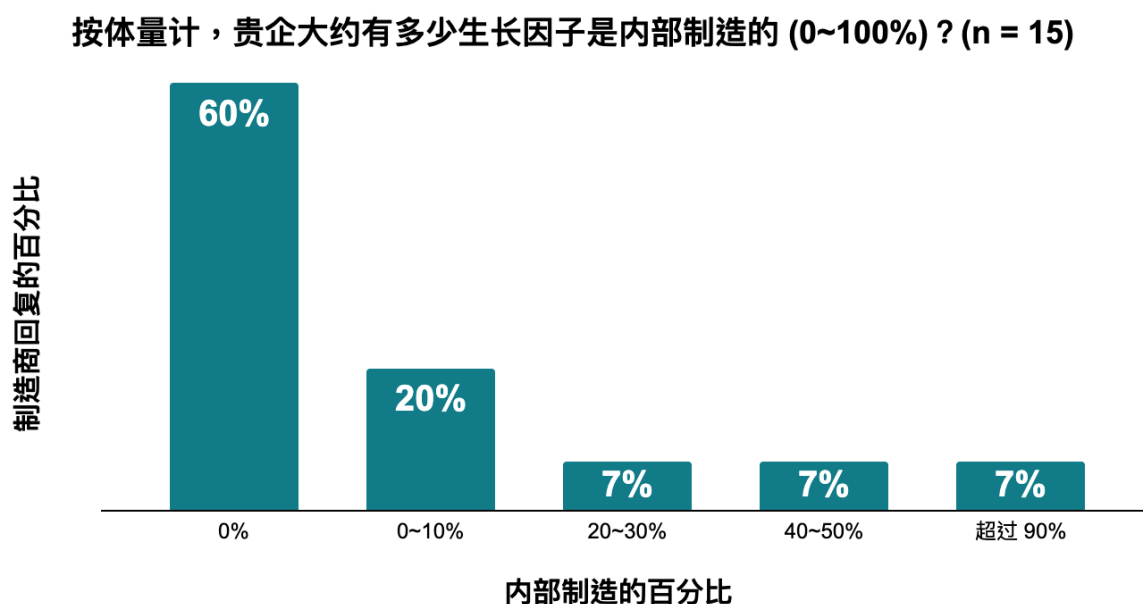


多种平台被用来制造生长因子。

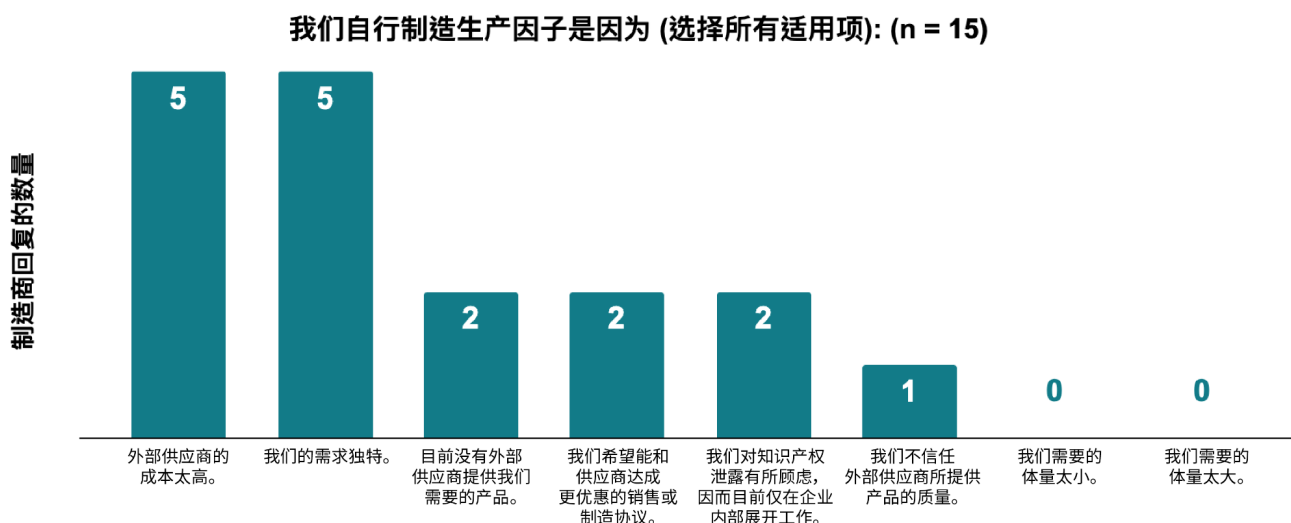
制造商和供应商都使用多种不同平台制造生长因子。这份[近期声明](#)表示这一列表正在不断拓展并将昆虫纳入其中。对每个平台进行评估也许能帮助本行业了解哪个平台在成本、环境影响，或细胞培养肉行业使用的特定种类生长因子的其他相关参数方面上表现最佳。

内部制造

有趣的是，40% 的制造商在企业内部自行制造生长因子，另有 35% 的制造商对内部制造生长因子感兴趣 ($n = 16$)。制造商们对内部制造或是外包给第三方制造的生长因子数量占比有不同的回答 (图 13, $n = 15$)。



制造商选择在企业内部自行制造生长因子的主要原因在于外部供应成本过高，或是对生长因子有独特要求 (图 14, $n = 15$)。尽管如此，还是有 60% 的制造商表示，在接下来的 12 个月中，他们计划主要向供应商购买生长因子，其余 40% 的制造商则选择内部制造 ($n = 15$)。



制造商内部制造生长因子可以形成新的知识产权。

67% 的制造商表示，他们将内部制造生长因子视作其知识产权特色的一部分，这能为他们带来强有力的竞争优势 (n = 15)。

27% 的制造商表示，他们计划申请与制造生长因子相关的专利，另有 27% 的制造商表示不确定，其余 46% 的制造商则没有此类计划 (n = 15)。

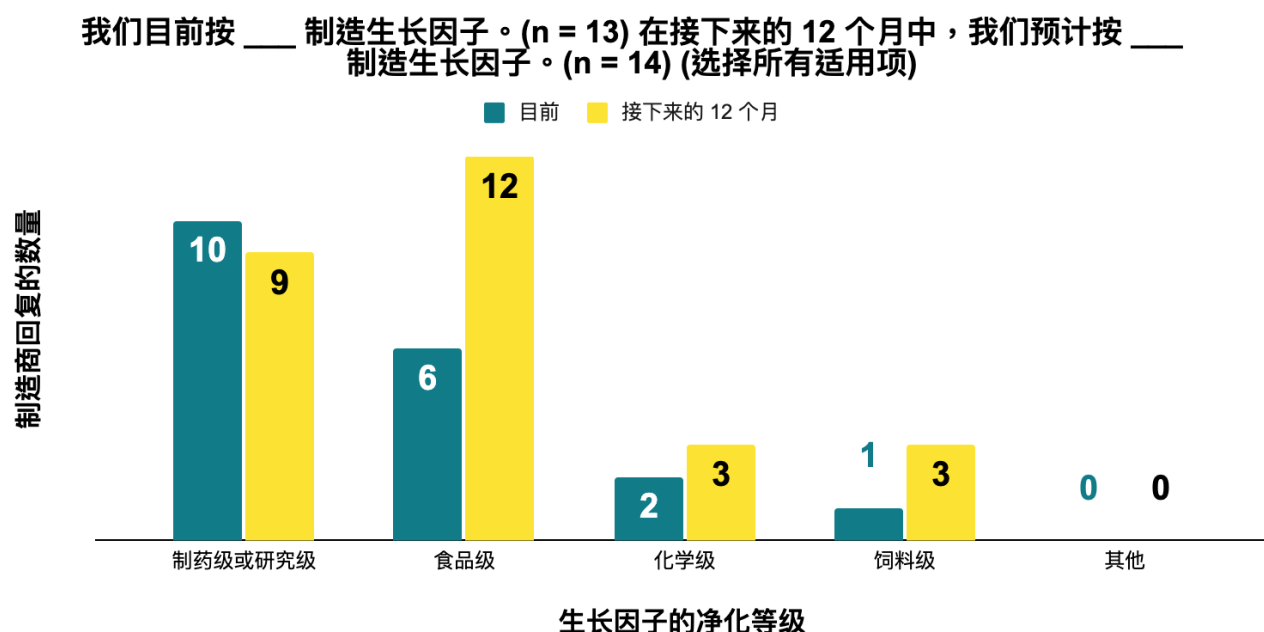
供应商可以做出调整，以便更好地为细胞培养肉行业提供服务。

这些数据表明，目前的市场在生长因子方面存在着机遇。制造商们似乎正倾向于在企业内部自行制造生长因子，这是因为考虑到外包的高成本和他们自身的独特要求，使得供应商们目前提供的现成产品失去了吸引力。虽然一些制造商可能会选择战略性地制造生长因子以创新知识产权，大多数制造商还是计划在接下来的 12 个月中通过供应商购买生长因子。供应商们应当充分利用这份调查中的数据，更好地了解情况并及时做出调整，以满足细胞培养肉行业对生长因子的要求。

食品级生长因子

目前，大约 33% 的制造商按照食品级净化标准 ($n = 15$) 购买或制造生长因子²。在目前还没有使用食品级生长因子的制造商中，90% 表示计划在接下来的 12 个月中改用食品级生长因子 ($n = 10$)。值得注意的是，100% 的制造商表示，使用食品级生长因子时，没有出现过生物活性降低、细胞毒性或污染问题 ($n = 5$)。

虽然许多供应商目前按照制药级或研究级标准制造生长因子，但也有许多供应商希望在接下来的 12 个月中转向食品级 (图 15, $n = 13$ 且 $n = 14$)。57% 的供应商表示他们的食品级制造装置已经安排到位 ($n = 14$)。在这些供应商中，14% 观察到食品级生长因子中出现了生物活性下降、细胞毒性或污染问题 ($n = 7$)。



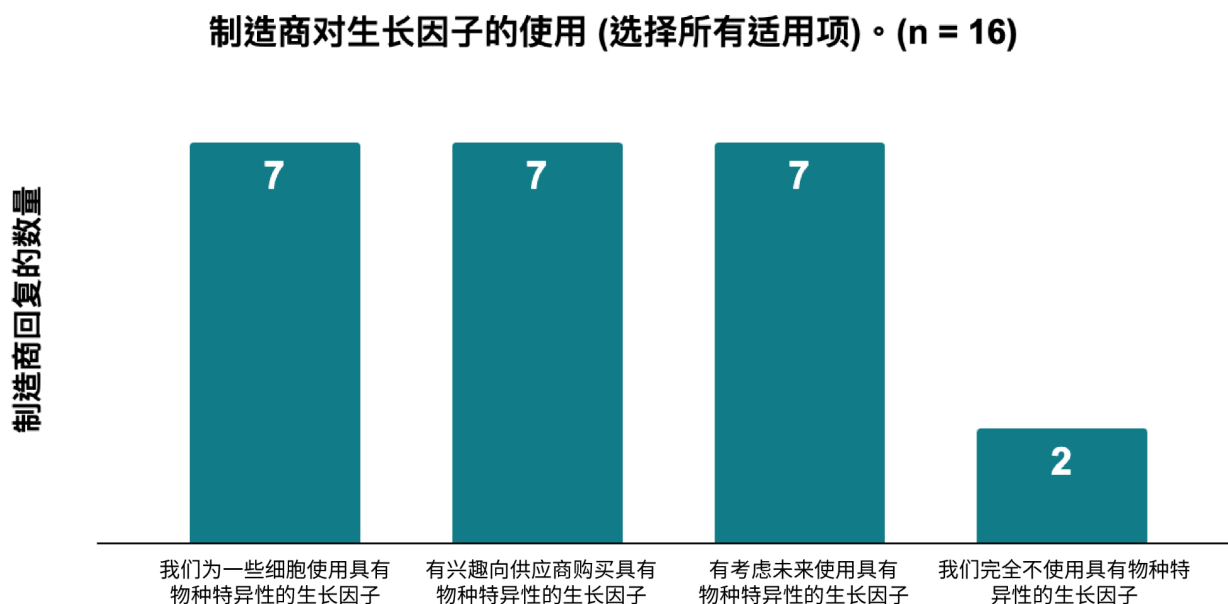
食品级生长因子正处于高需求。

² 有关食品及制药业净化标准的更多信息，请参看<https://www.usp.org/reference-standards> 和 <https://www.foodchemicalscodex.org/>。

用于食品制造的生长因子无需遵循制药业严苛的净化标准，这能降低制造成本。细胞培养肉制造商计划使用按食品级标准制造的生长因子，以便充分利用这一优势。供应商正计划推出食品级生长因子产品以紧跟这一趋势，从而保持其在细胞培养肉行业的吸引力。

具有物种特异性的生长因子

七家制造商表示目前正在为一些细胞使用具有物种特异性的生长因子，另有制造商声称未来有兴趣向供应商购买或使用具有物种特异性的生长因子。只有两家制造商表示他们完全不会使用具有生物特异性的生长因子 (图 16, $n = 16$)。



制造商们倾向于使用具有物种特异性的生长因子。

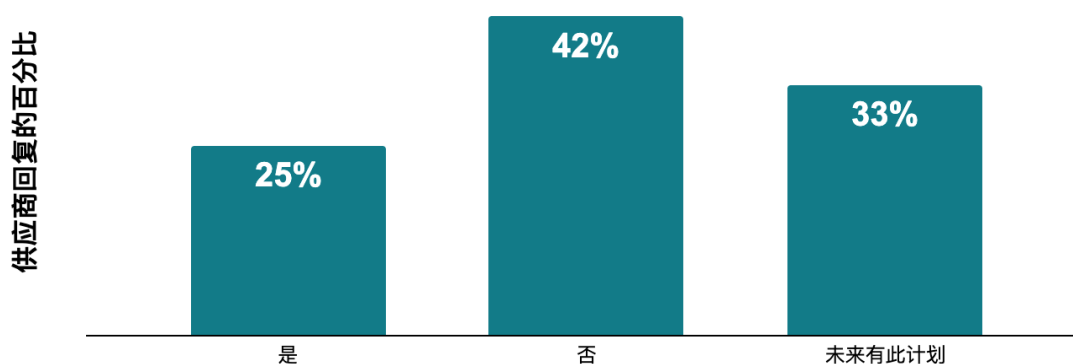
考虑到细胞培养肉行业使用物种的丰富程度，对物种特异性生长因子的需求最终会增加需要制造的生长因子的数量。这可能会导致供应商根据潜在的市场规模而仅专注于一小部分物种和生长因子。一些较为独特的而所面向市场较小的生长因子，需要由针对特定物种或者细胞类型的制造商来生产，这个市场缺口可以由小规模供应商初创企业来填补。另一方面，这一利基需求也可能通过制造商的内部制造得到满足。

生长因子的替代及循环利用

生长因子是细胞培养基中最昂贵的投料。因此，发现可替代其功能的植物基成分或可实现其循环利用可减少来自生长因子的整体成本负担。

33% 的供应商表示，他们目前正在探索可作为生长因子的植物基替代品，21% 的供应商表示可能在未来有此类计划，其余 46% 的供应商则表示无此类计划 (图 17，n = 12)。

我们目前正在探索可作为生长因子替代品的植物基物质。(n = 12)



如果可能的话，制造商将使用植物基替代品或循环利用设备。

82% 的制造商目前没有使用植物基物质作为生长因子替代品 (n = 17)，但是 72% 的制造商回复称以后可能会使用，只要那些替代品具有性能及成本优势 (n = 18)。

只有一位制造商 (7%) 回复称他们循环利用生长因子 (n = 14)，而 41% 的制造商称如果可能的话，会有兴趣购买循环设备 (n = 17)。类似地，只有 12% 的制造商称他们监测生长因子或生长因子水平 (n = 16)，但是 63% 的制造商有兴趣购买生长因子监测设备或工具 (n = 16)。

工程生长因子

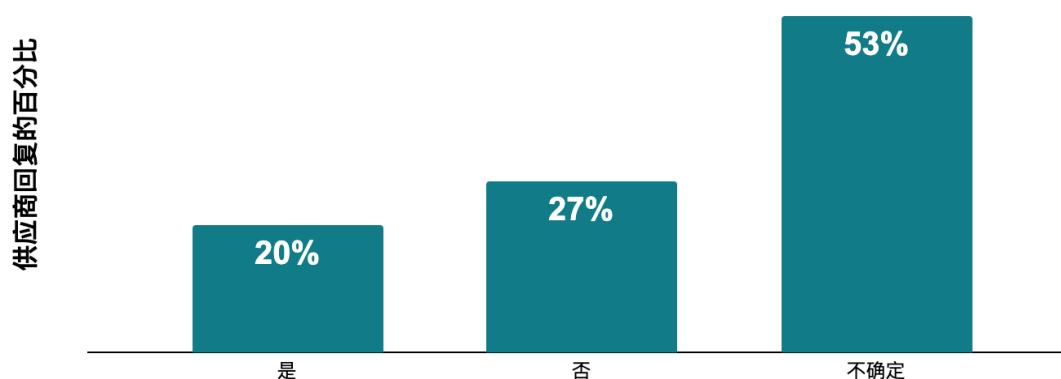
生长因子经过成功的改造或编辑后，其所需的种类或数目将减少，进而可降低细胞培养基成本。

工程生长因子正受需求。

54% 的供应商在企业内部对生长因子进行基因改造或编辑。31% 的供应商在未来有此类计划，其余的 15% 则无此类计划 (n = 13)。47% 的供应商表示，细胞培养肉制造商曾向他们定制改造的生长因子 (n = 15)。

33% 的制造商表示，考虑到监管或消费者接受的问题，他们不使用工程或重组生长因子 (n = 15)。20% 的制造商表示，他们有计划将企业内部研发的工程生长因子商业化或获取授权许可，另有 53% 的制造商则表示不确定 (图 18，n = 15)。

我们计划为企业内部基因改造的生长因子实现商业化或获取授权许可，并通过供应商实现全行业的广泛应用，或直接提供给其他细胞培养肉企业。(n = 15)



有多种方式改善生长因子。

供应商 (n = 14) 和制造商 (n = 13) 提及了他们在生长因子工程改造过程中感兴趣的一些特性 (图 19)。可改善的其他特性包括成本、消费者接受度、非转基因可认定性以及最终产品中的低留存度。

通过细胞适应有望减少生长因子的使用。

12% 的制造商表示已让细胞适应或改造其细胞系以对降低生长因子的要求 ($n = 16$)，这样可减少 50%~80% 的生长因子使用量 ($n = 2$)。

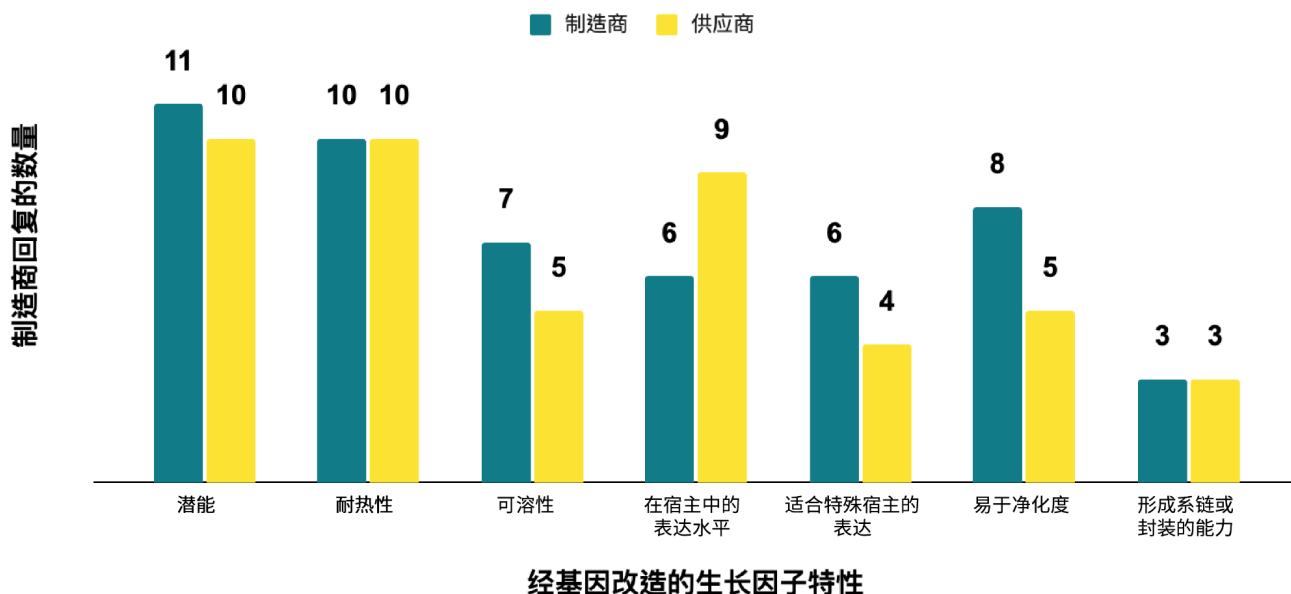
其他改善生长因子的方式正受到行业检验。

13% 的制造商表示计划在接下来的 12 个月中改善他们的动物细胞系，以制造往常没有在这些细胞中表达出来的生长因子 ($n = 16$)。

93% 的制造商表示他们没有使用任何缓释系统减少生长因子的总用量 ($n = 15$)。

制造商们主要期待获得可溶于培养基的生长因子，同时也提到了其他使用案例 (图 20, $n = 17$)。

就工程改造的生长因子而言，制造商有兴趣改善的特性有 ____ ($n = 13$)
以及我们或我们的客户有兴趣改善的特性有 ____。 ($n = 14$) (选择所有适用项)。



改善方式有望减少生长因子的使用。

12% 的制造商表示已改善或基因改造其细胞系以对降低生长因子的要求 ($n = 16$)，这样可在使用中实现 50~80% 的减少 ($n = 2$)。

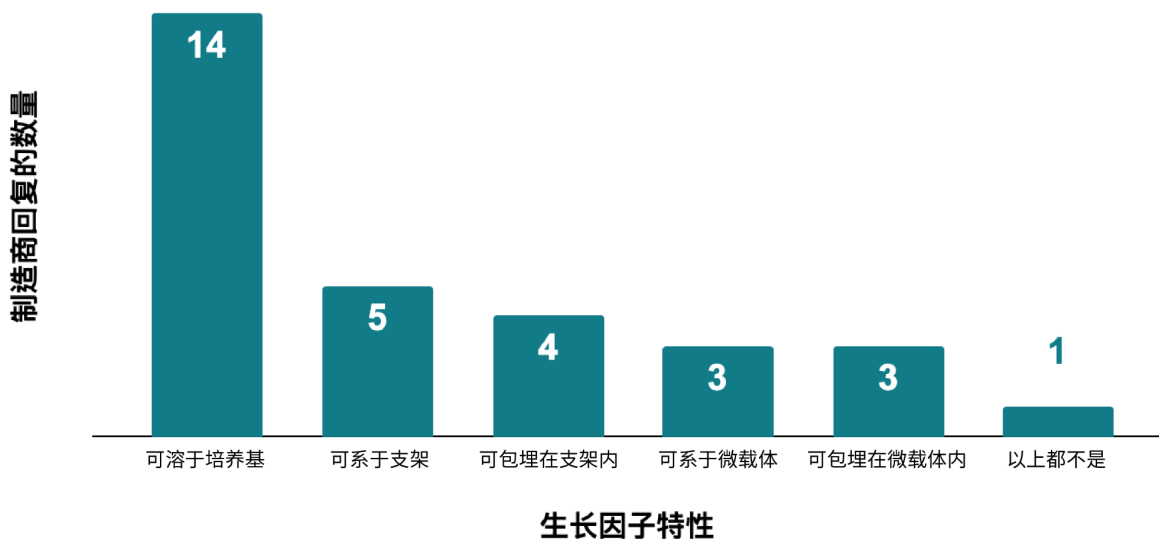
其他改善生长因子的方式正受到行业检验。

13% 的制造商表示计划在接下来的 12 个月中改善他们的动物细胞系，以制造往常没有在这些细胞中表达出来的生长因子 ($n = 16$)。

93% 的制造商表示没有使用任何缓释系统减少生长因子的总用量 ($n = 15$)。

制造商们主要期待得到可溶于培养基的生长因子，同时也提到了其他使用案例 (图 20, $n = 17$)。

我们预计会用到 ____ 的生长因子 (选择所有适用项)。($n = 17$)



生长因子小结

制造商们正在探索多种方式优化其使用的生长因子的性能或成本。尤其值得注意的是，行业正在对生长因子进行工程化改造，尽管这些方式还存在监管或消费者接受方面的顾虑。这些数据表明，还有很多机遇让供应商满足细胞培养肉制造商对优化生长因子的需求。

细胞系适应、循环设备或工具，以及植物基替代品是降低生长因子成本负担的关键，这些空白中存在着巨大机遇。

小部分制造商已做过尝试，通过细胞适应或工程改造细胞系可降低生长因子要求，从而减少 50~80% 的制造成本，其他制造商也想效仿这些方式获得成本效益。而且，许多制造商对循环利用生长因子或监测设备及工具感兴趣，这些空白对供应商、新入行企业及学术研究者来说也是极富吸引力的机遇。

许多制造商目前正在探索或计划探索生长因子的植物基替代品。实现这一点可大幅减少整个细胞培养肉行业的成本。成功案例之一为 Future Meat，[他们宣称鹰嘴豆中的一种白蛋白同系物](#)可取代重组白蛋白，从而将其培养基配方成本减少 60%。近期的一项技术经济分析表明，通常以比其他生长因子浓度更高的浓缩物形式被使用的白蛋白，占重组蛋白成本的 80% (Vergeer, R., Sinke, P., Odegard, I. 2021)。

细胞培养基

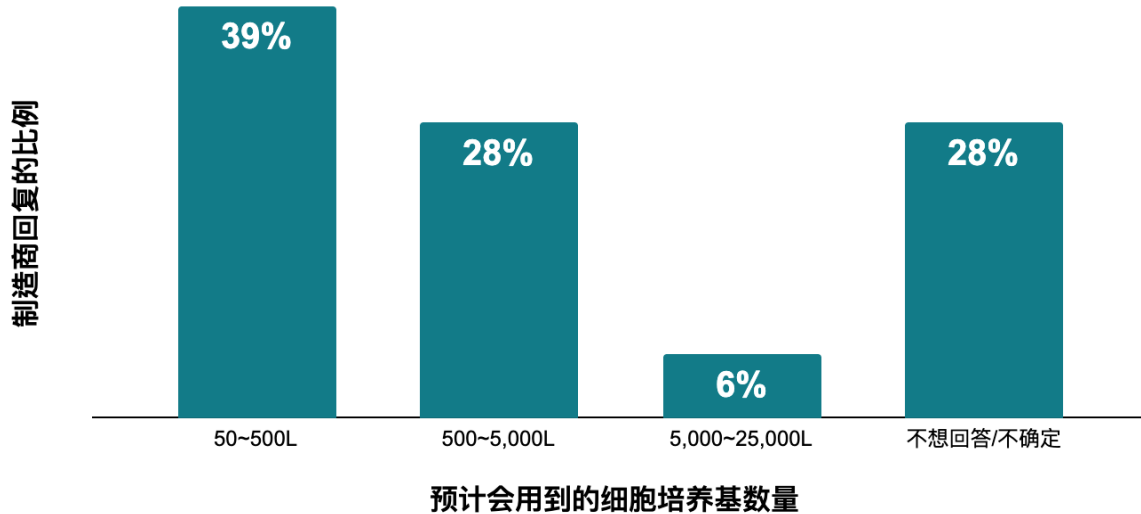
供应商和制造商正转向食品级培养基成分，并为细胞培养肉制造所需的独特细胞系和物种提供优化配方。



培养基的使用总量

从研发到生产，制造商们表示在接下来的 12 个月中预计会用到以下数量的培养基 (图 21，n = 18)。

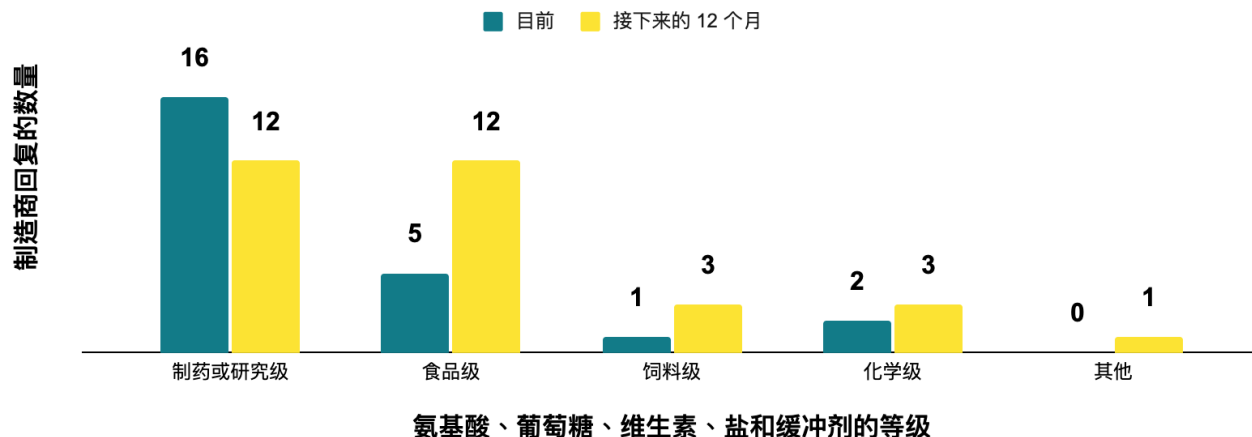
你们预计在接下来的12 个月中会用到多少细胞培养基，包括研发和生产？(n = 18)



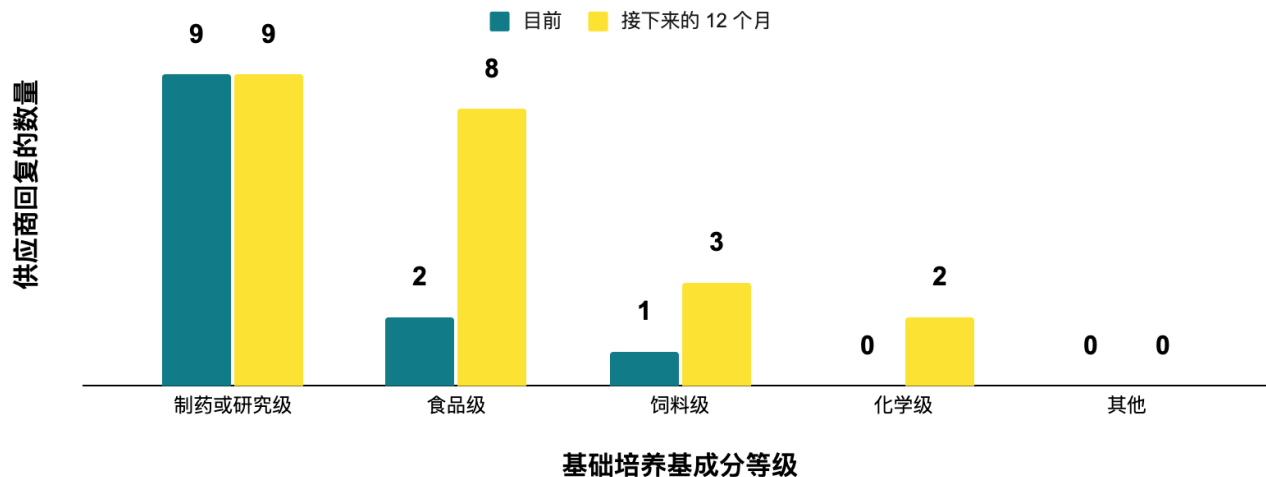
食品级基础培养基成分

制药或研究级基础培养基成分如氨基酸、葡萄糖和维生素占据了配料的大部分，这些配料成分是制造商目前使用 (n = 16) 以及供应商正在寻找 (n = 9) 的。而且，食品级和饲料级基础培养基成分预计会在接下来的 12 个月中得到更多使用 (图 22-23)。

我们目前按____标准获取基础培养基成分，如氨基酸、葡萄糖、维生素、盐和缓冲剂。在接下来的12个月中，我们预计按____标准获取基础培养基成分，如氨基酸、葡萄糖、维生素、盐和缓冲剂(选择所有适用项)。(n = 16)



我们目前按____标准获取基础培养基成分，如氨基酸、葡萄糖、维生素、盐和缓冲剂。在接下来的12个月中，我们预计按____标准获取基础培养基成分，如氨基酸、葡萄糖、维生素、盐和缓冲剂(选择所有适用项)。(n = 9)



食品级生长因子的供应链仍在形成中。

和生长因子情况一样，制造商和供应商目前主要按制药级标准获取基础培养基成分，但他们预计在接下来的12个月中会实现向食品级或饲料级成分的重要转型，这能进一步降低成本。鉴

于制造商还没有大量使用细胞培养基，这条时间线看起来也与行业的成长相吻合。通常而言，意在为细胞培养肉行业提供服务的供应商应当根据原料和使用案例，按照食品级或饲料级制造获取其培养基成分。如下文所示，制造商提到了使用蛋白质水解物时的一些挑战，同时制造粗饲料级成分也会对性能或可复制性构成类似挑战。

确定主要原材料来源并评估其性能是重要的研究领域。

对细胞培养基中饲料级成分性能进行分析的可公开获取型研究，对细胞培养肉行业评估饲料级成分的有效性大有益处。此外，需要更好地了解细胞的新陈代谢以改善培养基配方内基础培养基成分的比例，从而优化培养基的使用效率及喂养方案。

获取、质量和杀菌

57% 的制造商表示，他们一些或所有配方中的氨基酸从蛋白质水解物中获取 (n = 14)。43% 的制造商表示，他们使用蛋白质水解物的组合或混合物满足其对氨基酸的需求 (n = 14)。38% 的制造商为一些或所有培养基配方购买由发酵制造的氨基酸 (n = 13)。36% 的制造商表示，他们使用的氨基酸根据其使用细胞的新陈代谢特性进行了优化 (n = 14)。

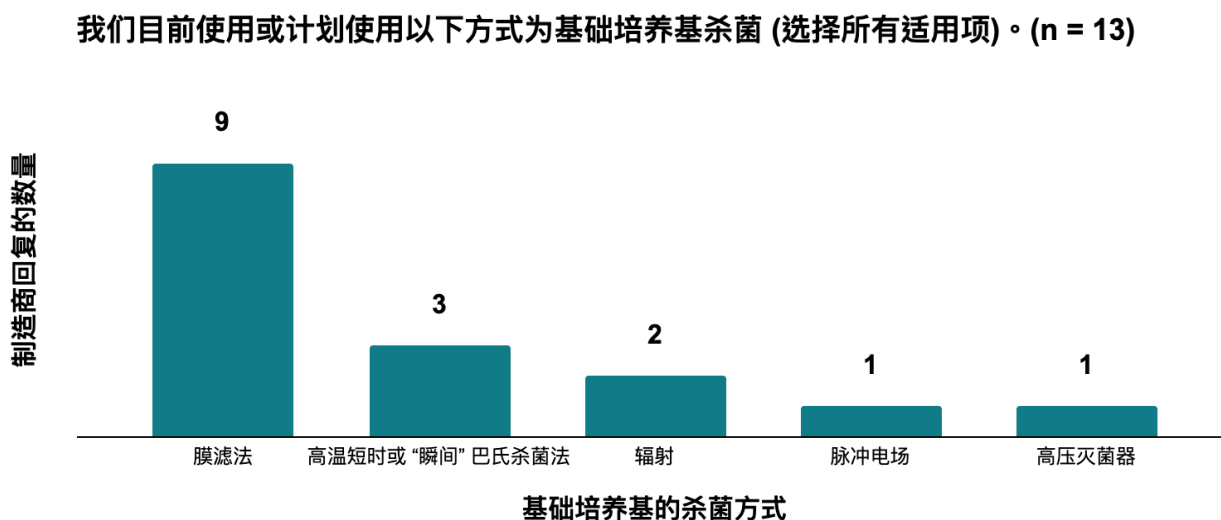
未来可能会用到更多样的蛋白质水解物组合。

制造商们提到的蛋白质水解物包括大豆和棉籽，供应商们则表示他们供应用大豆、小麦、豌豆、棉籽、大米和酵母制成的水解物。一些制造商表示蛋白质水解物不同批次间的差别以及化学组成不确定特性给他们带来了挑战。制造商们还表示，他们希望有更多供应商提供食品级生长因子、脂肪和微藻衍生的成分。

62% 的制造商为一些或所有培养基配方购买由发酵制造或化学合成的单种维生素 (n = 13)。67% 的制造商通过所用水解物中含有的维生素满足其在一些或所有配方中的维生素需求 (n = 12)。

需提升基础培养基成分的质量和一致性。

31% 的制造商表示基础培养基成分存在质量或不一致问题，另有 31% 的制造商则不确定 (n = 16)。31% 的制造商将产地国作为获取基础培养基成分的重要考量因素 (n = 16)。制造商们表示膜滤法灭菌是目前最常用的培养基杀菌方式 (图 24, n = 13)。



原材料的获取有着重要的社会经济后果。

基础培养基成分构成了细胞培养肉的主要投料，因而这些成分的获取对未来细胞培养肉行业供应链的形成以及如何吸引农民积极参与到本行业中来有着重要影响。虽然制造商们目前提到正在使用的水解物只有大豆和棉籽，但很可能其他作物或来源 (比如微藻) 也会被用来为本行业供应氨基酸。一些制造商在基础培养基成分中观察到不一致的现象，还提到使用蛋白质水解物时化学组成不确定氨基酸带来困难。有关基于蛋白质水解物细胞培养基使用的可公开获取型研究可帮助行业理解何种原材料来源在细胞培养肉应用中表现最佳，并为减少差异性及改善可复制性提供洞见。

培养基配方

13% 的制造商计划为自家的培养基配方实现商业化或取得授权许可，以便通过供应商实现在全行业的广泛应用，或直接提供给其他细胞培养肉企业 (n = 16)。

培养基配方可能十分独特且化学组成不确定。

31% 的制造商表示，他们的配方中含有无法被包含在标准商业化配方中的独特成分 (n = 16)。

44% 的制造商则表示，他们所有培养基配方都是化学组成确定的 (n = 18)。

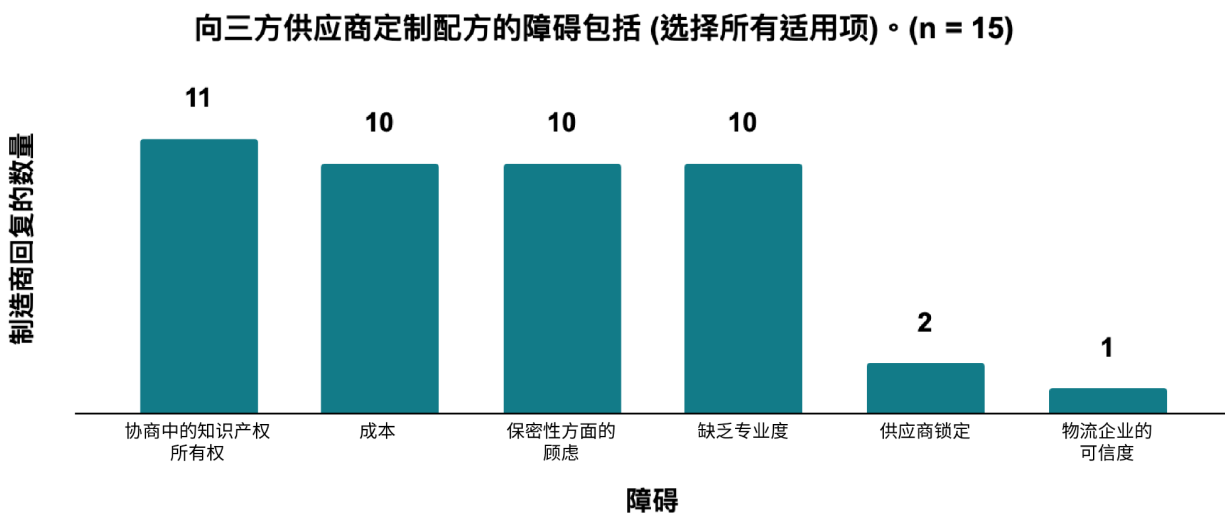
44% 的制造商使用或计划使用代谢通量分析，75% 的制造商使用或计划使用废介质分析助力其在培养基配制方面的努力 (n = 16)。

制造商准备现场配制的培养基，也向三方供应商购买。

59% 的制造商表示，他们的一些或所有培养基都是用干燥粉末现场配制的 (n = 17)。76% 的制造商则声称，他们的一些或所有培养基由三方供应商配制后以液体形式交付 (n = 17)。

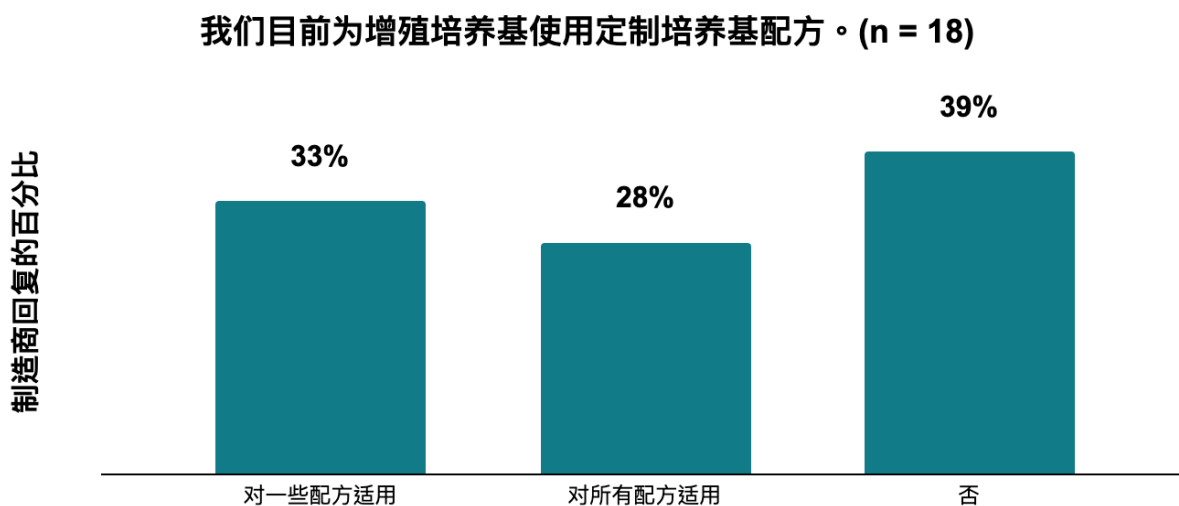
定制培养基配方

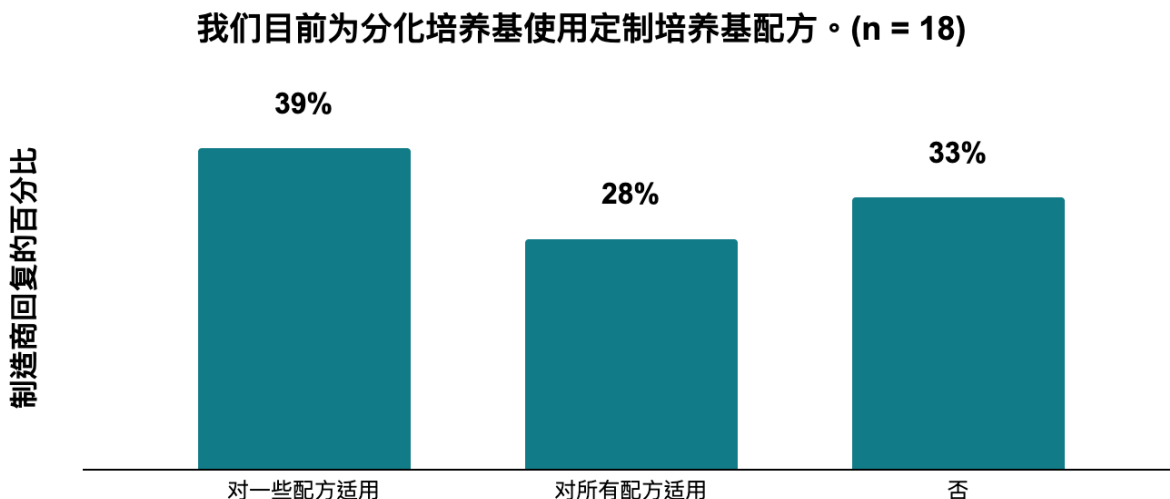
47% 的制造商表示向三方供应商外包定制培养基要求 (n = 17)。制造商们提到了向三方供应商定制培养基配方时遇到的几大障碍 (图 25, n = 15)。制造商们还提到，他们希望三方供应商能获取并混合原材料 (包括水解物)、使用无动物性成分，并帮助减少培养基的整体成本。



并非所有培养基配方都是定制的。

39% 的制造商表示没有为增殖培养基使用定制配方，另有 31% 的制造商表示没有为分化培养基使用定制配方 (图 26-27, n = 18)。





在使用定制培养基配方的制造商中，有 55% 表示他们使用具有物种特异性的配方 (n = 11)，另有 70% 使用具有细胞类型特异性的配方 (n = 10)。

57% 的供应商表示，他们制造或供应定制培养基配方 (n = 14)。在这些供应商中，50% 表示在制定定制配方协议时会写明知识产权归客户所有 (n = 6)。

当制造商们要求制造的培养基不少于 1000 升的培养基时，供应商们倾向于只参与定制配方。69% 的供应商表示有兴趣成为其他企业研发的定制培养基配方的合作制造商 (n = 13)。

71% 的供应商表示可提供无血清培养基配方的定制 (n = 14)，而 54% 的供应商表示，他们可提供的培养基配方中所有成分至少都是二级原料[非动物来源](#)的 (n = 13)，可满足制造商上述提到的多种需求。

供应商和制造商可提升合作效率，共同找寻定制培养基解决方案。

在制造适于拓展细胞培养肉制造商使用的物种种类和细胞类型的无血清培养基配方方面已经取得了重要进展。令人惊讶的是，并非所有这些配方都是定制的，这可能意味着为其他细胞设计的现成配方也适用于细胞培养肉，也可能表示一些制造商还没有办妥定制配方的相关事宜。制造商们对应该使用三方供应商找寻培养基配方还是在企业内部自行制造 (考虑到知识产权、成

本和保密性等问题) 似乎意见不一。供应商可以调整业务模式或实践, 以便更好地满足细胞培养肉制造商的需求。

细胞培养肉供应商和制造商可帮助确保学术研究紧跟行业发展趋势。

虽然本调查中没有涉及, 但是学术界的细胞培养肉研究者数量正在增加。通常而言, 这些实验室因缺乏制造定制培养基配方的资源而默认使用含有血清的培养基。细胞培养肉制造商能为更多学界科学家开展细胞培养肉方面的研究项目、降低成本提供极大的便利, 而且为科学家们优化过的、由标准供应商制造的无血清配方取得授权许可可以减少他们对血清的依赖。实现定制培养基配方商业化还能减少行业内的重复工作, 提升学术研究进入商业领域的可复制性和可译性。增加可公开获取的细胞培养肉培养基现成配方将惠及整个行业。

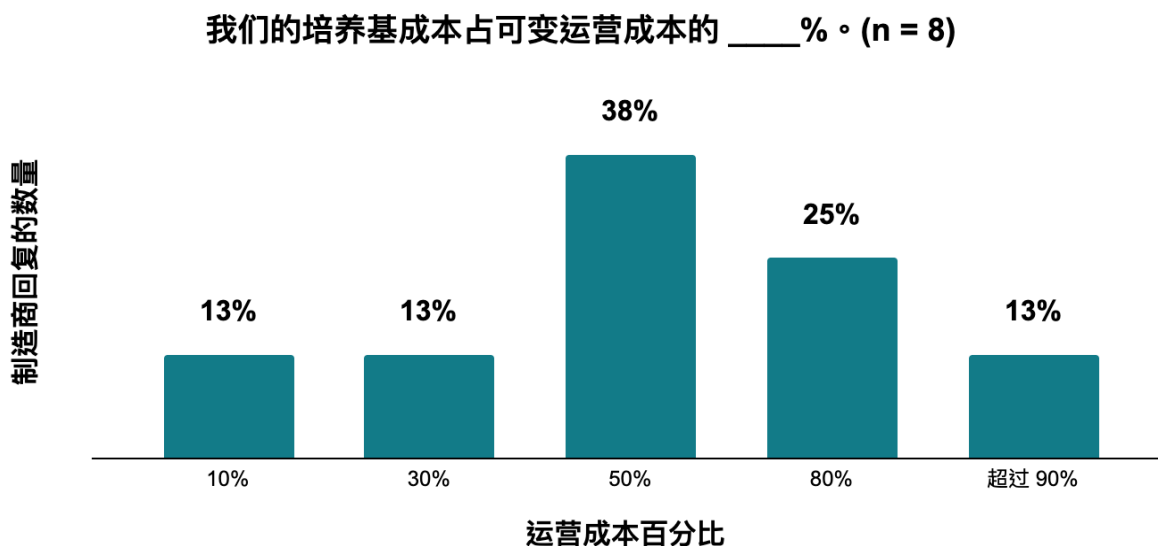
细胞培养基和生长因子的成本

整个行业在减少培养基和生长因子这两大成本最昂贵的投料方面取得了重要进展。



培养基成本

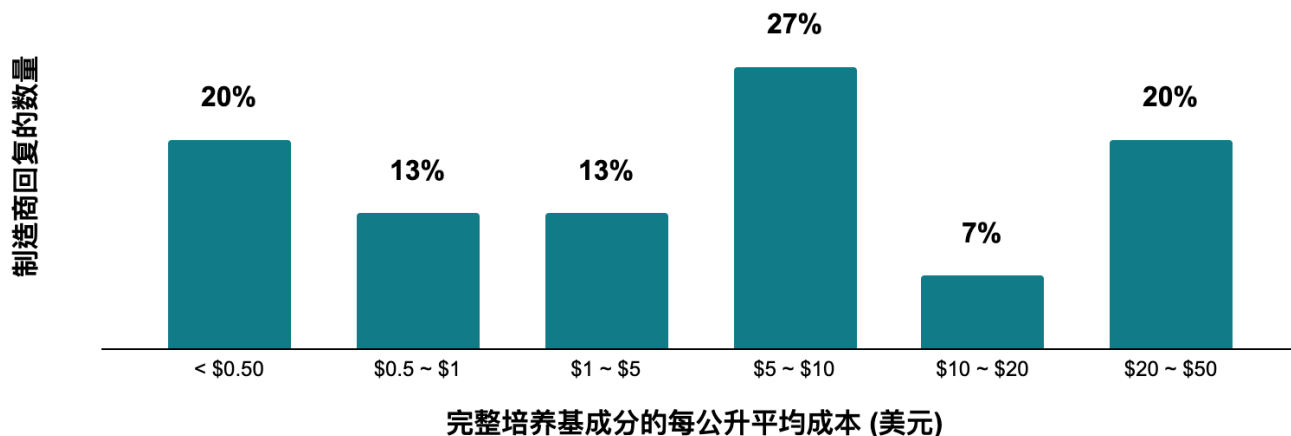
制造商表示，培养基通常占据其可变运营成本的大部分 (图 28, n = 8)。



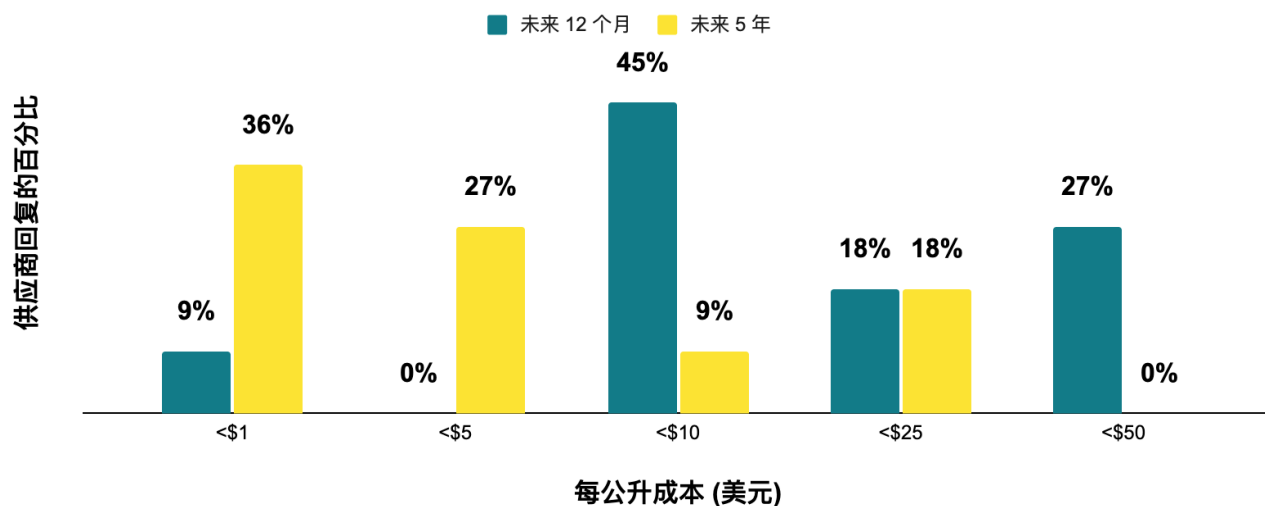
制造商正在大幅降低培养基成本。

33% 的制造商表示有望在接下来的 12 个月中实现以低于 1.00 美元/公升的成本购买或制造其所需的完整培养基成分 (图 29, n = 15)。供应商也表示将在未来五年中大幅降低培养基制造成本。然而，供应商认为这有赖于细胞对生长因子的要求，可变成本预估由这方面的要求决定 (图 30, n = 11)。

从现在起的 12 个月，我们计划购买或制造所需的完整培养基成分，以便将每公升平均成本 (美元) 降至 ____。(n = 15)



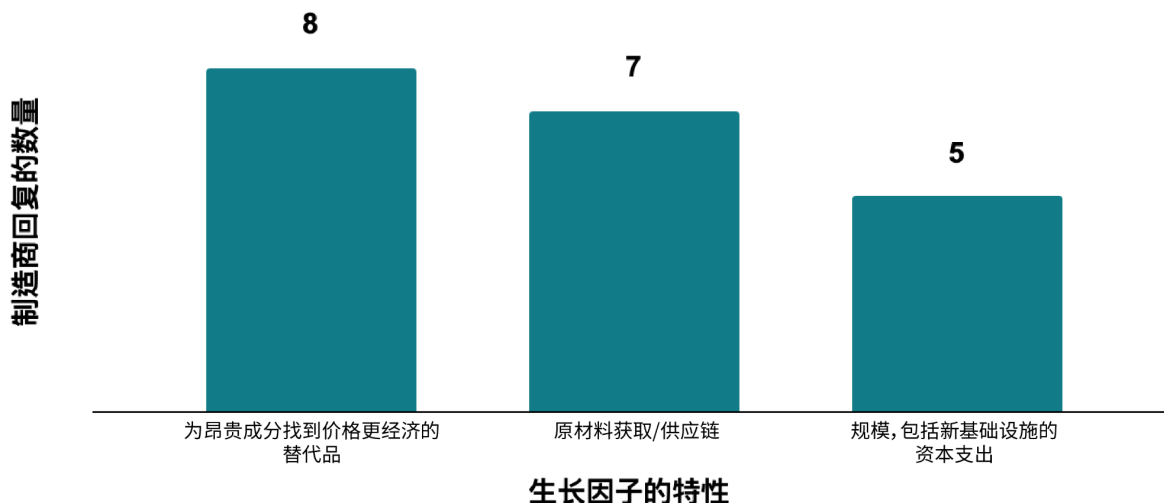
我们认为接下来的 12 个月中能实现的细胞培养肉行业培养基最低制造成本为 ____ 美元/公升。我们认为未来 5 年内能实现的细胞培养肉行业培养基最低制造成本为 ____ 美元/公升。(n = 11)



供应方对培养基的定价工作仍在进行中。

供应商预估可维持细胞培养基商业可行性的最低销售价格位于每公升 0.60 美元至 10 美元之间 (n = 11)。供应商说明了影响细胞培养基产品降低成本的各种障碍 (图 31, n = 10)。

影响细胞培养基降低成本的最大障碍是 ____ (选择所有适用项)。(n = 10)



行业进步表明降低细胞培养基成本的障碍比原先预期的小。

与其他报告观点一致，细胞培养基对制造商来说是一大成本动因。以往的预估表明，比起目前含有制药级成分的现成培养基定价，细胞培养基成本可能会减少 99% 甚至更多，假定成本可低至每公升 0.24 美元 (Specht 2018)。因为大多数用于干细胞培养的现成商业培养基配方成本高于每公升 100 美元，而成本降低预估则少于每公升 1 美元，这表示至少有 99% 的降本空间。

调查数据证实，这些成本降低预估已在一些制造商中产生惊人差距。一些期待从 Mosa Meat 获取近期报告的制造商也表示培养基成本降低了 99%。大多数供应商还表示在未来五年中，每公升培养基制造成本可将至 5 美元，甚至在一些情况下，可低至 1 美元。供应商还表示，培养基销售价格也可降至每公升 1 美元，随着制造规模扩大以及原材料和关键成分获取价格更低廉成为决定价格能降至多低的重要因素³。综上所述，这些数据支持了先前的假设，即细胞培养基制造成本可在未来几年中大幅降低，而且无需巨大的技术飞跃。

³ 培养基中绝大部分都是水，真正决定细胞培养肉培养基成本的是培养基内的原材料能以何种效率转化为生物质。细胞的新陈代谢效率越高，制造中所需的培养基数量就越少。参看表 16 (Sinke, P., Vergeer, R., Odegard, I. 2021)。

生长因子成本

大多数制造商表示生长因子占其当前培养基成本的 60%~80%，只有一份回复称只占 30% (n = 8)。

细胞培养肉行业共用一组生长因子。

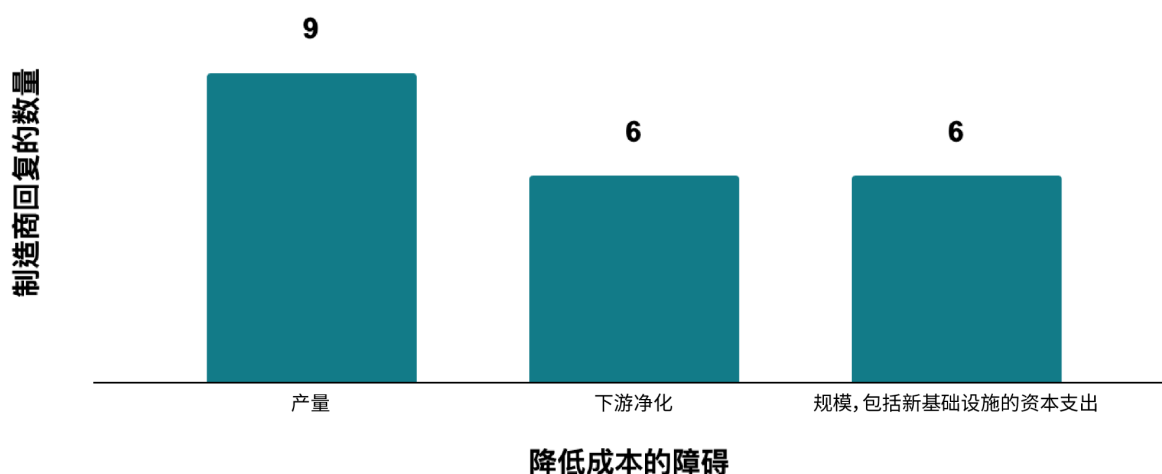
制造商被要求列出前 5~10 种使用体量 (质量) 最大、所占成本最高的生长因子。回复中大量重复的生长因子罗列于表 1 (不分先后顺序)。

生长因子体量 (质量)	生长因子成本
胰岛素	胰岛素
IGF1	IGF1
FGF2	FGF2
EGF	EGF
LIF	LIF
NRG1	NRG1
	TGFb1

生长因子成本预计短期内急剧下降。

供应商表示目前生长因子的制造成本在每克 4 美元至 400,000 美元之间 (n = 4)。在未来五年内，他们最高效的生长因子成本将降至每克 1 美元至 100 美元 (n = 6)。供应商提到了降低生长因子制造成本的各种障碍，其中产量是最大的障碍 (图 32，n = 14)。其他障碍包括以更大规模运营的需求以及平衡高生物活性和低制造成本。

降低蛋白质制造成本的最大障碍为 ____ (选择所有适用项)。(n = 14)



目前销售生长因子的毛利在 30% ~ 90%，供应商预计具备商业可行性的毛利需求大约在 30% ~ 60% 之间 (n = 5)。

依据目前可获得的数据，制造商表示如果是在企业内部自行制造的话，他们对生长因子的预估制造成本在每克 50 美元至 2,000 美元之间 (n = 2)。

现有技术可将生长因子成本降至极低。

调查数据还与确认生长因子为细胞培养基首要成本动因的其他报告互相印证 (Vergeer, R., Sinke, P., Odegard, I. 2021)。供应商提到的当前生长因子制造成本范围宽泛，跨越了五个数量级。然而，供应商还表示成本有望在未来五年内降至每克 1 美元至 100 美元，这与食品级生长因子的规模化制造足以大幅降低生长因子制造成本的观点相应和。如果能将生长因子的制造成本控制在这一范围内，细胞培养基将不再成为细胞培养肉制造商的首要成本动因 (Vergeer, R., Sinke, P., Odegard, I. 2021)。有趣的是，一些在企业内部自行制造生长因子的制造商已经实现了成本的大幅降低。这也与其他报告中以较小实验室规模实现高成本效益生长因子制造的观点相符合 (Kuo et al. 2020; Lyra-Leite et al. 2021)。

生长因子多样性需求可能给供应商带来挑战。

业内制造商主要使用的关键生长因子组合是相似的。然而，对具有物种特异性和经工程改造的生长因子的渴求可能增加行业所需的生长因子数量。即便如此，确定关键生长因子以满足行业需求对供应商来说至关重要，同时也为以较低价格实现集中采购提供了机遇。此外，供应商可能还得基于向细胞培养肉行业销售生长因子的预期或实际可得毛利调整业务计划。

集中采购机遇

制造商和供应商之间的一大共通点是都渴望对培养基和生长因子进行集中采购。比如，92% 的供应商表示有兴趣为生长因子提供量大从优服务 (n = 14)。82% 的供应商表示有兴趣为细胞培养基提供量大从优服务 (n = 11)。100% 的供应商都表示有兴趣与制造商达成协议共同制造生长因子 (n = 15)。

69% 的制造商表示也对集中采购生长因子有兴趣，另有 25% 的制造商则表示不确定 (n = 16)。制造商们最感兴趣的生长因子罗列如下。一些制造商对这些生长因子的物种特异性版本感兴趣。其他没有在此列出的生长因子可能对细胞培养奶制造比较重要。

- 胰岛素
- NRG1
- EGF
- TGFb1
- FGF
- IGF
- 转铁蛋白
- LIF
- 白蛋白 (基于 Vergeer, 2021 报告中的存货数据)

制造商和供应商一致认可集中采购可带来的效益。

集中解决多家细胞培养肉制造商对某种高价值且高成本成分的需求可解锁更低价格并提升生长因子的供应链效率。本调查中的数据表明，制造商和供应商都对集中采购协议有兴趣，双方都有意向的生长因子候选项也已在上文列出。据我们所知，目前的购买安排都是在单家制造商和单家供应商之间做出的。能代表众多买家购买生长因子的机构可惠及全行业。

如果您对集中采购有兴趣，请联系 BlueCell Syndicates (andy@blueedgecap.com) 了解更多详情。

参考文献

1. Kuo, Hui-Hsuan, Xiaozhi Gao, Jean-Marc Dekeyser, K. Ashley Fetterman, Emily A. Pinheiro, Carly J. Weddle, Hananeh Fonoudi, et al. 2020. “Negligible-Cost and Weekend-Free Chemically Defined Human iPSC Culture.” *Stem Cell Reports* 14 (2): 256-70.
2. Lyra-Leite, Davi Marco, Hananeh Fououdi, Mennat Gharib, and Paul W. Burridge. 2021. “An Updated Protocol for the Cost-Effective and Weeken- Free Culture of Human Induced Pluripotent Stem Cells.” *STAR Protocols* 2 (1): 100213.
3. Sinke, P., Vergeer, R., Odegard, I. 2021. “LCA of Cultivated Meat: Future Projections Different Scenarios.” CE Delft.
4. Sprecht, Liz. 2018. “An Analysis of Culture Medium Costs and Production Volumes foe Cell-Based Meat.” The Good Food Institute.
<https://www.gif.org/files/sci-tech/clean-meat-production-volume-and-medium-cost.pdf>.
5. Vergeer. R., Sinke, P., Odegard, I. 2021. “TEA of Cultivated Meat: Future Projections for Different Scenarios.” CE Delft.

作者及合作伙伴

The Good Food Institute 与 TurtleTree Scientific 携手合作，共同进行了本次行业调查与分析。

Authors

Elliot Swartz, Ph.D.*

Lead Scientist,
Cultivated Meat
The Good Food Institute

*Corresponding author

Jess Nguyen

Business Manager
TurtleTree Scientific

Timothy Neo

MSAT Manager
TurtleTree Scientific

Fionna Lee

Chief People Officer
TurtleTree Scientific

Partners



The Good Food Institute (GFI) is a 501(c)(3) nonprofit working internationally to make plant-based and cultivated meat delicious, affordable, and accessible. GFI advances open-access research, mobilizes resources and talent, and empowers partners across the food system to create a sustainable, secure, and just protein supply.



TurtleTree Scientific was founded out of a desire to solve the challenges of cellular agriculture. We're producing food grade growth factors and cell culture media to design the necessary foundations for the industry to thrive. TurtleTreeScientific is started by TurtleTree and is led by an experienced team of industry professionals.

本报告原文为英文，如需查看原文报告，请点击 [GFI 官网](#) 免费下载。

翻译 谷孚 GFIC、THE GOOD FOOD INSTITUTE ASIA PACIFIC

谷孚 GFIC 为简体中文版唯一授权发行方，于 2022 年 11 月 17 日发行此报告。

谷孚 GFIC 是一个致力于新蛋白（替代蛋白）的咨询机构，通过建立科技、数据、服务和资源整合平台，促进新蛋白相关产业在国内的发展。

作为 The Good Food Institute (GFI) 全球智库网络战略合作伙伴成员，我们汇集全球新蛋白行业在学术研究、投资管理和法律监管方面的权威专家和机构，开展全产业链深度合作，共同构建更加高效、安全、可持续的新蛋白发展体系。

网站 GFICONSULTANCY.COM
邮箱 INFO@GFICONSULTANCY.COM

GFI-APAC.ORG

THE GOOD FOOD INSTITUTE ASIA PACIFIC
是总部位于新加坡的亚洲领先新蛋白智库



About GFI

The Good Food Institute (GFI) is a 501(c)(3) nonprofit working internationally to make alternative proteins like plant-based and cultivated meat delicious, affordable, and accessible. GFI advances open-access research, mobilizes resources and talent, and empowers partners across the food system to create a sustainable, secure, and just protein supply.



GFI.ORG
POWERED BY DONORS.
GFI IS A NONPROFIT 501(C)(3) ORGANIZATION.