

植物肉制造概览

植物肉制造中的挤压技术

2019.11.27



摘要

随着人们对更优质植物肉新产品的需求不断增加，各种研发应运而生，为食品产品开发者和制造企业提供了无限机遇。本文档是一份概览，旨在为大家介绍利用这些大好机遇所需的各项技术。幸运的是，多种已得到充分理解且紧密相关的食品加工工艺为原材料处理及整体加工体系提供了模板，可作为我们的起点。挤压就是此类模板技术中的一例；它不仅广泛应用于谷类食物、膨化零食、谷物棒和意大利面的生产，也是制造植物肉的主要平台。

本报告为如何运用挤压技术制造植物肉提供了总体概述。通过两类主要产品的工艺流程图：(1) 重组和 (2) 全肌肉植物肉产品，本文提供了一种实用模型。虽然本文探讨的技术范畴仅限于挤压，但挤压并不是制造高质量植物肉产品的唯一方法。

配方中没有现成方法可直接创造新产品。因尚处在研发阶段，植物肉的制造既是创造、借鉴的过程，也是从既有的食品（包括动物性食品）价值链中重新利用新知识、配料、设备及分配方式的过程。希望本文能成为系统化标准流程的路线图，为规模化生产提供深思远见，并借助各目录（见附录）方便大家快速定位产品研发各阶段所需的技术解决方案。再者，希望这份概述能帮助未来生产商评估在自家场所中制造植物肉的可行性。

目录

摘要	2
背景介绍	4
什么是植物肉?	4
什么是替代蛋白?	4
什么是挤压技术?	5
工艺流程图	5
全肌肉产品	5
步骤 1-7	5
工艺流程图	7
重组肉产品	8
步骤 1-9	8
工艺流程图	9
附录	10
术语表	10
进修目录 (课程)	11
进修目录 (教材)	11
参考文献	12
作者简介	12
致谢	12

背景介绍

什么是植物肉？

植物肉在感官特性上近似动物肉产品，由单独一种或结合几种替代蛋白原料制成。本文仅讨论涉及挤压技术的植物肉制造和其在未来可能形成的工艺体系。



图1. 替代蛋白产品谱系 | 替代蛋白源产品构成的成品谱系包括 (1) 天然植物 (及微生物，如菌类) (2) 经均质化、挤压及发酵处理的产品 (如豆腐、天贝、素肉) (3) 碎蔬菜基汉堡和 (4) 植物肉。

什么是替代蛋白？

替代蛋白是较为笼统的说法，可理解为非动物源原料。然而严格来说，并非所有非动物源即是植物，它们也并非都由蛋白质组成。实际上，这些原料来源广泛且以多种形式存在，包括从完整产品到脂肪、糊状、粉状、浓缩物和分离物等天然、干、湿形态。

考虑到生产、基础设施和成本，原料的新来源 (不限于蛋白质) 可有三大类：(1) 植物，(2) 微生物细胞，包括用于生产重组蛋白的寄主细胞，和 (3) 动物细胞培养。植物肉配方中排除了动物细胞，因此只含有一种或几种植物、微生物细胞和重组蛋白。如需了解更多植物基配方中的新型原料，请阅读我们的文章 [《Formulating with Animal-Free Ingredients》](#)。



图2. 替代蛋白的分类 | 替代蛋白产品含有一种或几种新型蛋白质。从生产、成本和基础设施角度考虑，新型蛋白质可分为三大类，但若用于植物肉，新型蛋白质可能只含有一种蛋白质或几种蛋白质混合物，均来自植物、菌类和包括重组蛋白在内的微生物细胞培养。动物细胞培养不用于植物肉产品。

什么是挤压技术？

挤压技术可将天然原料生物高聚物 (投料) 转变为连续的半固体 (产出物)。为了实现这一转变，圆桶状外壳内的螺杆装置输送物料 (干燥原料、水和/或油的混合物) 通过口模 (小孔)。物料前移时会经历一系列参数变化，包括热度、机械能、压力和湿度。

连续的液态物根据特定参数通过挤压机，从口模处输出，然后按不同长度切割。经挤压处理后，产出物呈湿润的半固态。产出的湿植物拉丝蛋白将经腌渍、涂层和/或冷却等步骤进一步加工处理。如欲获取干植物拉丝蛋白，可直接将产出物从挤压机转移至输送机，继而送入烘干机 (Guy 2003)。

工艺流程图

全肌肉产品

全肌肉植物肉和整块的天然动物肌肉相类似，可呈现类似横纹肌的纤维结构。有志于复刻全肌肉产品 (比如鸡胸肉、猪排或牛排) 感官特质的研发者可选择或干或湿的植物拉丝蛋白。这一选择取决于各种因素，包括基础设施承载力、成品价格点及消费者所需的准备程度等。比如，对追求低成本食品解决方案且有能力为客户准备产品的餐饮服务环境而言，干植物拉丝蛋白可能是更为理想的选择。类似地，如果合作生产商因生产系列产品中的其他干燥产品 (比如谷类食物和膨化零食) 之需已配备有可进行低水分挤压处理的基础设备，他们可能也会选择干植物拉丝蛋白。

步骤 1: 植物拉丝蛋白

可获取的植物拉丝蛋白有两种形态:

形态 1: 干植物拉丝蛋白。多使用低水分双螺杆挤压技术加工获取。干植物拉丝蛋白由预先混合过的干燥原料和水组成，一般来说挤压过程中不含脂肪。挤压处理后送入烘干机干燥，包装后作为成品原料出售。

形态 2: 湿植物拉丝蛋白。多使用高水分双螺杆挤压技术加工获取。湿植物拉丝蛋白和干植物拉丝蛋白的不同之处在于挤压过程中的加水量，挤压处理后有无烘干步骤以及挤压时除干燥原料和水之外是否加入脂肪。

步骤 2: 水合/腌渍

形态 1: 如获取的是干植物拉丝蛋白，其混合了包括热水、液体培养基和/或脂肪在内的一种或多种原料。水合后，可对干植物拉丝蛋白进行腌渍。腌泡汁中通常含有脂肪、风味调料及功能添加剂。这些添加物具有多种功效，如提升风味、便于脂肪吸收和沉积、易于加工等。

“功能添加剂”指的是能赋予产品特定功能特性 (而非营养价值) 的配料。腌渍中所使用的功能添加剂有乳化剂，可避免水油过于分散，在加工过程中保持水油均匀。功能添加剂通常只以小剂量使用，不会对产品的营养含量产生重大影响。

形态 2: 如获取的是湿植物拉丝蛋白，可能其基质中已含有脂肪。然而，如需更多脂肪、额外的调味系统或特定的功能特性，可将湿植物拉丝蛋白进行腌渍以吸取额外成分。

步骤 3：涂层

不管产品是何种形态(干或湿植物拉丝蛋白)，都可对其进行涂层处理以添加额外的风味和质地。涂层包含多个步骤，需加入粘合成分及期望的外部涂料，如香料、面粉和面包糠。

步骤 4：烹煮

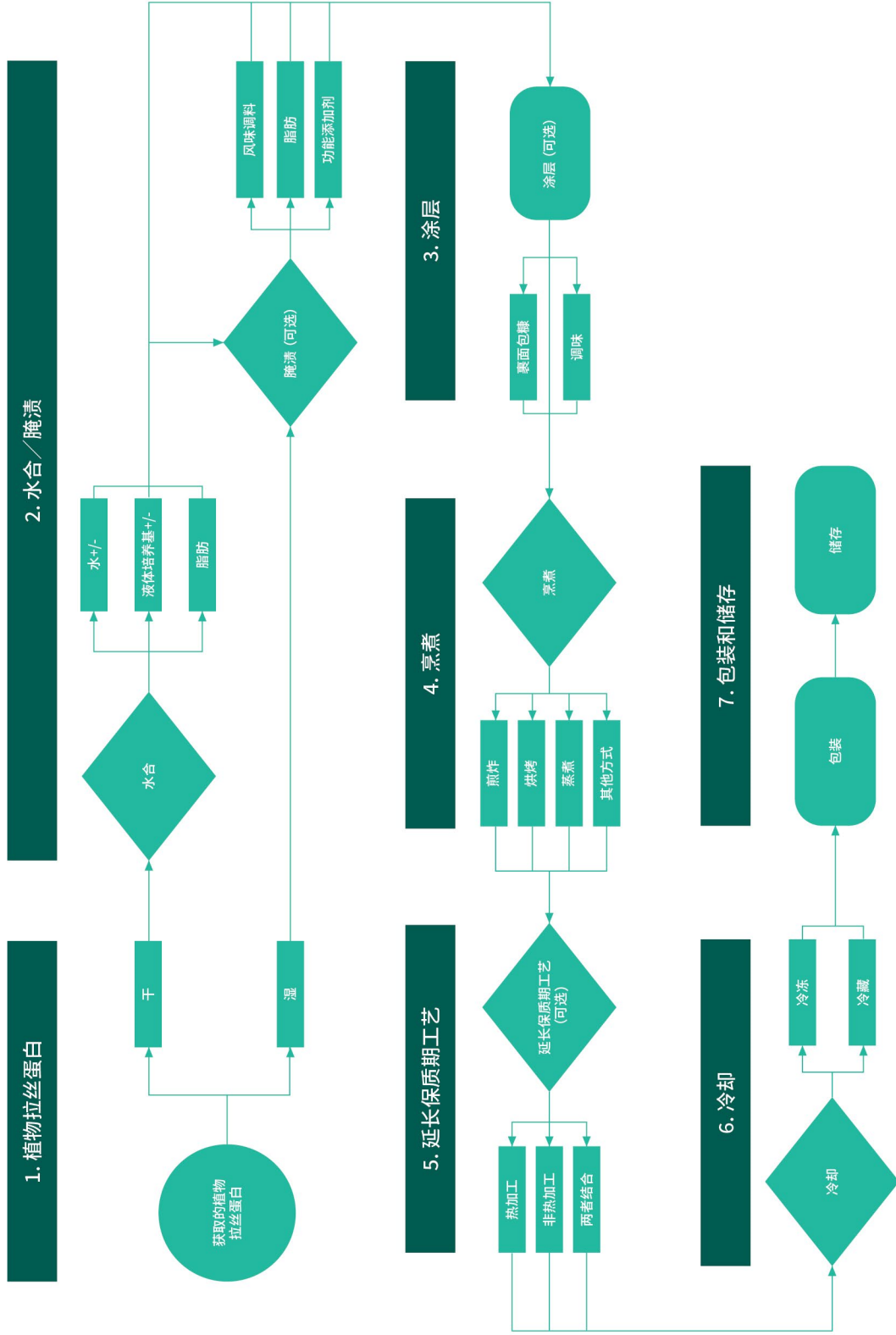
腌渍或涂层之后，需对加热即食型产品(仅需最低限度的消费者准备)进行烹煮。烹煮时使用各种热加工工艺，如煎炸、烘烤、煮沸和/或蒸煮。

步骤 5：延长保质期工艺

在腌渍、涂层或烹煮各步骤之后，可采用延长保质期工艺以延长产品保质期。延长保质期工艺包括热加工、非热加工，或将两者结合使用(如巴氏灭菌、高压灭菌、紫外杀菌及添加抗菌剂)。

步骤 6 - 7：冷却、包装和储存

在烹煮或杀菌处理之后，可将产品冷却。冷却包括冷藏、冷冻或将两者结合。通过降低温度抑制微生物繁殖可延长保质期并减少食源性疾病风险。制造商们可依据如保质期要求、消费者使用和零售时的摆放环境等多种因素决定对产品进行冷藏还是冷冻，以及冷却和包装的先后顺序。



重组肉产品

重组植物肉产品类似磨碎、切碎后黏合的动物肉产品。通常可制成肉饼、肉丸、肉块和香肠串，所涉及工艺有包肠衣、涂层和/或裹面包糠。

以下步骤 1-9 如图 4 所示，见第 11 页“重组肉产品工艺流程图”。

步骤 1：水合植物拉丝蛋白

获取的干植物拉丝蛋白通常已预先经低水分双螺杆挤压技术处理。植物拉丝蛋白已和热水、液体培养基和/或脂肪混合。

注意：虽然植物拉丝蛋白可作为成品原料从生产商或供应商处直接获取，但也可以自行生产。如您有兴趣了解如何自制植物拉丝蛋白，可参考附录中提供的其他资源，如进修目录和中试场所名录。

步骤 2—3：原料添加和混合

将水合处理过的植物拉丝蛋白与其他原料混合并制成团状。拉丝蛋白团由一定比例的常量营养素（蛋白质、脂肪和碳水化合物），微量营养素（维他命、矿物质），风味调料（香料、浓缩添加剂）和取自植物、菌类和/或微生物细胞培养的功能添加剂（以实现最佳纹理、保持黏稠度及延长保质期）制成。

步骤 4：定型

将拉丝蛋白团做成各种形状，如饼状、丸状、块状和香肠串状。

步骤 5：涂层

定型之后，不管是作为半成品的生鲜产品，还是加热即食型熟食产品（仅需最低程度的消费者准备）都可在调味、裹面包糠和/或包肠衣之后添加涂层。

步骤 6：烹煮

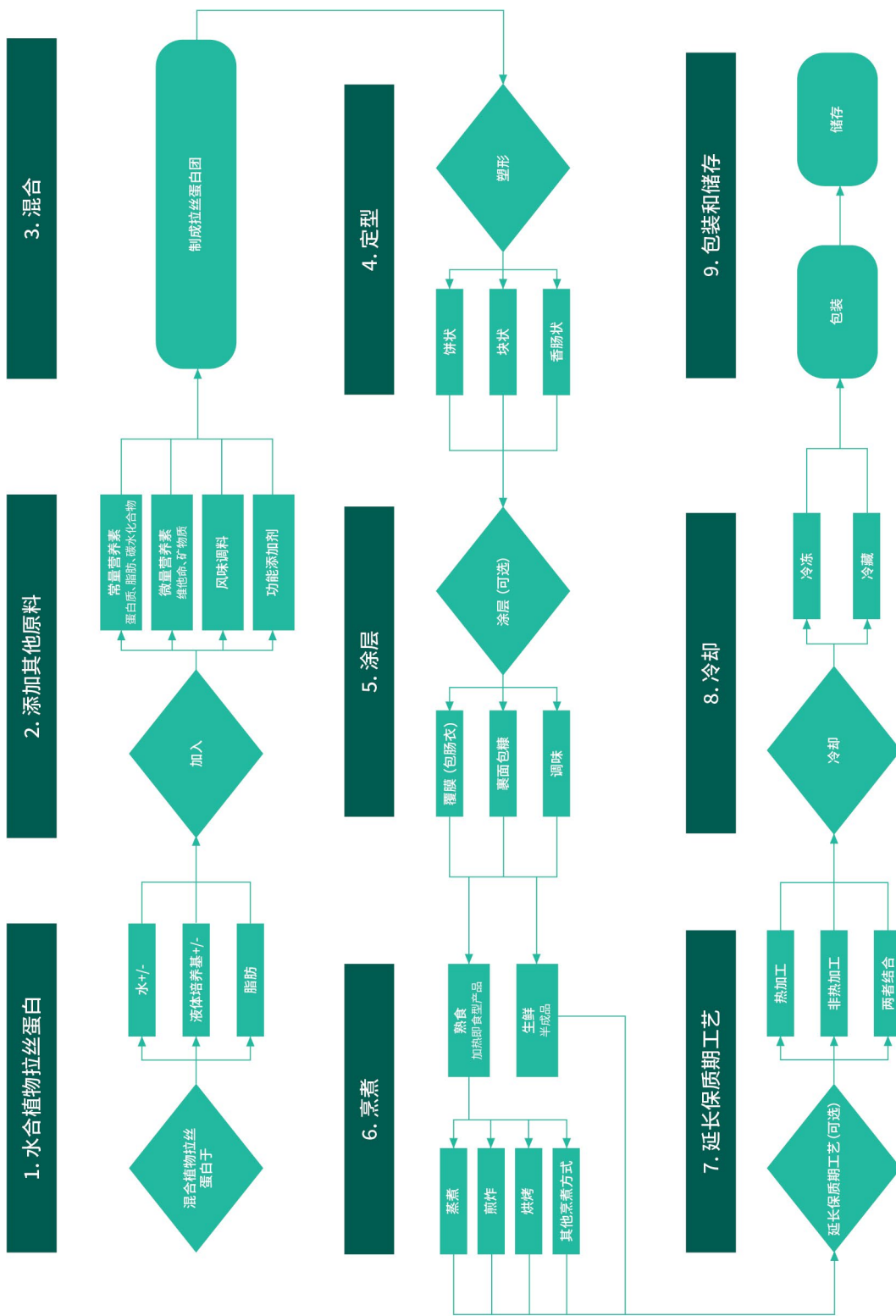
定型或涂层之后，需对加热即食型产品（仅需最低程度的消费者准备）进行烹煮。烹煮时使用各种热加工工艺，如煎炸、烘烤、煮沸和/或蒸煮。

步骤 7：延长保质期工艺

定型、涂层或烹煮各步骤之后，可采用延长保质期工艺以延长产品保质期。延长保质期工艺包括热加工、非热加工，或将两者结合（如巴氏灭菌、高压灭菌、紫外杀菌及添加抗菌剂）。

步骤 8—9：冷却、包装和储存

在烹煮或杀菌处理之后，可将产品冷却。冷却包括冷藏、冷冻或将两者结合。通过降低温度抑制微生物繁殖可延长保质期并减少食源性疾病风险。制造商们可依据如保质期要求、消费者使用和零售时的摆放环境等多种因素决定对产品进行冷藏还是冷冻，以及冷却和包装的先后顺序。自然冷却也并非不可行，但可能会引起生产线堵塞且有较高的食品安全风险。



附录

术语表

替代蛋白：一种或几种取自植物、微生物和动物细胞培养的蛋白质来源。

细胞培养肉：使用以多种方式培养出的动物细胞制成的肉，可包括重组蛋白和/或植物蛋白混合物。细胞培养肉包括了所有由细胞构成的动物组织，其细胞可取自红肉、禽肉、猪肉、海鲜和其他动物来源。有时亦称为“清洁肉”或“细胞基肉”。

延长保质期工艺 (ESLP)：消除某些引起食品产品过期的微生物(细菌、孢子、酶和其他)或使其失去活性的工艺。包括热加工、非热加工或可将两者结合使用以延长产品保质期(通常采用巴氏灭菌法)([V.M.Balasubramaniam et al. 2016](#))。

挤压：使用加热、剪切、高压和加湿等方式将天然原料生物高聚物(投料)转变为半固体状连续流体(产出物)的技术平台。多用于制造干湿植物拉丝蛋白作为植物肉产品的原料。挤压技术常用于各种食品的商业化生产，尤其是谷类食物、膨化零食和意大利面。

发酵：源自包括菌类、藻类和细菌等微生物细胞的蛋白质。与分馏或分离出的蛋白质来源不同，这些微生物细胞即构成产品本身且可自行繁殖。具体实例包括干燥处理过的、新鲜的、制成糊状或其他形态的完整藻类和菌类。

高水分双螺杆挤压：一种挤压方式，用于生产高水分产品，水分含量约占40%至70% ([Osen and Schweiggert-Weisz 2016](#))。

低水分双螺杆挤压：一种挤压方式，用于生产需在使用前进行复水的产品，水分含量低于35% ([Osen and Schweiggert-Weisz 2016](#))。

植物肉：在感官体验上与传统动物肉近似的产品，单独使用一种或结合几种替代蛋白原料制成。

植物蛋白：以植物为原料制成的蛋白质，这里的“植物”定义为真核生物域植物界。具体实例包括完整形态的谷类和豆类原料及其分馏物。

重组蛋白：使用快速繁殖的高效寄主微生物制造出的蛋白质，寄主微生物引入基因编码期望蛋白。具体实例包括 Impossible Food 的豆血红蛋白和凝乳酶，后者是常用于奶酪制造的素凝乳酶。这些蛋白质提取自宿主后提纯。

重组肉产品：此类产品类似磨碎、切碎后黏合的动物肉产品。通常被制成肉饼、肉丸、肉块和香肠串，可加包肠衣或涂层。

植物拉丝蛋白 (TVP)：以干燥原料、水和/或油脂为投料经挤压技术处理的湿态或干态产出物。植物拉丝蛋白可单独由一种或结合几种植物全粉及其浓缩物和分离物制成。

全肌肉产品：此类产品类似天然全肌肉动物肉产品，可呈现类似横纹肌的纤维结构。

进修目录 (课程)

您可使用此目录找寻进修机会。本表提供了与挤压技术有关的短期课程、讲习班、在线课程及可获取学分的大学课程。

为更好地使用本资源，请点击每列的下拉箭头筛选排列您所需的信息。因活动有时间期限，您可将“日期”按升序排列。

课程标题	组织方	近期活动日期	类型
Extrusion Workshops - Food	Buhler	2020年4月21—23日	讲习班
21st Annual Practical Short Course on Food Extrusion: Cereal, Pulses, Protein & Other Ingredients	Texas A&M Engineering Experiment Station	2020年时间待定	讲习班
Leistritz Extrusion Academy BASIC	Leistritz	2020年时间待定	讲习班

如您想浏览完整版获取更多进修机会，请点击此处。

进修目录 (教材)

书名	作者	ISBN (精装本)
《食品挤压技术新进展》	Medeni Maskan and Aylin Altan	978-1138199125
《挤压机在食品中的应用》	Mian N. Riaz	978-1566767789
《挤压难题解答：食品，宠物食品和饲料》	Main Ruiz and Galen J Rokey	978-1845696641
《挤压加工工艺：食品和非食品生物材料》	Jean-Marie Bouvier and Osvaldo H. Campenella	978-1444338119

参考文献

- Balasubramaniam, V. M., Yousef, A. E., Wan, J., & Husain, A. (2016, December). Kinder, Gentler Food Processing. *Food Technology*, 70(12), 20–28. Retrieved from < <https://bit.ly/2K1QE4P>>.
- Guy, R. C. E., & . (2003). Extrusion Cooking. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (2nd ed., pp. 2222–2227). Elsevier Science Ltd. doi: 10.1016/B0-12-227055-X/00434-X
- Osen, R., & Schweiggert-Weisz, U. (2016). High-moisture extrusion: meat analogues. In *Reference Module in Food Science* (pp. 1–6). Elsevier Inc. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.03099-7

作者简介

MJ Kinney

食品科学家, The Good Food Institute

[✉mkinney@gfi.org](mailto:mkinney@gfi.org) [in MJ Kinney at LinkedIn](#)

MJ 与植物肉蛋奶产品创新研发领域的顶尖食品生产商和制造商共事。MJ 擅长识别替代蛋白产品研发领域的各种问题, 并能积极找寻加速研发及保持生产可持续性的解决方案。MJ 持有佛罗里达大学食品科学和人类营养学专业理学学位。加入 GFI 之前, 他已在 B2B 和 B2C 行业背景下积累多年研发、技术销售和项目管理方面的工作经验。

Zak Weston

餐饮服务分析师, The Good Food Institute

[✉zakw@gfi.org](mailto:zakw@gfi.org) [in Zak Weston at LinkedIn](#)

Zak 为杰出的餐饮服务经营商和餐饮连锁机构提供建议, 帮助其提升植物基产品的质量并扩大生产, 以满足人们对植物基食品不断增长的消费需求。Zak 也参与了有关解除供应链及生产限制因素的项目, 包括对合作生产商的外展服务。Zak 是 Effective Altruism 社区的活跃成员, 持有 Cedarville University 工商管理专业学士学位, 在有过几年销售行业及初创企业工作经验后加入 GFI。

JD Bauman

企业对接实习生, The Good Food Institute

[✉Jbauman@hillsdale.edu](mailto:Jbauman@hillsdale.edu) [in JD Bauman at LinkedIn](#)

JD 参与了 GFI 在解除供应链及生产限制因素方面的项目, 包括考察植物肉生产场所和对合作生产商的外展服务。JD 在就读 Hillsdale College 完成其数学学业期间加入 GFI。

致谢

The Good Food Institute is a 501(c)(3) nonprofit organization. We are powered by philanthropy, relying on gifts and grants from our family of supporters to fulfill our mission.

本报告原文为英文，如需点击查看原文中的超链接，请自行参考[原文报告](#)。

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 2021 年 3 月发行此报告。

谷孚 GFIC

谷孚专注于推进中国的可持续替代蛋白产业，建立提供国内外的科技和产业资源的平台，并通过与学术机构和科学家、成熟企业、初创企业和投资者合作，支持植物肉类、植物蛋白类新型食品和细胞农业的创新，以及促进如生物发酵等相关技术在替代蛋白领域的应用。

网站 GFICONSULTANCY.COM

电邮 INFO@GFICONSULTANCY.COM

GFI-APAC.ORG

GFI-APAC 是在香港注册成立的非营利性公司。



GFI.ORG

POWERED BY PHILANTHROPY.

GFI IS A NONPROFIT 501(C)(3) ORGANIZATION.

The Good Food Institute ©2020

