

2023

THE ORIGINAL

OATLY!
噢麦力

中国燕麦奶 行业白皮书

WHITE PAPER OF CHINA OAT MILK INDUSTRY

新植物奶2.0时代 全面开启



指导单位

国家食物与营养咨询委员会，中国绿色食品协会

主编单位

农业农村部食物与营养发展研究所，中国绿色食品协会绿色农业与食物营养专业委员会

参编单位

国家燕麦荞麦产业技术研发中心，中国农业科学院作物科学研究所，中国农业大学
陕西师范大学，北京工商大学，中国轻工企业投资发展协会，世界中餐业联合会咖啡茶饮产业分会
中国疾病预防控制中心营养与健康所，中国科学院地理科学与资源研究所，山西大学

更多免费行业报告

并购家

www.ipoiipo.cn

编著人员

主 编：刘 锐（农业农村部食物与营养发展研究所）

张 春（欧力（上海）饮料有限公司）

副主编：胡新中（陕西师范大学）

许朵霞（北京工商大学）

秦培友（中国农业科学院作物科学研究所）

仇 菊（中国农业大学）

卢 曼（中国绿色食品协会绿色农业与食物营养专业委员会）

委 员：黄家章（农业农村部食物与营养发展研究所）

刘 旭（中国轻工企业投资发展协会）

刘晓洁（中国科学院地理科学与资源研究所）

任贵兴（山西大学）

任 田（陕西师范大学）

刘爱玲（中国疾病预防控制中心营养与健康所）

刘 洋（世界中餐业联合会咖啡茶饮产业分会）

林春燕（欧力（上海）饮料有限公司）

序 言

中国人饮用植物浆液的历史极为悠久，从十四世纪开始中国人就开始磨豆浆、制作豆腐等，豆腐、豆浆是古代中华民族饮食结构中极具特色食物之一。二十世纪初，植物奶作为高附加值的产业逐步兴起。我国植物蛋白饮料市场，从上世纪七十年代杏仁露的推出为起点，主要有维他、露露、银鹭等品牌为代表的大豆、杏仁、花生等植物奶品类，我们称之为植物奶 1.0 时代，属于植物蛋白风味饮料。2018 年之后，随着新兴植物奶品类引进中国，燕麦奶等品牌依靠强有力的营销推广，一种健康时尚的咖啡伴侣和不同于动物奶的新型饮品快速扩展，在功能性、场景消费以及价值主张等方面均有了全新的阐释。在此背景下，植物奶 2.0 时代正式开启，一方面提高整个品类的市场渗透率，在下游逐渐培养消费者的高频日常消费习惯，另一方面在上游推动燕麦等原材料作为高附加值农产品扩大种植面积和溢价空间，推动植物奶产业链更加完善。近五年，社会各界持续关注植物奶产业扩增，如燕麦奶第一股的诞生等，都是植物奶迅速发展的佐证。如何用有限的资源更健康地养活更多的人口一直是我国乃至全球食品安全战略的重要目标，也是社会各界关注的热点焦点。植物奶对于丰富膳食结构、节约耕地资源、保障粮食安全和提高水土资源利用效率等方面有着社会公认的特殊作用。

2021 年首部《中国燕麦奶行业白皮书》问世，以燕麦奶为代表的植物奶 2.0 时代得到高度关注，但业界主要探讨的问题仍局限于定义、

原料、国外市场追踪、国内如何模仿和超越等探索性话题上。又经过两年高速发展，以燕麦奶为代表的植物奶，逐渐成为独立品类，不再仅仅以乳制品或饮品的替代而存在；植物奶行业规模更为庞大，中坚品牌日趋成熟，专业化技术化程度明显提高，在中国市场的细分品类、流通渠道、调制和食用方式创新、消费者教育程度上都有了跨越发展。

《2023 年中国燕麦奶行业白皮书》的推出恰逢其时，白皮书不仅对整个行业发展和产品创新进行系统总结，还对市售燕麦奶产品的营养成分做了检测评价，并重点探讨了如何推动行业标准建设和可持续发展，从全产业链角度系统审视了植物奶行业对上下游的影响。相信这部由多家权威机构联合编纂的白皮书，可以进一步提高社会各界对燕麦奶行业的关注，推动植物奶品类健康可持续发展。

国家食物与营养咨询委员会副秘书长

中国绿色食品协会绿色农业与食物营养专业委员会主任

癸卯年四月于北京



2023中国燕麦奶行业白皮书

序言	02
01 燕麦奶(乳)行业发展与市场消费	04
1. 产品理念与标准	04
2. 国际行业发展情况	09
3. 国内行业发展情况	14
02 产品与技术创新	18
1. 产品创新与发展趋势	18
2. 加工技术与创新	22
03 燕麦奶(乳)营养与健康	28
1. 燕麦的营养价值和健康功能	28
2. 燕麦奶(乳)营养价值	33
3. 牛奶、大豆奶和燕麦奶(乳)营养价值对比	37
04 燕麦奶(乳)与食育实践	40
1. 燕麦奶(乳)与食育	40
2. 燕麦奶(乳)的健康实践	43
3. 燕麦奶(乳)食育普及的规划及目标	46
05 燕麦奶(乳)对上下游产业的影响	48
1. 对燕麦育种和生产的影响	49
2. 对生态环境的影响	62
3. 对乡村振兴的影响	63
4. 对消费者饮食的影响	63
06 燕麦奶(乳)与可持续发展	68
1. 燕麦奶(乳)碳足迹评估	68
2. 燕麦奶(乳)与绿色低碳	71
后记	78

第一章 燕麦奶（乳）行业发展与市场消费

1. 产品理念与标准



(图片来源：OATLY, 2020)

1.1 产品理念与发展

燕麦奶（乳）是以燕麦和（或）燕麦制品为原料，添加或不添加营养强化剂、食品添加剂和其他食品辅料，经酶解、均质等加工、调配制成的植物蛋白饮料。燕麦奶作为近年来植物基乳饮品中发展较快的一个品类，具有与乳制品相似的外观和质感，可直接饮用或者调配咖啡、茶饮等，日益受到消费者的喜爱。

相较其他温带谷物，燕麦被栽培驯化地较晚，燕麦奶同样相较其他植物基饮品起步较晚（Welch, 1995）。燕麦奶起源于1989年瑞典隆德大学Rickard Öste博士的实验室。为解决人群在饮用牛奶时出现的乳糖不耐受问题，Rickard Öste博士在几十种谷物中（包括豆类、谷物、坚果）中选定了营养均衡、口味平和的燕麦来制作植物乳饮品（新商业情报，2020）。Rickard Öste博士也是著

名瑞典燕麦奶品牌 OATLY 的创始人。早期燕麦奶由于在口感、包装及品类理念宣传上与其他植物基乳饮品整体差异性不大，1990-2012 年初燕麦奶整体市场表现一般。这个阶段的燕麦奶消费人群主要为消化不良及乳糖不耐受群体（新商业情报，2020）。

2013 年品类头部企业转变营销策略，以健康生活方式为理念进行创新，燕麦奶与健康、环保、可持续发展等理念联系，推动了燕麦奶品类的快速增长。（1）乳糖不耐受。燕麦奶品类的发展与全球乳糖不耐受人群数量密切相关。美国国立卫生研究院（NIH）的研究报告显示，约 3000-5000 万的美国居民伴有乳糖不耐受症状。居民乳糖不耐受人群比例因人群不同各异，如美国亚裔的乳糖不耐受比例高达 90%，美国印第安人乳糖不耐受比例达 80%，同时美国非洲裔（65%-70%）、美国犹太裔（70%）和西班牙、葡萄牙裔（65%）的乳糖不耐受也有着较高比例（HHS，2006）。乳糖不耐受人群无法正常消化牛奶中的乳糖，伴随消化不良、腹胀等症状，而燕麦奶不含乳糖，对肠胃敏感人群相对友好，为该人群提供了一种饮用选择。（2）营养健康。与其他谷物类的植物乳饮品相比，燕麦奶营养丰富，膳食纤维和不饱和脂肪酸

含量比较高，含有水溶性膳食纤维 β -葡聚糖，同时燕麦奶还有丰富的维生素 B1、B2、E、烟酸等，可以满足消费者对健康饮食的需求。（3）可持续发展。与传统牛奶的生产相比，燕麦奶的生产过程对环境的影响较小，在水资源消耗、碳排放、土地使用、能源使用等方面均有环保优势。随着消费人群对产品原材料、生产过程对环境的影响问题的关注，燕麦奶作为一种更具可持续发展属性的产品越来越多地受到消费者的喜爱。（4）一种生活方式。营养、健康、可持续发展等品牌概念，通过品牌和消费者一起践行，逐渐形成一种生活方式。这一阶段的燕麦奶品牌理念，与精品咖啡馆的理念倡导相契合，加上燕麦奶在咖啡调制过程中表现出良好属性：起泡性好、热稳定性高、质地厚实、味道平和，同时衬托咖啡的香味，燕麦奶迅速成为精品咖啡厅菜单上的明星产品，受到更多消费者的喜爱（腾讯，2023）。

媒体平台数据调研显示，燕麦奶现阶段与咖啡、奶茶等仍是强关联，同时其在早餐、下午茶、网红探店等新消费场景逐渐出现。本土燕麦奶品牌在尝试与咖啡搭配的同时，也进行多渠道拓展，以满

[illegible]

1.2 燕麦奶标准法规

相较 2020 年燕麦奶定义引争议、标准缺失的困境，燕麦奶品类近年来相继制定相关标准，产业发展日趋标准化和规范化。从定义上看，燕麦奶大多落在植物蛋白饮料上。目前中国现行植物蛋白饮料标准现行有效的有《GB/T 30885-2014 植物蛋白饮料 豆奶和豆奶饮料》《GB/T 31325-2014 植物蛋白饮料 核桃露(乳)》《GB/T 31324-2014 植物蛋白饮料 杏仁露》《QB/T 2301-1997 植物蛋白饮料 核桃乳》《QB/T

目前，市场上燕麦奶的生产执行标准基本采用《GB 7101-2015 食品安全国家标准 饮料》或轻工行业标准《QB/T 4221-2011 谷物类饮料》，如植物标签燕麦奶、六养燕麦奶执行标准 GB 7101，oat oat 燕麦饮、每日盒子燕麦奶执行标准 QB/T 4221。

《GB 7101-2015 食品安全国家标准 饮料》规定了饮品的定义为，经过定量包装的，供直接饮用或用水冲调饮用的，乙醇含量不超过质量分数为 0.5% 的制品。标准对饮品的感官要求（色泽、滋味、气味、状态）以及理化指标（锌、铜、铁总和、氰化物、脲酶试验）做出了要求（图 1-1）。

表 1 感官要求

项 目	要 求	检 验 方 法
色泽	具有该产品应有的色泽	液体饮料：取一定量混合均匀的被测样品置 50 mL 无色透明烧杯中，在自然光下观察色泽，鉴别气味，用温开水漱口，品尝滋味，检查其有无异物。浓缩饮料按产品标签标示的冲调比例稀释后进行检测。 固体饮料：取 5 g 左右的被测样品置于一洁净的白色瓷盘中，在自然光线下用肉眼观察其色泽和外观形态，按标签上所述的使用方法与透明的玻璃烧杯内冲溶稀释后，立即嗅其香气，辨其滋味，静置 2 min 后，看烧杯底部有无异物
滋味、气味	无异味，无异臭	
状态	无正常视力可见外来异物，液体饮料状态均匀，固体饮料无结块	

表 2 理化指标

项 目	指 标	检 验 方 法
锌、铜、铁总和 ^a /(mg/L)	≤ 20	GB 5009.13 或 GB 5009.14 或 GB/T 5009.90
氰化物(以 HCN 计) ^b /(mg/L)	≤ 0.05	GB/T 5009.48
脲酶试验 ^c	阴性	植物蛋白饮料按 GB/T 5009.183 检验
注：固体饮料、浓缩饮料按产品标签标示的冲调比例稀释后应符合本标准要求。		
^a 仅适用于金属罐装果蔬汁饮料。 ^b 仅适用于以杏仁为原料的饮料。 ^c 仅适用于以大豆为原料的饮料。		

图 1-1 《GB 7101-2015 食品安全国家标准 饮料》中产品感官要求和理化指标要求

轻工行业标准《QB/T 4221-2011 谷物类饮料》中，规定了谷物类饮料的定义为，以谷物为主要原料，经加工调配制成的饮料，可添加果蔬汁、植物提取物等食物辅料。（谷物指一种或几种麦类、粗粮、豆类、薯类和稻谷类等；加工不包括

萃取加工工艺）。标准还将谷物类饮料根据产品特性分为谷物浓浆和谷物饮料，并对谷物类饮料的感官要求（色泽、滋味和气味、状态和杂质）和理化指标（总固形物、总膳食纤维）做出了规定（图 1-2）。

表 1 感官要求

项 目	谷物浓浆	谷物饮料
色泽	具有产品应有的色泽	
滋味和气味	具有其产品应有的口味和香气：如添加果蔬汁、植物提取物等食品辅料的产品，具有所添加物相符的口味和香气	
状态 *	允许有少量析水、沉淀、分层或弱凝胶现象	允许有少量析水、分层或沉淀现象
杂质	无正常视力可见外来杂质	
*含颗粒状食品辅料的产品不作要求。		

表 2 理化要求

项 目	谷物浓浆	谷物饮料
总固形物*/(g/100g) ≥	10.0	6.0
总膳食纤维/(g/100g) ≥	0.3	0.1
*低糖和无糖产品，对总固形物不作要求。		

图 1-2 《QB/T 4221-2011 谷物类饮料》中产品感官要求和理化要求

在相关行业协会和企业的支持下，燕麦奶近年来也制定相关团体标准，现已发布的团体标准主要有上海市食品学会归口的团体标准《T/SSFS 0003-2021 植物蛋白饮料 燕麦奶》。标准《T/SSFS 0003-2021 植物蛋白饮料 燕麦奶》中将燕麦奶定义为以燕麦和(或)燕麦制品为

主要原料，添加或不添加食品营养强化剂、食品添加剂、其他食品辅料，经加工制成的植物蛋白饮料，也称燕麦露或燕麦奶。标准中将燕麦奶根据产品特性分为：原浆型、浓浆型、饮料型，并分别对包括蛋白质、总固形物、总膳食纤维和β-葡聚糖等理化指标做出要求(如图 1-3)。

表 2 理化指标

项 目	原浆型	浓浆型	饮料型	检验方法
蛋白质(g/100g) ≥	1.3	1.0	0.6	GB 5009.5
总固形物(g/100g) ≥	10.0	8.0	6.0	QB/T 4221-2011
总膳食纤维(g/100g) ≥	0.6	0.5	0.1	GB 5009.88
β-葡聚糖(g/100mL) ≥	0.3	0.2	-	NY/T 2006

图 1-3 《T/SSFS0003-2021 植物蛋白饮料 燕麦奶》中产品理化指标要求

另外，由农业农村部食物与营养发展研究所牵头制定、中国营养学会归口的《燕麦乳》团体标准和由中国农业科学院油料作物研究所牵头制定、中国绿色食品协会归口的《植物乳(奶)食用与营养品质评价方法》团体标准目前正在制定中，这些标准未来也将在规范燕麦奶生产和引导产品创新方面起到积极推动作用。

还有部分燕麦奶企业根据自身发展需要制定了企业标准，如谷之禅品牌在 2020 年备案的《Q/GZC 0004S 植物蛋白燕麦饮(乳)》、欧力食品饮料有限公司的《Q/OLSP 0001S 燕麦奶(植物蛋白饮料)》、安徽新希望白帝乳业在 2022 年发布的《Q/BDRY 燕麦奶(植物蛋白饮料)》等企业标准。

2. 国际行业发展情况

根据 Euromonitor 的数据，2022 年全球植物基乳饮品的市场规模为 406.8 亿元，较 2021 年同比增长 5.8%。豆奶、核桃奶、椰奶、杏仁奶、燕麦奶以及混合基植物乳等为主要品类，其中，豆奶(113.7 亿元)、核桃奶(109.8 亿元)、椰奶(106.2 亿元)以及杏仁奶(40.2 亿元)4 个品类约占植物基乳饮品市场销售额的 91%。

Euromonitor 数据显示，2022 年全球燕麦奶饮品零售市场规模为 9.6 亿

元，约占当年植物基乳饮品市场的 2.4%。从品类增长速度上看，燕麦奶的市场规模较 2021 年同比增长 50%，远超豆奶(3.4%)、核桃奶(5.4%)、椰奶(19.2%)、杏仁奶(12.3%)等其他植物基乳饮品(表 1-1)。

种类	2021 年 (亿元)	2022 年 (亿元)
植物基乳饮品	384.6	406.8
Soy milk 豆奶	110.0	113.7
Walnut milk 核桃奶	104.2	109.8
coconut milk 椰奶	89.1	106.2
Almond milk 杏仁奶	35.8	40.2
Oat milk 燕麦奶	6.4	9.6
Blended milk 混合基奶	13.7	15.3
Rice 米奶	0.0	0.0
Others 其他	25.4	11.8

表 1-1 2022 年全球植物基乳规模
(数据来源：Euromonitor，2023)

2.1 欧洲市场发展情况

从消费习惯上看，欧洲消费者饮用牛奶的传统习惯根深蒂固，同时对燕麦奶等新兴植物乳保持开放态度。70%的欧洲消费者认为牛奶是日常饮食的重要组成部分，英国、法国、德国、西班牙和丹麦等国家居民牛奶消费比例略有不同，但整体超过 60%，其中西班牙以 82%位列该地区牛奶消费黏性最高的国家之一，德国、法国分别为 74%和

71%，位居第二和第三（Cargill，2021）。欧洲有超过 50%的消费者表示日常有同时购买牛奶和植物乳产品，对新兴乳饮品持有友好态度（Dupont，2019）。

燕麦奶在欧洲多个植物基乳市场增速第一，发展形势乐观。豆奶和杏仁奶由于发展时间长，在欧洲市场占有份额优势，但近年来，燕麦奶在欧洲多个国家高速发展，跃居植物乳细分领域第一名，其中德国保持 3 位数的增长速度（105%），英国（98%）、丹麦

（26%）、意大利（23%）和西班牙（25%）均呈现高速增长（表 1-2）。

从销售渠道上看，食品杂货店成为欧洲燕麦奶品类的主要增长渠道。以丹麦为例，食品杂货店渠道在 2020 年售出价值 6900 万欧元燕麦奶产品，相比 2018 年的 2200 万欧元，增加 4700 万欧元，同比增长 214%。2018-2020 年间法国、意大利和西班牙的相同渠道同样呈现燕麦奶高速发展趋势，增速分别为 72%、51%和 119%（Smart protein，2020）。

表 1-2 2018-2020 年欧洲地区燕麦奶（乳）销售额情况

	2018 年		2019 年		2020 年	
	燕麦奶销售额（百万欧元）	植物乳市场占比（%）	燕麦奶销售额（百万欧元）	植物乳市场占比（%）	燕麦奶销售额（百万欧元）	植物乳市场占比（%）
丹麦	5.1	25.5	11	44.0	14	53.8
法国	15	9.3	17	9.8	21	11.2
德国	59	25.9	90	32.3	184	46.5
意大利	25	11.4	30	13.8	36	15.6
西班牙	91	33.8	100	35.5	125	39.3

（数据来源：Smart protein，2020）

表 1-3 2018-2020 年欧洲地区燕麦奶（乳）销售量情况

	2018		2019		2020	
	燕麦奶销售量（千吨）	植物乳市场占比（%）	燕麦奶销售量（千吨）	植物乳市场占比（%）	燕麦奶销售量（千吨）	植物乳市场占比（%）
丹麦	2.3	27.7	5.4	46.2	6.8	55.3
法国	7.7	9.5	8.7	10.0	11	11.5
德国	41	29.7	63	36.8	127	50.8
意大利	12	10.6	14	12.5	18	15.0
西班牙	68	31.9	76	35.0	96	39.0

（数据来源：Smart protein，2020）

丹麦燕麦奶市场总值达 1400 万欧元，销售额增长速度排名植物乳细分品类第一（表 1-2）。据统计，2020 年丹麦的植物乳市场总值达到 2600 万欧元，其中燕麦奶约占整体市场的 54%。同时，燕麦奶以 26% 的销售额增长速度排名第一，约占植物乳便利零售店渠道销售额的 50%。

法国燕麦奶销售额呈现上升趋势，但在 2020 年植物乳全品类中仅占 11.2% 的市场（表 1-2）。2020 年法国植物乳市场总值为 1.87 亿欧元，杏仁奶与豆奶为最受消费者欢迎的细分品类，分别达到 4100 万欧元和 2100 万欧元的市场，同时细分类别丰富，相继推出米奶、核桃奶、椰奶和燕麦奶等 20 多个细分类别产品。

2020 年德国燕麦奶销售额达 1.84 亿元，年增速高达 105%，受到行业广泛关注（表 1-2）。德国的植物乳市场总额为 3.96 亿欧元，其中燕麦奶以 1.84 亿欧元的销售额位居第一位，杏仁奶与豆奶分列第二和第三位，分别占有 8200 万欧元和 7400 万欧元的细分市场。

意大利燕麦奶年销售额达 3600 万欧元，年增长速度为 23%（表 1-2）。2020 年意大利的植物乳市场总值为 2.31 亿欧元，其中豆奶有 8700 万的销售额，位居植物乳品类第一位，米类植物乳有 4600 万欧元，杏仁奶 4400 万欧元，分别位居第二、第三位。

西班牙的燕麦奶年销售额达 1.25 亿欧元，约占国内整个植物乳市场的 39.3%（表 1-2）。2020 年西班牙的植物乳市

场为 3.18 亿欧元，燕麦奶以 1.25 亿欧元的销售额位居第一位，豆奶与杏仁奶分别占有 9100 万欧元和 5700 万欧元的细分市场。同时，燕麦奶以 25% 的年销售额增长速度成为增长最快的植物乳品类（Smart protein，2020）。

2.2 美国行业发展情况

根据尼尔森数据，2020 年美国的燕麦奶零售市场价值达到 2.67 亿美元，占植物乳总市场份额的 14%，超过了豆奶（9%），仅次于杏仁奶（65%），跃居美国植物乳细分品类第二名。同时，燕麦奶 2020-2021 年销售额增长速度超过

200%，超过其他植物乳品类 20% 的平均年增长速度（Nielsen IQ，2020）。

美国燕麦奶市场呈现相对拥挤、规模较小但增长快速的特点。燕麦奶市场整体正处于整合阶段，主要的燕麦奶品牌包括 Danone、Pacific Food、Elmhurst、Califia Farms、Thrive Market、OATLY、Happy Planet Foods、Rise Brewing 等（图 1-4，GlobeNewswire，2021）。近年来，越来越多的燕麦奶企业将产品拓展到燕麦酸奶与燕麦雪糕，为消费者提供各个季节多场景的消费选择。



图 1-4 美国燕麦奶主要品牌
（数据来源：GlobeNewswire，2021）

燕麦奶在美国市场实现了三位数高速增长，但相较传统牛奶消费，燕麦奶市

场体量仍较小，存在较大发展空间。以 2021 年美国市场零售数据为例，植物基

乳饮品的销售额占有所有液体奶市场的 15.5%，与传统牛奶的体量仍有较大差距（NielsenIQ，2021）。从消费人群占比上看，牛奶消费人群比例远超植物基乳品消费人群。2022 年美国市场的乳制品消费调研结果显示，只购买传统乳制品的消费者占比仍高达 71%，24%的消费者同时购买牛奶和植物基乳饮品，仅 5%的消费者只购买植物基乳品（Christina Adams，2023）。从消费体量和人群占比上，燕麦奶较传统牛奶小，存在较大发展空间。

燕麦奶品类在植物基细分品类中仍保持快速增长势头。2020-2021 年燕麦奶销售额增长速度超过 200%，超过其他植物乳品类 20%的平均年增长速度。预计 2023-2030 年间，燕麦奶的市场复合增长率将达到 13.9%。另外，在关注度方面，燕麦奶的搜索量仅 7 月份就上涨 15%（搜索频次当月超过 50000 次）。无糖燕麦奶、燕麦奶奶油、香草味燕麦奶以及 OATLY（燕麦奶品牌）等关键词的搜索量高达到每月 13000 次。

与牛奶相比，燕麦奶消费者的价格敏感度较低。2022 年的调查显示，当牛奶和植物基乳饮品同时涨价时，82%的消费者察觉到牛奶价格上涨，察觉到燕麦奶价格的上涨的人群比例为 65%，而 62%的消费者关注到其他植物基乳饮品

涨价。消费人群对于燕麦奶产品的价格变化存在相对较低敏感度（NielsenIQ，2021）。

口味偏好与营养健康推动乳饮品与植物基乳饮品消费。2022 年麦肯锡乳制品消费调查显示，口味、健康与营养价值是消费乳制品以及燕麦奶等植物基乳的主要原因。其中，因为口味偏好驱动占到传统乳制品消费的 70%，植物基乳的 36%，健康因素推动了 29%的乳制品消费和 42%的植物基乳品消费，营养价值取向，促进了 26%的乳制品购买和 25%的植物基乳消费。同时，在只饮用牛奶的人群中，有 57%是因为不喜欢其口味而选择不购买植物基乳品（Christina 等，2023）。

ESG 价值影响部分燕麦奶消费行为。13%-25%接受调查的人员表示，愿意为符合 ESG 理念的燕麦奶等植物基乳品支付更高的价格，多支付的价格比例约为 10%。调查中，植物基乳饮品消费者（25%）比传统乳饮品消费者（13%）更愿意为 ESG 理念产品支付更高价格（Christina 等，2023）。同时，成本控制、新品研发、奶制品与燕麦奶的营养故事等同样是美国燕麦奶企业未来 3-5 年应该重点关注的发展趋势。

2.3 亚太地区行业发展情况

从市场规模上看，亚太地区燕麦奶市场销售额约为 1.65 亿美元，2020-2026 年预计复合增长率达 14.7%(Kbv research , 2023)，为目前全球燕麦奶品类增长速度最快市场。

从销售渠道上看，餐饮服务渠道为主要渠道。亚太地区燕麦奶销售渠道主要包括线下食品杂货店、咖啡茶饮店以及 Shopee、Lazada 和亚马逊等电商平台。据 OATLY2023 年第一季度报告显示，公司一季度的销售量为 2000 万公升，同时在亚洲地区约 65%的收入来自餐饮渠道。

新加坡市场为亚太地区燕麦奶发展的重要市场。以新加坡为例，植物基乳饮品主要包括豆奶、杏仁奶和燕麦奶等。燕麦奶为近年来新兴植物基乳品类，通常单独饮用或与咖啡、奶茶进行调配饮用。新加坡市场燕麦奶品牌主要有 Outside、Alpro、OATLY、Minor Figures、All Good oat milk、Otis、Sanitarium、Pureharvest 等 (图 1-5)。



图 1-5 新加坡燕麦奶主要品牌

(图片来源：TWV，2022)

从营业收入上看，中国为亚太地区燕麦奶最主要销售市场。以 OATLY 为例，2023 年第一季度亚太地区营业收入达 3340 万美元，同比增长 16.4%，目前其亚洲地区大部分收入来自中国市场 (袁传玺，2023)。

3. 国内行业发展情况

3.1 国内燕麦奶行业概况

中国燕麦奶行业市场规模整体呈上升趋势，2021 年中国燕麦奶整体市场规模达到 42.3 亿元，同比增长率达到了 141.7%，较 2020 年 (153.6%) 增长速度有所下降，但仍保持三位数增长(艾媒，2022)，发展形势乐观。近年来，随着中国消费者对燕麦产品健康理念的认可、乳糖不耐受症状的关注、咖啡茶饮行业的发展以及植物基概念的兴起等，消费者对燕麦奶的需求将不断增加。

阿里平台数据显示，2023 年中国植物基饮料市场整体与去年同期持平，燕麦奶饮品月环比增速高于整体植物基饮品 (图 1-6)。2021-2023 年平台数据显示，2023 年中国整体植物基饮品销售额较去年同期整体持平，年同比增速为 2%，月环比增速 23%。由于部分疫情影响，2021 年、2022 年整体植物基饮品市

场年同比增速分别为-38%和 30% 整体市场表现较为波动。从 3 月份平台数据

上看 燕麦奶饮品的月环比增速为 26% , 高于整体植物基饮品的增速 (23%) 。



图 1-6 2021-2023 年阿里平台植物基饮品与燕麦奶销售额

(数据来源：阿里平台数据库，2021 年 1 月-2023 年 3 月，2023)

植物基饮品整体头部品牌格局稳定，燕麦奶头部销售量品牌稳中有升。据阿里平台数据显示，在连续 12 个月的前十头部品牌排名中，OATLY、菲诺、维他奶、椰树、豆本豆、六个核桃、椰子知道等植物基饮品头部品牌排名均没有变动，整体头部品牌格局稳定。燕麦奶品牌

OATLY 连续 12 个月的平台销售额为 15656141 元，市场份额占比整体不变 (18%)，3 月份市场份额较上月同期增长 3.4% (图 1-7)。据介绍，平台统计植物基品类包含燕麦基品牌、椰基品牌、豆基品牌、坚果基品牌以及混合植物基品牌。



图 1-7 OATLY 燕麦奶阿里平台销售额

(数据来源：阿里平台数据库，2021 年 1 月-2023 年 3 月，2023)

新植物基品类与品牌涌现，燕麦奶品类粘性受关注。国内市场燕麦奶品牌主要有 OATLY、伊利植选、OATOAT、欧扎克、每日盒子、阿华田、维他奶、六养燕麦奶、奥麦星球、蒙牛宜多麦、野生植物、小麦欧耶、颂优乳、谷物星球、一番麦等(艾媒金榜,2022)。仅2021年在淘宝天猫平台上有销售数据的品牌数量统计，燕麦奶企数量达到50家，较2020年同期数量增加152%(36氪,2021)。燕麦奶企同样面对日益增长的品牌竞争(阿里平台,2023)。另一方面，随着新植物基品类的不断出现，以椰基、混合植物基为代表的新兴植物基饮品热度上升，燕麦奶品牌的消费者黏性备受考验。

3.2 国内燕麦奶行业趋势洞察

产品持续创新，燕麦奶赋能新饮品消费。不少燕麦奶品牌在基础口味上进行创新，尝试提供消费者新颖的消费体验。在推出包括樱花、草莓、桂花等口味的咖啡新品同时，燕麦奶品牌也从口味、文化、季节等产品因素出发，推出了例如春日限定--山茶花燕麦拿铁等即饮产品。燕麦奶茶饮系列打开思路，利用燕麦+竹子，燕麦+水果的搭配，打造新的风味记忆点。例如百分茶联合 OATLY 打造的“竹生空野”、混果汁推出的落日美柿

(燕麦奶+柿子)、7分甜推出的青山白柚(燕麦奶+白柚香橙)、柠季推出的阳光芦荟清奶茶(燕麦奶+青提青柠芦荟)、茶话推出的燕麦莓莓和燕麦桃莓(采用燕麦奶+草莓桃)等(晓夕,2023)。随着燕麦奶品牌与咖啡茶饮行业在基础口味上的不断探索，未来燕麦奶在风味上仍具有广阔的开发空间。

消费者认知逐渐加深，燕麦奶 C 端零售市场逐步打开。2020年4月星巴克中国与 OATLY 合作，在中国内地所有门店引入燕麦奶，带动国内燕麦奶细分赛道的发展。一方面，燕麦奶与咖啡品牌仍是深度合作。另一方面，咖啡馆渠道之外，燕麦奶尝试打开 C 端零售市场。海外品牌多通过电商平台服务 C 端客户，本土燕麦奶品牌则利用线下渠道优势，与商超、餐饮门店等合作。以 OATLY 为例，除了经销商分销渠道，还尝试进入社区团购，加速拓展电商平台渠道。国产燕麦奶品牌 Oatoat 与丁香医生合作，尝试从燕麦奶的营养健康故事着手，同时与全家便利店、叮咚买菜等品牌联合推动“燕麦奶+早餐”的场景消费(腾讯网,2023)。随着消费者对燕麦奶的认知逐步加深，燕麦奶尝试从咖啡的附加消费选项中转变，成为一种独立的、多功能、多场景消费的饮品。

产品类型进一步丰富，燕麦奶产品多渠道渗透。燕麦奶在产品线、产品规格、产品口味上呈现多元化趋势。电商平台搜索结果显示，仅 OATLY 一个品牌，燕麦奶产品有咖啡大师系列、醇香系列、原味系列、巧克力系列、小圆筒系列、风味燕麦奶系列等，其中风味燕麦奶系列有春日限定--山茶花燕麦拿铁、每日黑巧风味、兰芳园燕麦奶茶、茶饮大师、生打椰椰风味、麦香味燕麦奶等。燕麦奶产品规格有 195ML、200ML、250ML、330ML 和适用于家庭自制或咖啡调配的 1L 装（OATLY 旗舰店，2023）。在液态饮品形态的基础上，燕麦奶企业还推出燕麦奶冰淇淋/雪糕产品，满足消费者多元化消费场景需求。参照国际燕麦奶产品发展情况，预计未来几年燕麦奶产品矩阵将持续丰富，以满足多渠道差异化的需求。

综上，全球范围内，燕麦奶在多个植物乳市场增速第一，发展形势乐观。在美

国，燕麦奶 2020-2021 年销售额增长速度超过 200%，超过其他植物乳品类 20% 的平均年增长速度（Nielsen IQ，2020）。在欧洲，燕麦奶在多个国家高速发展，其中在德国保持 3 位数的增长速度（105%），英国（98%）、丹麦（26%）、意大利（23%）和西班牙（25%）均呈现高速增长（Smart protein，2020）。亚太地区为全球燕麦奶增长速度最快的市场，2020-2026 年预计年复合增长率达 14.7%（Kbv research，2023）。以燕麦奶企业 2022 年亚太区大部分收入来自中国市场销售预计，未来中国市场将继续成为燕麦奶销售最重要的市场。

相较 2020 年燕麦奶定义引争议、标准缺失的困境，燕麦奶品类近年来相继制定相关标准，产业发展日趋标准化和规范化。燕麦奶与咖啡结合，在加深消费者对品类与品牌认知的同时，也逐步打开 C 端零售市场，尝试定义一种独立的、多功能、多场景消费的饮品。随着消费者对品类认知的加深，燕麦奶企业对风味形态的不断探索，未来燕麦奶在产品创新上具有广阔的发展空间。

第二章 燕麦奶（乳）产品与技术创新

1. 产品创新与发展趋势

1.1 燕麦雪糕

雪糕已经成为大众饮食生活的一部分，而雪糕这一产品提起来就容易与“能量炸弹”相联系，因其糖、热量、脂肪等都比较较高。由于肥胖、心血管疾病等慢性病的高发，使得对雪糕的研究的方向开始转向低脂雪糕的研发。但脂肪含量的降低可能会导致雪糕的膨胀率和黏度下降、乳化性变差，口感受到影响，因此近年来关于这方面的研究主要集中于添加脂肪替代品。在雪糕中添加的脂肪替代品主要有以蛋白质为基质的脂肪替代品和以淀粉为基质的脂肪替代品，但这又与“清洁标签”发展方向不符，市场上那些主打真材实料、绿色、健康的雪糕产品正在成为更多人的选择。在这一趋势之下，燕麦雪糕的出现顺应了雪糕的消费需求。就目前市场上燕麦雪糕的产品宣传来看，0 乳糖、0 反式脂肪酸成为了主要卖点。既能够让消费者体验创新雪糕带来的口感，又能够减少雪糕带来的副作用——高碳水，这一点对于女性消费者来说可能更为友好，而且其健康卖点容

易受到消费者的关注。

魔镜市场情报显示，虽然燕麦雪糕仅占整个雪糕市场销售额的 0.5%，但是在整个雪糕市场销售额同比降低 12.9% 的背景下，燕麦雪糕仍能保持 1045.7% 的超高增速，就 OATLY 燕麦雪糕销售情况来看，目前销量已经突破 40 万支，并且首次进入了天猫雪糕品类前十名，燕麦雪糕成功在竞争激烈的乳品雪糕中突围，市场前景广阔。在国内的燕麦雪糕市场，OATLY 在其中占据着较大的份额。近一年 OATLY 推出多款纯燕麦雪糕，其燕麦奶打底带给人的健康感，搭配上潮酷时尚的包装，以及阿拉比卡咖啡豆制成的咖啡浓缩液，都成为 OATLY 燕麦奶雪糕无法忽视的“出圈”理由。在独特工艺还原植本口感的基础上，OATLY 等企业抓住了更多消费者的需求，推出玫瑰蜜瓜椰椰、低糖海盐椰椰、可可燕麦、茉香红茶波波等潮流口味。OATLY 进一步联合不同品类、IP 破圈，让更多人愿意了解、尝试植物基产品，让植物基得以大步闯入中国消费者特别是现代年轻人的生活，尤其是与哔哩哔哩网站、盒马生鲜等深受年轻人喜爱的 IP 联合，推出 B 站

标志小电视图案及盒马品牌标志小河马图案为原型的联名款植物基雪糕，更是让它成功成为咖啡节上出境频率最高的春日打卡“标配”。2022年7月，OATLY与肯德基联合推出了燕麦雪糕杯装新品，包括香草、草莓和巧克力三种口味。

除 OATLY 外，一些与文化旅游相关的食品企业推出了燕麦雪糕产品，售卖形式为现场制作与现场售卖。例如西安本地知名企业陕拾叁在 2023 年地球日推出“燕麦地球”这一植物基雪糕，主打卖点为减少碳排放、0 胆固醇与 0 乳糖，健康轻负担。目前国内其他企业推出燕麦雪糕产品的非常少，多为燕麦口味的乳品雪糕。相比之下，国外的燕麦雪糕市场更加成熟，有 So delicious、Plant Oat 等多个品牌。

在国际上众多雪糕产品中，益生菌雪糕的研究也获得一定的关注度。由于雪糕需长时间保存在冷冻的环境中，因此这对于益生菌的存活创造了有利条件。共生燕麦雪糕是在传统雪糕的配方中添加发酵燕麦（基料）、大豆分离蛋白等制成具有功能特性的一款新型雪糕，其配方中不含有任何牛乳及牛乳相关成分。有研究将不同比例的燕麦和基料添加至雪糕的基础配方中，通过对雪糕的各项理化指标进行测定，发现当燕麦添加量为 20%、基料添加量为 50%、大豆分离

蛋白添加量为 3% 时，共生燕麦雪糕的膨胀率较高、融化率较低、黏度和硬度较高，并且感官评分最高（杨瑞舒，2014）。

1.2 发酵燕麦酸奶

2022 年植物基酸奶在酸奶品类这一领域表现出了强劲的增长，酸奶品类总量销售额相较于 2021 年减少了 1%，但植物基酸奶却实现了 35.2% 的增长。与国外相比，植物基酸奶这一细分品类在中国仍处于初步阶段。据英敏特统计在 2020 年 3 月的全球新产品发布品类分布中，亚太地区的植物基酸奶仅占亚太地区所有植物基乳品类的 5%，为所有地区中最低。目前，国内植物基酸奶市场除农夫山泉、维他、养元外，基本没有知名品牌入局，但这并不代表植物基酸奶在中国没有市场。据 Hexa Research 最新报告预测，由于人口激增以及人们对素食对健康有益的认识不断提高，中国将是主要的植物基酸奶需求市场之一。

与燕麦奶名称的争议类似，一方面燕麦酸奶由于产品在原料种类、品质、加工技术、营养品质上与其他植物乳并不完全相同，在术语上也存在解读差异。另一方面，消费者普遍存在疑惑——“燕麦酸奶与传统酸奶是什么关系？是添加燕麦粒、燕麦粉等燕麦成分的牛奶，还是只是纯植物基不含乳制品的产品？”问题的背后是燕麦酸奶的定义模糊。据调查，

目前市面上名称为“燕麦酸奶”相关的产品绝大多数是以鲜牛奶/奶粉为主要原料,添加燕麦粒/燕麦粉/燕麦浆等,经巴氏杀菌后接入乳酸菌按照传统酸奶发酵工艺制备而成。燕麦在此发挥的作用主要为提高 β -葡聚糖含量、降低总热量,增加产品的营养和功能性;另外糊化燕麦籽粒的软弹口感,以及燕麦特有的风味物质可丰富产品的感官特性。受现有产品影响,多数中国学者的研究也是将燕麦或燕麦奶作为配料的形式制备“燕麦酸奶”,探究加入的燕麦对发酵产品酸度、持水力、流变学参数等理化指标变化,以及消化性能等功能品质影响(徐云凤等,2023;杨淑妮,2016)。燕麦奶行业也在积极探索燕麦酸奶的定义和标准建设,以期进一步规范市场。

据目前数据,食品市面上仅 OATLY 与达能 Silk 两家企业生产的燕麦酸奶是以燕麦奶为主要原料,完全不添加牛奶或牛奶制品,发酵制备的质构类似于传统搅拌型酸奶的产品。OATLY 燕麦酸奶产品命名为 Oatgurt 系列,包括原味、香草、蓝莓、草莓四种口味可供选择,主要市场在北欧和北美,目前尚未在中国大陆地区销售。达能 Silk 生产的燕麦酸奶为 Oat Yeah Oatmilk Yogurt Alternatives 系列,包括香草、混合浆果、草莓和芒果四种口味。所有产品均经过

了无麸质认证、素食行动认证以及非转基因项目验证,不含乳制品、不含坚果、不含大豆,但企业目前不再生产该系列产品,只保留了椰子酸奶、大豆酸奶和杏仁为主的植物基酸乳。

有研究报道,以酶解燕麦粉或酶解燕麦奶/燕麦浆为主要原料,添加椰子油、复配稳定剂(琼脂、果胶和羟丙基三磷酸钠)、甜味剂(甜菊糖苷、赤藓糖醇)等辅料,接种复配发酵剂(保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌)进行发酵制备无蔗糖燕麦酸奶(刘成祥,2022)。生产工艺为:酶解燕麦粉用蒸馏水溶解→加入辅料配料(赤藓糖醇、甜菊糖苷、果胶、琼脂、羟丙基三磷酸钠、椰子油)→恒温搅拌→预热→均质→杀菌→冷却→接种→发酵→冷却→灌装→后熟→成品→检测。在单因素基础上进行正交试验得到燕麦酸奶的最佳制备工艺条件:酶解燕麦粉添加量 15% (m/m),复配稳定剂添加量 1.3%。在最佳制备工艺条件下,无蔗糖燕麦植物酸奶具有发酵速度快、产品稳定和口感佳的优良特性。

发酵燕麦植物酸奶作为一款高纤维的植物蛋白饮品,符合当代年轻人对健康的追求,考虑到中国未来广阔的植物基消费市场,燕麦酸奶将是企业入局植物基领域的重要“敲门砖”。目前限制燕麦酸奶发展的关键问题之一在于产品标

准的多元性，通过对比目前国内市场植物基酸奶产品执行标准可以发现，目前企业多采用企业标准或国家标准 GB 7101—2022 植物酸奶产品评价指标与普通酸奶产品接近，并不能突出产品特色。植物酸奶市场正在逐渐扩张，出台新的植物酸奶国家标准有利于产品发展与创新，更利于企业研发高品质植物酸奶产品。另外，燕麦酸奶体系不稳定是制约其发展的另一关键问题。酸化的植物蛋白通常导致弱凝胶形成和相分离现象，因此为了保证植物酸奶产品体系稳定，通常需要添加淀粉、果胶和琼脂等稳定剂，而这与目前企业与消费者都追求“清洁标签”的观念不符。同时植物原料发酵周期较长且不稳定，发酵植物基酸奶在储藏过程中会发生后酸化，容易出现异味。因此，传统的发酵方法对于植物酸奶并非最佳，仍需寻找到适合植物酸奶的加工工艺以及适合植物基酸乳发酵的专属菌种。

在产品功能上，燕麦酸奶的胆固醇和乳糖含量较低，更加健康的同时减少了乳糖不耐受的发生，此外燕麦蛋白还具有预防心血管疾病、改善骨质疏松以及补充维生素等功能特性，且燕麦酸奶能够有效降低企业对生牛乳的需求量，缓解奶源压力，提高企业利润，增加经济利益，因此燕麦酸奶是可靠的乳制品替

代品，是值得相关企业日后开发的重点方向。

1.3 燕麦起泡奶

咖啡专用起泡乳的起泡特性是制作拿铁、卡布奇诺等咖啡的关键环节之一。形成泡沫时，必要条件是存在蛋白质或其他表面活性剂以降低表面张力。此外，还需要以搅打的形式输入能量以克服表面自由能。理想的泡沫应该具有均匀的尺寸、绵密的形态并能在饮用期间保持稳定。泡沫属于典型的热力学不稳定体系，易发生排液、歧化和聚结等现象。牛奶类咖啡起泡奶的研究已经有较多的报道，与此相比，对植物基咖啡起泡奶的研究则少得多，有研究表明相比于牛奶，植物基咖啡起泡奶更适合在较高温度下饮用。从咖啡专用起泡奶的商品属性来说，植物蛋白奶的热稳定性以及与咖啡的风味相容性是需要首先考虑的因素。具有较高热稳定性与较好咖啡风味相容性的燕麦奶是制备植物基咖啡起泡奶的理想原料。

燕麦奶的起泡性与豆奶相比优势不足，但具有非常优异的泡沫稳定性。当燕麦奶的蛋白质含量与豆奶相同时，燕麦奶的固形物含量是豆奶的 4 倍以上，有助于形成稳定的泡沫；燕麦奶中除了蛋白质，还有大量淀粉酶解后产生的糖，能够提高层状流体的黏度，不利于起泡，但

能减少泡沫中液体的排除从而提高其泡沫稳定性。最终燕麦奶形成的泡沫具有黏壁性小、尺寸均匀、液膜厚的优良特征。市场上生产的植物起泡奶多数为植物蛋白制品，以植物奶为主要原料制备的起泡奶非常少。商业燕麦起泡奶通常是由燕麦奶、植物油、水和一些天然增稠剂制成，目前国内公司尚未有燕麦起泡奶产品面市，国外的燕麦起泡奶主要企业有 Silk、Coffee Mate、Nutpods、Califia farms、Chobani、Planet、OATLY。OATLY 生产的燕麦起泡奶只定向供应品牌咖啡店，普通消费者尚无法单独购买。

燕麦奶油通常也是由燕麦、植物油、水和一些天然增稠剂制成的动物性奶油替代品。燕麦奶油不含乳制品、麸质和激素等成分，因此是一种适合素食主义者、乳糖不耐者和敏感肌肤人群食用的健康食品。它在烹饪和烘焙中可以替代传统的动物性奶油，并呈现出类似于动物性奶油的稠厚质地和丰富口感。Oatoat 麦子和麦推出了燕麦植物蛋白奶油，OATLY 与盒马合作推出了新品基于燕麦奶油与芒果的小芒盒蛋糕。

2. 加工技术与创新

2.1 创新酶解工艺

2.1.1 创新淀粉酶生产低糖燕麦奶

燕麦奶是由破坏植物组织分解产生

的，因此其颗粒大小不均一，稳定性不如牛乳牛奶，脂质和蛋白质分子大小差异大。燕麦奶中淀粉含量高、淀粉糊化温度低，因此产品在高温灭菌时易对品质产生不利影响。其他水不溶性的大分子物质如蛋白质和膳食纤维，是燕麦奶发生沉淀的主要原因。此外，燕麦奶作为植物来源乳饮料，营养方面包括蛋白质、微量元素等也需要提高。燕麦奶酶解工艺就是将燕麦中水不溶性的营养物质，转化为水溶性的营养物质，解决燕麦奶稳定性、乳化性问题，同时还要保留燕麦的营养物质与天然风味。

淀粉酶又称糖化酶，采用淀粉酶对燕麦浆进行水解，水解后原料中的大分子淀粉变成了溶解性好的小分子糊精或麦芽糖，可明显降低燕麦饮品的黏度，解决了传统燕麦饮品淀粉老化、口感粗糙等问题。然而，利用淀粉酶降解燕麦淀粉，生成易溶解的小分子糖（主要为葡萄糖和麦芽糖），导致糖（单糖和双糖）含量高。美国 FDA（美国食品药品监督管理局）明确要求，在燕麦奶生产过程中，产生的单糖和双糖，必须在营养标签上当做添加糖列出。所以用传统工艺制作的燕麦奶，因含糖量高很实现“清洁标签”。

根据中国《食品营养成分基本术语》(GB/Z 21922-2008)，“糖”是指所有的单糖和双糖，如葡萄糖、蔗糖等。《食品

安全国家标准 预包装食品营养标签通则》(GB 28050-2011)规定,每 100g (固体)/100ml (液体) $\leq 0.5\text{g}$ 糖标记为无或不含糖。赞倍司生物技术公司开发了一种特殊的淀粉酶,利用其进行淀粉的液化,这类酶有精准控制酶切位点的特性,即使酶解过度,也不会产生单糖和双糖,以达到无糖的标准。燕麦奶中的淀粉被分解成了可溶性多糖、寡糖,几乎不含单糖和双糖。寡糖是在小肠中被吸收的,在口腔中不会分解成葡萄糖和麦芽糖,整个过程可以实现充分酶解,保留了原料最大的营养价值。

2.1.2 蛋白酶与纤维素酶增强乳液稳定性

燕麦蛋白在水中溶解性较差,在饮品中容易沉淀。扫描电子显微镜观察发现燕麦蛋白为胶状物质,包裹在燕麦淀粉颗粒外面,不易溶解。蛋白酶把燕麦中的蛋白质水解,解决了蛋白质沉淀的问题,同时,酶解产生的多肽还具有抗氧化、降血脂、降血压、降血糖等保健功效。罗洁等(2013)在燕麦浆中添加 0.24% 中性蛋白酶,在 50℃ 条件下酶解 140min,提高了燕麦蛋白的溶解性,解决了燕麦蛋白容易沉淀等问题。

另外,很多可溶性膳食纤维可形成不溶性凝胶。因此,高膳食纤维饮品会出现悬浮物多、稳定性差、易分层沉淀等问

题。陈东方(2016)研究了纤维素酶水解对燕麦中多酚及燕麦饮品稳定性的影响,结果表明酶解处理后可显著增加燕麦粉中总多酚含量,尤其是阿魏酸含量提高了 11-24 倍,体外抗氧化活性和蛋白氧化损伤修复能力得到显著增强。同时,经纤维素酶酶解后,燕麦奶的稳定性有了显著提高。总体而言,纤维素酶水解处理能够有效提高燕麦粉中总多酚含量和其功能活性以及燕麦奶的稳定性。

2.1.3 物理挤压提高酶转化效率

双螺杆挤压是一种高温、短时间、连续的多功能热技术,它集物料混合、搅拌、剪切、加热、成型等多种操作于一体,以达到持续的高生产率,广泛应用于食品领域。加酶挤压是在挤压过程中引入外源酶,由于螺杆的混合、剪切等作用,酶与底物接触增加,表现出高效酶活性。任孝茹等(2023)探究了加酶挤压替代传统酶解工艺对燕麦奶中淀粉理化特性的影响,发现加酶挤压处理后,淀粉降解为小分子糊精和低聚糖等,水溶性指数和还原糖含量显著增加,淀粉分子几乎完全糊化,黏度显著减小,表现出更显著的流体特征;显著改善了由淀粉老化引起的燕麦奶沉淀问题,提高燕麦奶的贮藏稳定性,同时提高消费者的感官评价;但由于酶的作用效果对底物浓度、温度、pH 值、作用时间等环境条件依赖性较

大,故对加酶挤压条件(挤压机温度、水分含量、螺杆转速、酶添加量等)的优化需进一步研究,以达到更好的酶解效果,进而提高燕麦奶的品质。

2.1.4 酶解产生独特风味物质

从技术来看, OATLY 拥有一个特有的“酶解”技术。精准切割的酶解工艺恰到好处地将淀粉转化为可溶性膳食纤维,还能使得原本粗涩的燕麦颗粒变得顺滑细腻。搭配独特的蒸烤技术,不仅最大程度保留燕麦的营养精华,还可以产生更多的小分子风味物质的释放,形成更自然、更丰富的燕麦口感。

2.2 创新热处理工艺

燕麦不仅脂肪含量丰富(3%~11%),且富含脂酶、脂肪氧化酶和其他水解酶,因此在加工过程中,燕麦中的脂肪易在内源酶作用下发生分解,引起产品稳定性变化甚至产生腐败变质现象。采用新鲜的原料生产燕麦奶,可以保持燕麦的独特风味,但是燕麦原料的新鲜程度会对产品稳定性带来一定的影响。采用灭酶处理的燕麦为原料生产燕麦奶,一方面会损失燕麦原有的风味,另一方面也存在灭酶不彻底导致燕麦奶有苦味等风险。对燕麦籽粒进行灭酶,常见的灭酶方式包括微波、常压蒸制、高温炒制、烘烤、热烫等,然而灭酶对燕麦籽粒中的淀粉、

蛋白质、多酚等营养成分具有不同程度的影响(胡新中等,2006 赵霞,2016)。灭酶不仅对燕麦籽粒或燕麦片营养品质及稳定性有影响,且对燕麦奶的品质及货架期稳定性有影响。

刘婷玉等(2021)采用微波、炒制、热烫三种灭酶方式处理燕麦籽粒,探究了灭酶效果和燕麦奶稳定性的影响机制,其灭酶效果由高到低依次是:微波、炒制、热烫。微波和炒制处理显著提高了燕麦全粉的糊化黏度,热烫处理的影响较小,但总酚含量高于其余两组。通过乳液的剪切黏度、液滴粒径等指标及营养物质含量测定,发现不同灭酶方式会显著影响燕麦奶的稳定性和营养物质的溶出,进而影响燕麦奶的品质。对籽粒进行热烫处理可显著提高燕麦奶黏度,获得粒径较小,体系均一稳定的燕麦奶,且该燕麦奶最大程度保留了原液中营养物质的含量,可作为适宜燕麦奶加工的灭酶前处理工序。研究成果有望为具有“清洁标签”特征的燕麦奶饮品的研究和开发提供参考。

另外,杀菌是谷物饮料生产工艺中不可缺少的环节,其中热杀菌是谷物饮料商业杀菌的主要方式,按照杀菌强度分为巴氏杀菌($\leq 100^{\circ}\text{C}$)和超高温瞬时杀菌(UHT, $> 100^{\circ}\text{C}$)。热杀菌在提高产品货架期的同时,通常会对产品的营

养、风味和稳定性产生一系列影响。有研究比较了巴氏杀菌(100℃,15min)和UHT(115/125/137℃,10s)杀菌对燕麦奶稳定性的影响。结果表明,巴氏处理的燕麦奶黏度较高,乳液粒径较小,体系均一稳定,沉淀率低(7.39%),而UHT处理的燕麦奶由于杀菌强度高,蛋白热变性严重引起了乳液明显的聚集沉淀现象,粒径分布不均,有大液滴聚集的情况,且能观察到明显的聚集体存在。采用SDS-PAGE分析了不同热杀菌方式引起的蛋白亚基组成变化及迁移规律,发现UHT处理后的乳液蛋白较多地向沉淀层迁移,引起聚集体形成,该聚集体大部分由燕麦球蛋白通过二硫键相连接,包括分子量20~25 kDa的 α -球蛋白亚基和30~36 kDa的 β -球蛋白亚基以及少量分子量为5 kDa的燕麦白蛋白。相比之下,巴氏处理的燕麦奶沉淀较少,乳液中蛋白亚基分布情况与燕麦籽粒无明显差异。因此可以考虑巴氏杀菌处理作为燕麦奶的杀菌方式。

2.3 燕麦酸奶创新发酵工艺

微生物发酵对燕麦营养品质的优化效果受到国内外研究者广泛关注。利用微生物天然存在的代谢活动,不仅通过生物转化降低/钝化底物中易酸败物质,还可利用自身丰富的酶系降解燕麦蛋白、淀粉和脂肪等大分子物质,抑制消化酶

的非营养性化合物水平,降低抗营养因子交联,提升营养成分利用率和健康功效。然而目前市场上的发酵燕麦奶产品大多以牛乳为主要原料,以燕麦为辅料,将燕麦直接加入发酵产品中或是以燕麦牛奶复配制成的风味饮品。这种产品并没有很好地利用微生物发酵燕麦的功能强化优势。如何释放燕麦 β -葡聚糖和蕁酰胺等核心生物活性物质,提升活性物质生物利用率,靶向性富集有益健康的生物活性成分,同时丰富燕麦产品风味,是现有燕麦酸奶加工技术的瓶颈。以燕麦为主要原料发酵制成的活菌型发酵制品虽有研究,但产品较少。目前发酵燕麦酸奶的菌株多为传统发酵乳常用菌(保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌),传统发酵乳常用菌株属于肠道“过路菌”,并不能定植于人体肠道,其益生作用大打折扣。现有的发酵燕麦奶的研究中大多以益生菌和乳酸菌混种发酵,口感虽佳,但混种发酵过程中,菌株生长活力和产品活菌数会大打折扣。鉴于此,新型益生菌纯种发酵植物蛋白燕麦奶制品是亟待解决的关键技术问题。

干酪乳杆菌(*Lactobacillus casei*)作为典型的益生菌,优良的耐受性使其经低pH值的胃酸及胆汁的作用,也能够顺利到达人体肠道,定植并存活下来,从而起到调节肠道菌群平衡,发挥有

利于宿主健康的积极作用。王鑫媛等 (2021) 以燕麦为主要原料制备纯燕麦奶, 酶解后添加 20% 牛乳和 7% 蔗糖以及适量乳化剂与稳定剂, 组成发酵培养基, 以发酵乳制品中选育出的生长繁殖力强, 发酵活力高的干酪乳杆菌 05-20 为试验菌株, 研究了接种量、发酵温度、发酵时间等单因素对干酪乳杆菌纯种发酵燕麦奶产品质量的影响。研究结果在干酪乳杆菌纯种发酵燕麦奶的最适工艺条件下(接种量 5.0%, 发酵温度 37℃, 发酵时间 5.3h) 制备的发酵乳呈微黄色, 质地均匀细腻, 酸甜可口, 具有浓郁的燕麦香气和发酵香气, 发酵乳活菌数达 8.8×10^8 CFU/mL, 必需氨基酸含量占总氨基酸含量的 55.92%, 不饱和脂肪酸含量约占总脂肪酸含量的 79.20%。干酪乳杆菌发酵燕麦后产品总酚含量显著升高 (13.00 ± 0.38) $\mu\text{g/mL}$, 这可能与发酵微生物产生的酶改变或降解燕麦细胞壁基质有关, 促使燕麦麸皮中多酚类物质溶出, 增加游离酚的含量。然而发酵后产品 β -葡聚糖的含量从 (201.09 ± 2.57) $\mu\text{g/mL}$ 大幅下降为 (92.00 ± 1.29) $\mu\text{g/mL}$ 。张坤等 (2009) 发现旧金山乳杆菌发酵燕麦也会使 β -葡聚糖含量下降。而王富盈 (2021) 在利用黑曲霉菌联合酵母菌发酵燕麦时, β -葡聚糖的含量显著增加。吴迪等 (2019) 发现利用药用

真菌黄伞、大杯伞和灰树花, 采用双向发酵法可显著富集燕麦麸皮中的 β -葡聚糖, 发酵液中总糖及蛋白质含量比未经发酵的含量均升高。微生物发酵影响燕麦 β -葡聚糖的机制可能包括: (1) 在发酵过程中微生物产生的蛋白酶、淀粉酶等破坏燕麦细胞壁, 释放 β -葡聚糖; (2) 微生物产生的 β -葡聚糖酶可降解燕麦 β -葡聚糖为单糖, 利于自身生长繁殖, 继而消耗体系内 β -葡聚糖含量, 与此同时, 发酵产酸造成低 pH 环境或可抑制微生物产生的 β -葡聚糖酶活性。

利用枯草芽孢杆菌发酵可降解燕麦中的支链淀粉, 产生直链淀粉和可溶性多糖, 同时释放蛋白质并使其与淀粉相互交联, 提升发酵产物黏度和韧性。枯草芽孢杆菌胞外酶可参与分解蛋白质、脂肪等大分子物质, 有助于营养物质高效利用。盖梦等 (2015) 采用枯草芽孢杆菌发酵燕麦以获得燕麦血管紧张素转化酶 (Angiotensin Converting Enzyme, ACE) 抑制肽, 结果发现多肽得率和 ACE 抑制率均显著提升至 23.16% 和 60.26%。

酵母菌发酵燕麦可降低原料还原糖, 消耗可溶性淀粉。Özkaya 等 (2017) 发现酵母菌发酵燕麦样品中膳食纤维含量均显著高于未发酵样品, 总酚和抗氧化活性分别提高了 17% 和 39%, 并且显著降低抗营养物质植酸的含量。酵母菌产

生植酸酶，发酵过程创造了适合内源性植酸酶降解植酸的酸性条件，加速分解植酸。但是，由于酵母菌酶系单一，无法产生蛋白酶等分解大分子物质的酶类，依靠酵母菌发酵很难充分改善燕麦的营养成分。利用基因敲除、基因组改组技术等菌种诱变方法获得更好的发酵菌种或多菌种复配弥补酵母菌的不足是当前研究热点。

多菌种混合发酵可以通过不同菌种间协同作用在发酵过程中形成优势菌群，具有突破单菌发酵产品风味单一局限的巨大潜力。植物乳杆菌和干酪乳杆菌混合发酵燕麦后，麦麸香味和乳酸味香气得到明显提升。葛磊等（2012）复配保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌生产的燕麦发酵乳饮料中植酸含量明显降低，提升营养物质的生物利用率。固态发酵基质中常用米根霉与乳酸菌混合发酵，作为丝状真菌米根霉在发酵过程中能够轻松到达发酵基质内部，降解燕麦中大分子物质，为乳酸菌生长繁殖供给碳源和氮源。混合发酵过程中，霉菌对谷物蛋白碱性发酵可释放出氨，为后续的酵母或乳酸发酵产生风味前体物质，丰富发酵产品香气。吴寒等（2015）创制植物乳杆菌与米根霉混合固态发酵工艺，发现米根霉不仅能促进乳酸菌在燕麦发酵基质中的生长繁殖，还能提升米根霉代谢物

麦角固醇含量，二者协同既改善风味，还增加了产品可溶性蛋白和必需氨基酸含量。值得注意的是，不同菌种生长条件有差异，发酵条件同步比较困难，不同菌种之间相互作用及代谢机制还不清楚。如何优化混菌发酵参数，明确评价指标和完善质量控制的瓶颈问题，亟待深入研究。

第三章 燕麦奶（乳）营养与健康

与其他谷物类的植物乳饮品相比，燕麦奶营养丰富，风味独特，膳食纤维和不饱和脂肪酸含量均比较高，产品出率比较高，具有很好的市场前景，是继豆奶、椰奶等之后又一良好的植物蛋白饮品。近年来，国际上越来越多消费者开始聚焦健康、动物福利、环境等问题，80后、90后将成为消费主力，健康饮食、环境保护意识更加强烈，也能更快接受新口味。

1. 燕麦的营养价值和健康功能

燕麦已成为世界公认的健康食品，作为全谷物食品的典型代表，市场对燕麦以及燕麦产品的需求在不断增长。燕麦的营养成分包括膳食纤维、蛋白质、脂质、淀粉、多酚化合物、维生素和矿物质。燕麦的品种、产地以及气候环境均会对燕麦籽粒的营养与功能成分产生一定的影响。

1.1 燕麦营养价值

蛋白质：燕麦是一种低价高营养的蛋白质来源。燕麦中的蛋白质含量明显

优于其他谷物，为16.89%（表3-1）。中国裸燕麦的蛋白质含量为11.2%-19.9%，因品种不同而有一定差异，平均为14.5%，高于小麦（含量范围为10.9%-15.7%）、水稻（4.5%-14.3%）和玉米（7.6%-12.1%）。燕麦籽粒中蛋白质分布主要集中于皮层、糊粉层细胞中；其中，燕麦皮层中蛋白质占燕麦籽粒总蛋白含量的44.5%-62.8%。蛋白质分子质量分布范围主要集中在18.4-25.0 kDa和25.0-35.0 kDa两个区间。燕麦中的球蛋白含量明显高于其他谷物，约占燕麦总蛋白含量的50%-60%。球蛋白是一类盐溶蛋白，与醇溶蛋白和谷蛋白相比，球蛋白的乳化性能较好，这也是形成燕麦奶良好品质的成分基础。清蛋白在大多数谷物中含量偏低。清蛋白是水溶性蛋白，主要由酶类构成，占燕麦总蛋白质的5%-10%。清蛋白中必需氨基酸含量高，溶解性好，易于消化吸收，是优质蛋白。

表 3-1 燕麦与其他谷物营养成分对照（每 100g 谷物中含量）

指标	燕麦	小麦	大米	玉米	大麦
水分 / g	8.22	9.57	12.00	10.00	10.09
能量 / kJ	1 628	1 431	1 528	1 528	1 473
蛋白质 / g	16.89	11.31	7.10	9.40	9.91
脂肪 / g	6.90	1.71	0.66	4.74	1.16
饱和脂肪酸 / g	1.217	0.277	0.180	0.670	0.244
单不饱和脂肪酸 / g	2.178	0.203	0.210	1.250	0.149
多不饱和脂肪酸 / g	2.535	0.750	0.180	2.160	0.506
碳水化合物 / g	66.27	75.90	80.00	74.00	77.72
总膳食纤维 / g	10.60	12.20	1.30	7.30	15.60

蛋白质的质量是由蛋白质所含必需氨基酸和非必需氨基酸的种类与比例来决定的。燕麦蛋白质中含有 18 种氨基酸，且氨基酸组成平衡，含有人体必需的 8 种氨基酸，因此燕麦蛋白是完全蛋白质。必需氨基酸是在人体内不能合成，必须由外界摄取，并对维持人体健康有重要

作用的一类氨基酸。虽然赖氨酸是几乎所有谷物的限制性氨基酸，但不同谷物所含数量不同（表 3-2），其中燕麦占比最高。由于燕麦富含一般植物所缺少的赖氨酸和精氨酸，因此，燕麦蛋白的营养价值位居植物蛋白前列，在促进人体发育，提高免疫力方面优于一般谷类蛋白。

表 3-2 不同谷物中氨基酸含量以及联合国粮食及农业组织推荐标准

	小麦	大麦	燕麦	黑麦	大米	玉米	FAO 建议	
							儿童	成人
组氨酸	2.3	2.3	2.2	2.2	2.4	2.7	2.6	1.6
异亮氨酸	3.7	3.7	3.9	3.5	3.8	3.6	4.6	1.3
亮氨酸	6.8	7.0	7.4	6.2	8.2	12.5	9.3	1.9
赖氨酸	2.8	3.5	4.2	3.4	3.7	2.7	6.6	1.6
半胱氨酸	2.3	2.3	1.6	1.9	1.6	1.6	4.2	1.7
甲硫氨酸	1.2	1.7	2.5	1.4	2.1	1.9		
脯氨酸	4.7	5.2	5.3	4.5	4.8	5.0	7.2	1.9
酪氨酸	1.7	2.9	3.1	1.9	2.5	3.8		

苏氨酸	2.9	3.6	3.3	3.3	3.4	3.7	4.3	0.9
色氨酸	(1.1)	1.9	ND	1.1	1.3	0.6	1.7	0.5
缬氨酸	4.4	4.9	5.3	4.8	5.8	4.8	5.5	1.3

数值代表的是克/100 克蛋白质，或克/16 克氮元素

脂肪：燕麦含有丰富的脂肪，其含量在所有谷物中处于较高水平。不同谷物脂肪含量分别为燕麦 5.0%-9.0%，小麦 2.1%-3.8%，水稻 0.8%-3.1%，玉米 3.9%-5.8%，大麦 3.3%-4.6%，黑麦 2.0%-3.5%和高粱 2.1%-5.3%(表 3-3)。燕麦脂肪主要存在于糊粉层和胚乳中。燕麦油脂主要由甘油三酯、磷脂、糖脂和甾醇组成。燕麦脂质中磷脂含量为 2%-

26%，其中卵磷脂占 45%-51%。对燕麦油脂的理化研究结果表明，燕麦油脂无明显异味，其平均分子量为 930.4Da。燕麦油脂中不饱和脂肪酸比例很高，约占脂肪酸总量的 80%，主要为亚油酸和亚麻酸。燕麦中的重要不饱和脂肪酸亚油酸是世界公认的降血脂药物的有效成分，可与胆固醇结合使胆固醇酯化，降低血液中的胆固醇和三酰甘油，降低血液黏稠度，预防动脉粥样硬化。

表 3-3 燕麦及其他谷物中脂肪酸的组成（克/100 克总脂肪酸）

	燕麦	小麦	玉米	糙米	黑麦	大麦	高粱
棕榈酸（16:0）	19	18	12	22	15	22	13
硬脂酸（18:0）	2	2	2	2	1	1	2
油酸（18:1）	36	18	32	34	17	13	34
亚油酸（18:2）	38	56	50	38	58	56	46
亚麻酸（18:3）	2	3	2	2	7	5	2

膳食纤维：膳食纤维是人类饮食中非常重要的一部分，是在人体小肠内不被消化吸收，而在大肠里能部分或全部发酵的可食用植物性的碳水化合物。膳食纤维分为水溶性膳食纤维如 β -葡聚糖、

果胶等，与水不溶性膳食纤维如壳聚糖等。膳食纤维主要存在于谷物的细胞壁中，其中谷物种皮和果皮含有大量的不溶性膳食纤维。膳食纤维具有极高的持水力，促进人体排便，并具有类似填充剂

的容积作用,使人产生饱腹感预防肥胖;吸附钠离子的能力可降血压;可以改变肠道微生物菌群的组成,促进消化。燕麦含有丰富的膳食纤维(17%-21%),特别是水溶性纤维,而 β -葡聚糖是燕麦水溶性膳食纤维的主要成分。 β -葡聚糖不

是独立存在的物质,它与蛋白质等物质结合在一起,形成坚韧复杂、相对稳定的细胞壁结构,从而起到支撑和保护生物体细胞以及细胞内生物活性物质的骨架作用。燕麦中 β -葡聚糖含量在2.3%-8.5%之间,远高于其他谷物(表3-4)。

表 3-4 燕麦及其他谷物中 β -葡聚糖的组成 (克/100 克干重)

	燕麦	小麦	玉米	糙米	黑麦	大麦
总 β -葡聚糖	4.40	0.83	0.30	0.11	2.07	4.20
可溶性 β -葡聚糖	3.88	0.33	0.20	微量	0.83	2.90
β -葡聚糖溶解度	88	40	67	微量	40	69

多酚与生物碱：燕麦含有丰富的多酚化合物,这些多酚类物质很可能赋予燕麦功能性和营养性,体内和体外抗氧化研究均表明燕麦中的酚酸具有抗氧化功能。燕麦中的主要酚酸有阿魏酸、香豆酸(对羟基肉桂酸)、咖啡酸(对羟基桂皮酸)、香草酸、水杨酸(对羟基苯甲酸)及其衍生物等,可溶性的酚酸脂在燕麦中含量为20.6 mg/kg,而不溶性的酚酸脂含量为57.7 mg/kg。

燕麦生物碱(Avenanthramides, AVAs),也称为燕麦蒽酰胺,是仅在燕麦中检测到的天然特殊酚类物质,具有环状结构的碱性有机化合物,由邻氨基苯甲酸或邻氨基苯甲酸衍生物的酰胺与羟基肉桂酸或阿魏酸组成,在燕麦中含量范围在27.5-50.0 mg/kg,主要分布

于籽粒外层的麸皮和次级糊粉层。不同品种的燕麦生物碱含量差异很大,含量范围为25.21-347.55 mg/kg。目前,共鉴定出约35个燕麦生物碱化合物,其中含量较高的有3种:即燕麦生物碱2c(N-3',4'-二羟基肉桂酰-5-羟基邻氨基苯甲酸)、燕麦生物碱2f(N-4'-羟基-3-甲氧基肉桂酰-5-羟基邻氨基苯甲酸)和燕麦生物碱2p(N-4'-羟基肉桂酰-5-羟基邻氨基苯甲酸),分别占燕麦生物碱的44%、21%和35%。燕麦生物碱2c对碱性和中性条件敏感,2f和2p则相对稳定。燕麦生物碱比其他酚类物质高10-30倍以上的抗氧化活性。这些生物碱不仅起到抗氧化剂的作用,而且还抑制与动脉粥样硬化疾病进展相关的促炎过程,降低心血管疾病的风险。

1.2 健康功能

燕麦及其组分具有多种健康功效，可以降低一些代谢疾病如心血管疾病、糖尿病、高血压等的风险。美国食品药品监督管理局（FDA）于1997年1月23日发布燕麦与冠心病的食品标签健康声明，授权可在食品标签中注明：燕麦可溶性膳食纤维与降低冠心病风险密切相关，推荐每天摄入不少于40克燕麦麸或60克燕麦片（相当于 $\geq 3\text{g}$ β -葡聚糖）。欧洲食品安全局声称：燕麦 β -葡聚糖已被证明可以降低血液胆固醇，从而降低患（冠状动脉）心脏病的风险。

食用燕麦可以降低心血管疾病风险。燕麦降血脂功效主要归因于燕麦 β -葡聚糖，摄入燕麦 β -葡聚糖减少了胆汁酸的含量，并通过上调胆固醇7- α 羟化酶，激活合成胆固醇，最终降低了血液循环中的低密度脂蛋白胆固醇水平。长期食用燕麦可减少空腹总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇，并在一定程度上降低甘油三酯的吸收，胆固醇可降低3%-10%，冠心病风险降低了6%-18%。摄入燕麦还可以降低低密度脂蛋白胆固醇和载脂蛋白B，从而降低与心血管疾病有关的其他脂类物质含量。燕麦是降低低密度脂蛋白胆固醇的理想食物。

燕麦多肽具有降血压、改善动脉粥样硬化的功能。使用碱性蛋白酶、风味酶、

胃蛋白酶和胰蛋白酶水解裸燕麦球蛋白并用反相高效液相色谱对水解肽进行分离纯化，可制得具有降血压作用的功能燕麦肽，主要通过降低内皮素-1（ET-1）、肿瘤坏死因子- α （TNF- α ）、肾素（Renin）、血管紧张素II（ACGII）含量和提高血管舒缓激肽（BK）和一氧化氮（NO）含量发挥降压功效。

燕麦及其产品可以降低餐后血糖水平和胰岛素反应。降血糖作用主要归因于燕麦 β -葡聚糖，燕麦 β -葡聚糖黏度很高，可以延缓胃排空速率，减少消化酶对碳水化合物的水解，并且抑制葡萄糖在小肠内的扩散和吸收，下调小肠上皮细胞中的葡萄糖转运蛋白，进而抑制葡萄糖转运，葡萄糖输送速率降低间接延迟了胰岛素释放。 β -葡聚糖的含量和分子量决定了其血糖调控能力，含量或分子量越高，其溶液黏度越大，对食糜的延缓胃排空作用越明显。除此之外，燕麦 β -葡聚糖通过调节肠道菌群，代谢产物短链脂肪酸可以调节4型胰岛素敏感性葡萄糖转运蛋白（GLUT-4）的表达，进而降低血糖响应水平。将燕麦 β -葡聚糖添加到其他食品中可以降低食品的血糖生成指数GI值，与市售燕麦麸早餐谷物（ β -葡聚糖含量4.4%，GI值为86）相比，富含 β -葡聚糖早餐谷物（ β -葡聚糖含量8.1%）的GI值只有52，平均每克

β -葡聚糖能降低 4 个单位的 GI 值。燕麦是理想的低 GI 食品，是糖尿病患者的食疗选择。

燕麦膳食纤维具有调节肠道的功能。它可以延缓胃排空，减少营养物质的吸收，改善小肠的运动，延长饭后的饱腹感。在大肠中，可溶性膳食纤维主要功能是作为底物，增加发酵活性，有利于产生丁酸。已证明由 β -葡聚糖产生的寡糖作为选择因子，有利于一些已知的益生菌菌株的生长和繁殖，增加有益微生物的量。人体的肠道中有着非常复杂的微生物菌群，菌群的结构和功能与宿主的健康密切相关。通过调控肠道菌群从而促进宿主健康已成为社会关注的热点问题。目前肠道菌群的调控方式主要集中于利用益生菌、益生元和合生元进行调控，燕麦 β -葡聚糖具有益生元的作用。

2. 燕麦奶营养价值

燕麦奶可以提高饱腹感，其蛋白质和膳食纤维可以快速提升并维持较长时间饱满感。燕麦奶可以补充微量元素铁，有利于素食主义者补充足够的铁，促进健康的红血球生成并可以预防贫血。食用燕麦奶有助于控制胆固醇水平，燕麦 β -葡聚糖可以降低血清胆固醇含量，降低心血管疾病风险。

2.1 燕麦奶的营养成分

燕麦奶的营养特征明显。燕麦奶体系呈现乳白色或淡黄色，微甜，质地与牛奶相似，具有燕麦典型香味。与牛乳相比，燕麦奶不含乳糖，膳食纤维含量较高，钾含量高于牛乳。在西方国家，燕麦奶已经成为乳糖不耐受人群的优质日常饮品，在家庭消费方面潜力很大。

由于纯燕麦奶是一个富含淀粉、蛋白质、脂肪等复杂的基质体系，热处理会发生蛋白聚集，较长时间存放后淀粉容易发生老化，出现分层、沉淀、口感粗糙等问题。淀粉是燕麦的主要成分，燕麦淀粉糊化温度范围为 44.7°C - 73.7°C 。然而高含量淀粉在热处理时不利于制备稳定乳液的燕麦饮料，淀粉加热糊化，易升高液态燕麦奶黏度，因此制备燕麦奶时常加入淀粉酶以平衡燕麦奶黏稠度。为了解决该问题，研究人员已经研究了酶促水解以获得可接受的产物。用 1 kg 燕麦和 2.1% (w/w) 的 α -淀粉酶可制得 2.85 kg 燕麦奶，总固形物含量为 $25.01\pm 0.15\%$ ，稠度指数值为 1.01 ± 0.08 (Pa s.w)。

多数谷物的必需氨基酸中赖氨酸含量较低。燕麦每 100 克中含 575mg 赖氨酸，对于 70 公斤的成年人，推荐每日赖氨酸摄入量为 2100 mg，因此每天需要摄入约 365g 燕麦能满足每天仅由燕麦提供赖氨酸的需求。另一方面，豆类中

的半胱氨酸和蛋氨酸中的硫含量较低，而在燕麦中的含量较高。

谷物中的抗营养因子胰蛋白酶抑制剂、植酸和植酸盐可能会影响一些蛋白质和矿物质(铁、锌、钙等)的生物利用率。胰蛋白酶抑制剂可以在加热过程中失活,减弱对蛋白消化的影响。而植酸和植酸盐可通过添加额外的营养强化矿物质、发酵生产植酸酶或添加外源植酸酶降低对产品的影响。张等(补充参考文献)发现通过在燕麦奶中添加柠檬酸和外源植酸酶,可显著提高铁等矿物质的生物利用率。

本研究团队对国内 29 种以燕麦为原料的燕麦奶饮品进行统计,市售燕麦奶饮品生产配料主要有 3 类(表 3-5),其中添加的菊粉等多糖类,既能够改善燕麦奶的口感,提高产品体系稳定性,又能提高产品膳食纤维含量。大部分产品除水和燕麦原料之外,还有 3 种及以上的添加剂。就目前燕麦奶消费趋势及消费者对健康的需求来看,如何在保证口感的基础上,最大限度的减少添加剂使用是燕麦奶饮品加工技术的一大挑战。

表 3-5 常见燕麦奶(乳)配料

序号	分类	名称
1	基础原料	燕麦籽粒、燕麦粉、燕麦浓浆、燕麦蛋白粉、燕麦麸
2	增稠剂/乳 化剂	食用油类(菜籽油、葵花籽油),多糖/胶体类(聚葡萄糖、羧甲基纤维素、羧甲基纤维素钠、结冷胶、刺槐豆胶、菊粉、阿拉伯胶),盐类(磷酸氢二钠/钾、磷酸三钙、磷酸氢钠、碳酸钠)、乳化剂类(单/双甘油脂肪酸酯)
3	调味剂	食用盐/海盐、食用香精、椰浆、麦精

从燕麦奶产品营养成分上看(表 3-6),燕麦奶淀粉含量区间 2.52-9.39 g/100g (AOAC996.11),粗脂肪含量区间为 0.45-2.55 g/100g (GB5009.6-2016),粗蛋白质含量区间 2.07-13.55 g/100g (GB5009.5-2016),β-葡聚糖含量区间为 0.24-

1.41 g/100g (AOAC995.16),可溶性糖 8.00-17.25 °Bx (GB12143-2008)。大部分燕麦奶的蛋白质及脂肪含量均偏低,燕麦中的蛋白质来源于燕麦原料,燕麦籽粒富含蛋白质(含量约为 15%-20%)。燕麦籽粒脂肪含量约为 4%-8%,即使全部保

留在饮品中，也不能将脂肪含量提高至与全脂牛奶的同等水平，在燕麦奶加工过程中，除了燕麦自源脂肪外，还有添加的植物油等外来脂质。燕麦中的碳水化合物来源于燕麦淀粉、膳食纤维及外源添加剂等，部分产品会特意标注糖（Sugar）含量，因此，

燕麦奶虽适合乳糖不耐受人群、素食人群，但是否适合糖尿病人群仍需验证。燕麦奶颜色上明亮度分布区间在56.62-77.70，红绿值为-3.56-1.32，黄蓝值为-3.45-10.82，不同产品颜色差异较为明显。

表 3-6 燕麦奶（乳）营养成分含量

样品序号	淀粉 (g/100g)	粗脂肪 (g/100g)	粗蛋白 (g/100g)	色泽 L 值	色泽 a 值	色泽 b 值	β-葡聚糖 (g/100g)	可溶性糖 (°Bx)
1	8.51±0.09	1.07±0.07	2.07±0.01	56.62±0.01	-3.35±0.01	-3.37±0.01	1.41±0.01	8.25±0.35
2	8.62±0.56	1.60±0.11	2.09±0.01	64.04±0.01	-3.08±0.01	-2.67±0.01	0.93±0.01	9.00±0.00
3	9.39±0.07	2.49±0.45	2.15±0.01	59.15±0.01	-3.56±0.01	-3.45±0.01	2.02±0.00	8.00±0.00
4	5.59±0.13	0.67±0.03	2.09±0.01	66.81±0.01	-1.01±0.00	8.61±0.01	0.89±0.03	10.00±0.00
5	4.71±0.00	2.04±0.29	3.79±0.01	71.92±0.01	0.54±0.01	10.82±0.01	0.79±0.06	10.50±0.00
6	5.65±0.25	2.55±0.10	6.01±0.01	70.02±0.01	-0.57±0.01	6.94±0.01	1.33±0.01	8.00±0.00
7	4.26±0.21	0.43±0.06	13.55±0.01	72.04±0.01	2.08±0.01	9.23±0.01	0.27±0.00	8.50±0.00
8	3.91±0.10	1.69±0.04	2.32±0.01	70.13±0.01	-0.99±0.01	7.76±0.01	0.46±0.01	10.00±0.00
9	6.67±0.01	0.45±0.00	2.31±0.01	65.83±0.01	-1.91±0.01	4.65±0.01	0.37±0.01	8.50±0.00
10	4.63±0.04	0.56±0.07	3.05±0.01	75.47±0.01	0.23±0.01	9.42±0.01	1.02±0.02	10.00±0.00
11	4.44±0.07	2.51±0.00	3.43±0.01	77.70±0.01	-0.16±0.01	9.88±0.01	0.88±0.01	10.00±0.00
12	3.79±0.09	2.02±0.29	3.43±0.01	75.52±0.01	1.32±0.01	11.97±0.01	0.19±0.01	11.50±0.00
13	5.71±1.51	1.25±0.06	2.29±0.01	70.85±0.01	-2.23±0.01	5.72±0.01	0.42±0.00	9.50±0.00
14	2.52±0.14	0.59±0.02	12.65±0.02	75.58±0.01	-0.58±0.01	9.13±0.01	0.24±0.00	17.25±0.35

数据来源：陕西师范大学谷物食品创新团队 2023 市场调研

2.2 发酵对燕麦奶营养成分的影响

蛋白质：燕麦是植物性蛋白和生物活性肽的最佳谷物来源之一。发酵燕麦可显著提升燕麦蛋白溶解度，利用蛋白酶降解燕麦蛋白为多肽和氨基酸等容易被吸收利用的小分子物质。吴寒等（2015）使用米根霉和植物乳杆菌发酵

燕麦后，必需氨基酸异亮氨酸、苏氨酸和赖氨酸占比显著增加。赖氨酸被称为人类第一限制性氨基酸，发酵燕麦奶能弥补饮食结构所导致的赖氨酸缺乏症，有效促进幼儿生长和发育。另外，利用枯草芽孢杆菌发酵燕麦过程中产生的蛋白酶降解燕麦蛋白制备 ACE 抑制肽，可使

ACE 抑制率达到 64.05%。ACE 抑制肽能够调节血压和心血管功能，是现今治疗高血压药物的重要成分之一。

脂肪：燕麦脂肪含量约为大米、小麦等谷物的 4 倍，其中不饱和脂肪酸含量占 75%以上，主要以亚油酸、亚麻酸等单不饱和脂肪酸的形式存在。亚油酸是维持人体正常代谢的重要物质，可显著降低胆固醇，有效预防心脑血管疾病。发酵可提高产品不饱和脂肪酸含量。史晓萌等（2018）在利用甜酒曲发酵燕麦的研究中发现，发酵 48 h 后的样品中亚油酸和油酸含量相比于未发酵燕麦分别提升 1.26 倍和 1.32 倍。

燕麦β-葡聚糖：可溶性膳食纤维可以通过延长胃的消化时间，使人具有更长时间的饱腹感，从而降低食欲。燕麦β-葡聚糖占燕麦总膳食纤维含量的 45%左右，可显著改善糖脂代谢。肠道菌群也可利用燕麦β-葡聚糖产生短链脂肪酸（乙酸、丙酸和丁酸等），同时促进肠道中的有益菌且抑制有害菌的生长，防治肥胖、糖尿病、心血管疾病等多种代谢疾病。

酚类：燕麦富含酚酸和黄酮类等生物活性物质，酚类成分需要以可溶的形式进入血液循环系统，发挥功能特性，然而谷物中酚类化合物通常与麸皮中的细胞壁基质相连，以酯化形式出

现，难以利用。王家琛等（2017）利用冠突散囊菌发酵燕麦，发酵物游离多酚物质含量显著提升。贝琦（2018）利用红曲霉菌固态发酵燕麦后，发酵液中游离态多酚含量增长显著，达到总酚含量的 54.24%。刘善鑫等（2019）在利用冠突散囊菌固态发酵燕麦的研究中发现，样品中黄酮含量是未发酵燕麦的 3.8 倍，阿魏酸含量是未发酵燕麦的 4.2 倍。燕麦蒽酰胺是燕麦所特有的酚类化合物，具有抗炎症、抗氧化等健康功能，降低心血管疾病等慢性代谢性疾病发生风险。然而现阶段探究利用微生物发酵燕麦对蒽酰胺含量影响的研究鲜有报道。

然而发酵燕麦奶并不总是有益的，因为一些重要的植物化学物质可能被用作该过程的底物，而可能同时产生一些重要的次生代谢物，即酚类化合物，如绿原酸和槲皮素在红曲发酵后在燕麦中检测到。另一方面，一些重要化合物可能在此过程会丢失，例如，芥子酸在未发酵的产品内含量很高，但是在发酵燕麦奶中未检测到。这再次表明了标准发酵过程的重要性，发酵过程可以双向影响产品，即有益于过程或可能对过程产生不利影响。

2.3 燕麦奶营养强化

必需营养素是指食物成分中促进和维持机体健康生活所必需、人体无法合成足够量的物质。食品营养强化剂是指人为增加营养成分而加入食品中的天然的或人工合成的属于天然营养素范围的食品添加剂，不仅可以补充人们日常所需的营养物质摄取，而且能够对疾病的控制和预防起到非常好的效果。植物乳的风味独特，在一些应用场景优于牛奶，但在营养上却难以与牛奶媲美，因此为提高植物乳饮品营养价值，通常要强化补充蛋白质、维生素和矿物质。儿童在成长过程中需要足够的蛋白质，但是植物乳所含的蛋白质量要比牛奶少，因此此类产品需要强化补充蛋白质。钙是生长和发育所需的另一种必需营养素，而燕麦等谷物中所含钙较少，因此，在制备燕麦奶时通常进行钙强化，碳酸钙和磷酸三钙盐是常用的强化剂，碳酸钙作为钙强化剂，虽然钙稳定性较差，但生物利用率更高。

3. 燕麦奶与牛奶、其他植物乳的营养价值对比

乳制品在膳食中为人们提供一定量的能量、蛋白质、脂肪和钙。例如，牛奶为北美地区饮食贡献了近 8%的膳食能量、12%的膳食脂肪和近 16%的膳食蛋白质，此外，牛奶中的乳糖有利于促进多种微量营养素如钙、镁、磷和维生素 D

的吸收和利用。然而，由于牛奶可能引起一些问题，包括乳糖不耐症、牛奶蛋白过敏、文化或饮食选择（如素食主义），植物性饮料受到越来越多的青睐。而动物来源和植物来源的乳制品在营养价值上仍存在较大差异。

根据表 3-7 统计数据，牛奶的能量含量范围是 160 ± 2.5 kcal/250 mL，大米奶的能量为 135 ± 19 kcal/250 mL，为所有植物乳最高。燕麦奶的能量含量范围是 117 ± 13.3 kcal/100 mL，大豆乳的能量为 101 ± 21 kcal/250 mL，杏仁奶与椰奶能量显著降低。植物乳的碳水化合物含量一般低于牛奶，这是因为牛奶含有较多的乳糖，而某些植物乳产品由于配方差异也可能添加蔗糖等升高其碳水化合物含量。

除豆奶以外，多数植物乳产品的蛋白质含量较低，通常在 1%左右。豆奶和燕麦奶的蛋白质含量一般低于牛奶，牛奶蛋白质含量范围为 8.22 ± 0.55 g/250 mL，豆奶蛋白质含量最接近牛奶，其范围为 7.83 ± 1.72 g/250 mL，燕麦奶的蛋白质含量次之，范围是 2.33 ± 0.85 g/250 mL，虽高于除豆奶之外的植物乳，但低于牛奶和豆奶，因此单纯饮用燕麦奶无法满足牛奶日常所提供的蛋白质。此外，与动物蛋白质相比，植物蛋白质的平均必需氨基酸含量通常较低，且植物

蛋白质氨基酸组成往往不平衡(表 3-8),这是因为此类产品来自单一植物成分。

牛奶中钙的含量十分丰富,每单位(250ml)的牛奶中含有303 mg的钙,牛奶中所含的钙较易被人体吸收和利用,是人们补钙的好来源,豆奶中钙含量与牛奶相当,为300 mg左右,其他植物乳的钙含量均较少。市售燕麦奶往往进行营养强化以提高钙含量,满足人体营养所需。

燕麦奶膳食纤维含量最高,尤其是水溶性膳食纤维 β -葡聚糖。一项研究在24名健康人群中比较了燕麦奶、豆奶和牛奶对血脂、葡萄糖、胰岛素和血清清除自由基能力的影响。连续4周每天饮用

0.7-1 L燕麦奶降低了血浆胆固醇(4%)和低密度脂蛋白(LDL)胆固醇(9%)水平,而高密度脂蛋白胆固醇(HDL)和甘油三酯水平无明显变化。饮用豆奶降低了低密度脂蛋白胆固醇水平,而饮用牛奶显著增加了高密度脂蛋白胆固醇水平。饮用燕麦奶、豆奶或牛奶后,体重、空腹血糖、血清胰岛素和抗氧化状态都没有发生显著变化。燕麦奶降低血浆胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇的主要原因可能是由于其较高的 β -葡聚糖含量,以及饮食中的饱和脂肪被不饱和脂肪替代。此外,燕麦奶还有丰富的维生素B1、B2、E、烟酸等。

表 3-7 牛奶与市售非乳制植物性牛奶替代品(包括强化和非强化饮料)中

250 毫升的能量和营养素值(平均 $\pm$ 标准偏差)

品类	碳水化合物(g)	蛋白质(g)	脂质(g)	纤维(g)	能量(KCal)	铁(mg)	钙(mg)	钠(mg)
牛奶	12.08 $\pm$ 0.58	8.22 $\pm$ 0.55	9.00 $\pm$ 0.50	-	160 $\pm$ 2.5	0.24 $\pm$ 0.01	303	119.2 $\pm$ 6.29
大豆乳	6.39 $\pm$ 4.33	7.83 $\pm$ 1.72	4.40 $\pm$ 1.46	1.16 $\pm$ 0.49	101 $\pm$ 21	-	300 $\pm$ 150	90.7 $\pm$ 41.4
杏仁乳	5.47 $\pm$ 5.90	1.97 $\pm$ 1.06	4.45 $\pm$ 1.32	1.16 $\pm$ 0.69	73 $\pm$ 30	5.25	273 $\pm$ 145	14.3 $\pm$ 46.1
燕麦奶	19.78 $\pm$ 4.01	2.33 $\pm$ 0.85	2.55 $\pm$ 0.81	1.54 $\pm$ 0.96	117 $\pm$ 13.3	-	288 $\pm$ 148	90.2 $\pm$ 66.6
大米乳	26.50 $\pm$ 5.54	0.82 $\pm$ 0.55	2.66 $\pm$ 0.72	0.89 $\pm$ 0.86	135 $\pm$ 19	-	288 $\pm$ 147	85.6 $\pm$ 14.8
椰子乳	4.19 $\pm$ 2.98	0.53 $\pm$ 0.46	4.86 $\pm$ 1.85	1.25 $\pm$ 0.32	71 $\pm$ 38	-	280 $\pm$ 27	85.6 $\pm$ 22.3

*矿物质数值仅适用于声称强化的饮料（非强化饮料不要求在标签中提供维生素和矿物质含量），牛奶为非强化产品。

（数据来源：Paul Anna Aleena 等，2019）

表 3-8 牛奶与市售非乳制植物性牛奶替代品的氨基酸谱比较（mg/100g）

*括号中的数字是氨基酸与牛奶相比的百分比值，其值被视为 100%。

品类	组氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	赖氨酸	蛋氨酸	苯丙氨酸	苏氨酸	色氨酸	缬氨酸
牛奶*	15.00-26.00	25.00-62.00	90.00-108.0	49.0-96.0	17.0-27.0	38.0-56.0	23.0-41.00	-	33.0-53.0
豆奶	0.55-1.49 (3.66-5.73)	1.41-2.47 (5.64-3.98)	2.94-4.24 (3.26-3.92)	0.88-3.92 (1.79-4.08)	0.31-0.85 (1.82-3.15)	1.86-2.79 (4.89-4.98)	0.87-2.09 (3.78-5.09)	0.30- 0.80	1.32-2.59 (4.0-4.87)
杏仁奶	21.80-25.70 (145.33- 98.85)	29.8-39.0 (119.12- 62.90)	83.20-83.00 (92.44- 76.85)	36.20-57.4 (73.88- 59.79)	27.10-27.95 (159.41- 103.51)	50.90-50.55 (133.94- 90.27)	30.20-43.40 (131.30- 105.85)	13.90- 13.98	38.30-73.60 (116.06- 138.87)
燕麦奶	2.85-3.68 (19.0-14.15)	4.15-4.41 (16.6-7.11)	7.89-9.17 (7.76-8.49)	3.79-3.91 (7.73-4.07)	1.73-1.93 (10.17-7.15)	5.46-5.48 (14.37-9.78)	3.25-4.30 (14.13-10.49)	3.61- 4.09	5.34-6.01 (16.18-11.34)
米奶	186.6-206.6 (1244.0- 794.61)	232.1-275.8 (928.40- 444.83)	496.9-585.2 (552.11- 541.85)	118.4-179.4 (241.63- 186.87)	155.6-168.9 (915.29- 625.55)	393.3-448.5 (1035.0- 800.89)	194.0-226.6 (843.48- 552.69)	-	306.2-375.2 (927.88- 707.92)
花生奶	27.73-27.20 (184.86- 104.61)	25.41-25.50 (101.64- 41.12)	64.50-64.30 (71.66- 59.53)	36.75-36.70 (75.0-38.23)	-	-	30.02-30.30 (130.52- 73.90)	14.03- 14.50	32.63-32.79 (98.87-61.13)
椰奶	1.80-1.90 (12.0-7.31)	2.80-4.10 (11.2-6.61)	3.90-6.50 (4.33-6.02)	3.50-5.10 (7.14-5.31)	1.20-2.90 (7.06-10.74)	2.70-5.90 (7.10-10.53)	3.20-3.30 (13.91-8.05)	-	3.50-7.50 (10.61-14.15)

数据来源：吴寒（2015），史晓萌等（2018），王家琛等（2017），贝琦（2018），刘善鑫等（2019）

第四章 燕麦奶（乳）与食育实践

1. 燕麦奶（乳）与食育

“食育”概念最早由著名的日本养生学家石豕左玄于 1896 年在著作《食物养生法》中提出。日本在 2005 年公布的《食育基本法》中明确把食育定位为德育、智育、体育的基础，并认为食育的根本目的是让国民学习饮食知识，具备饮食选择能力，培养国民关于“食”的思考方式，形成健康、丰富的国民文化生活氛围（廖彬池等，2016）。食育的定义可以理解为培养获取与辨别食物、了解食物营养知识、养成科学饮食习惯，并以具体食物为载体进行道德、文化、营养科学、可持续发展意识的引导与培养的教育学科（刘晓洁等，2020）。食育是针对全民教育和学习过程的有效补充，是将

公众科普前移，通过“食”的相关科学知识和传统文化教育，赋予公众自主健康生活的能力。可见，食育是增强居民对食品营养价值认知，引导居民健康消费食品的有效途径。

在中国，食育对饮食生活的作用主要表现在促进居民饮食结构的改善、居民对食物供应链的正确理解、居民对食品安全的理解和认识、居民对传统饮食文化的继承与发展。随着人们健康意识的提高，中国现代食育主要表现为五个特征：第一，科学性。食育涉及多学科的知识 and 技能，以营养学、食品科学、农学、地理学、教育学、社会学等多学科为支撑。第二，系统性。食育涉及知识、技能、文化、观念等多个方面，工作范畴涉及农业、工业、教育、宣传、财政等多部门，是一项需要

政府、学校、企业等多主体协同推进的
系统工程。第三，动态性。食育相关知识
和理念不断更新，需要处理好传统
与现代、传承与发展的关系。第四，差
异性。不同区域、不同民族、不同年龄
存在较大的差异性，需要充分考虑其
特点，因材施教。第五，可持续发展性。
食育持续践行节约资源和保护环境行
动，坚持人与自然可持续发展理念，为
建成资源节约型社会作出新贡献。因
此，食育对促进人民生命健康至关重
要，而发挥食育引领健康的作用，仍需
政产学研多方共同努力。

虽然近年来燕麦的营养价值及健
康作用已经得到大众公认，但是，燕麦
奶作为一种营养价值丰富、健康属性
突出的新型饮品，消费认知仍有局限
性。在相关产品标准及生产规范尚不
健全的现阶段，燕麦奶产品的形式多
样，原料、加工技术及营养价值也不尽
相同，因此，科普宣传及消费引导对于
构建消费者对燕麦奶的新认知必不可

少。食育中了解食物来源、辨别食物价
值、应用营养知识、养成科学饮食习惯
的思路值得借鉴，有利于培养公众选
择燕麦奶的辨识能力，促进公众健康
饮用燕麦奶的习惯。

1.1 食育引导燕麦奶的健康消费行为

食育中从田间到餐桌全链条的教
育，有助于帮助消费者理解燕麦奶的
原辅料、加工工艺和营养价值、合理
选择燕麦奶产品、养成健康饮用燕麦
奶的习惯。燕麦奶生产企业应不断提
升加工技术、创新产品形式、生产更
加健康的燕麦奶产品。结合新产品，
引导消费理念和行为，促进全民在燕
麦奶及燕麦产品选择、消费观念等方
面趋于理性化、科学化，在感知和体
验的过程中逐渐达到科学膳食与健康
生活的目标。

1.2 食育促进燕麦奶个性化营养化品质提升

现代食育应以食物为载体，面向各年龄段和不同人群，通过研究科学吃、文明吃，进一步宣传科学饮食知识。燕麦奶作为新型饮品，其健康知识的不断宣传教育，扭转了饮料不健康的刻板印象，这也为个性化健康膳食提供了更多选择。因此，燕麦奶企业仍应针对不同营养需求人群，丰富燕麦奶的产品形式和消费场景，让消费者不仅有更充分的健康意识，也能选择个性化的健康产品。一方面强化营养功能，为血脂异常或具有控制体重需求的人群提供产品；另一方面，重视 95 后年轻化消费群体对饮品尝鲜、畅轻、休闲、社交等个性化的消费需求，提供更丰富的消费体验。

1.3 食育传承中国燕麦特色饮食文化

多年来，大量的营养学及食品学等科学研究报道和宣传教育，让燕麦的健康作用得到公认，也让更多人们了解到中国特有的燕麦资源优势，突破了原来以内蒙古、山西等西北地区为

主的地域消费限制。燕麦作为中国特色资源具有悠久的饮食文化。传统食用方式以米、面、粥为主，燕麦片作为舶来品近年来成为市场占有率及销量最高的产品形式。燕麦奶突破了燕麦传统消费形式，以便捷化的饮品形式满足现代快节奏生活的消费需求。不仅传承了中国燕麦饮食文化，而且推动了其产品形式变革和发展。

1.4 食育减少燕麦资源浪费

燕麦饮品形式越来越多样化，包括高 β -葡聚糖饮料、全谷物浓浆、咖啡茶饮伴侣等。一些产品的无渣化加工技术，避免了燕麦全籽粒的营养损失，也减少了副产物排放对环境造成的负担。燕麦奶企业可以通过更为形象具体的燕麦奶多样化产品及生产过程的宣传教育，让更多消费者认识到燕麦奶生产加工对资源的高值利用，促进人与自然协调发展。

1.5 食育倡导燕麦奶的绿色可持续生产模式

传统的食品生产是环境影响的主要因素之一。燕麦奶等植物基乳饮品缩短了从农田到餐桌的生产过程所投入的时间,减少了生产工序和环节,降低了对环境的负担。许多燕麦奶企业已经秉承绿色、低碳、可持续的发展理念,并将在营养改善、健康指导、环境保护等方面继续探索。燕麦奶生产企业应更加注重生态优先、绿色发展的理念,鼓励更多燕麦原料的种植、加工、包装、储运走绿色、高质、高效的可持续发展路线,减少化肥和农药的使用量,促进经济效益、社会效益、生态效益的协调统一。

2. 燕麦奶(乳)的健康实践

国家食物与营养咨询委员会于2014年开始探索食物营养教育示范基地的模式和运行机制,并于2017年启动了“国家食物营养教育示范基地”

的试点创建工作,截止2023年,共发展了涵盖地方县市、科研院校和龙头企业的44家国家食物营养教育示范基地创建单位,这一举措有利于提高食物生产、食品安全、食物营养的研究与产业化水平,加快社会食育的普及力度,这为像燕麦奶这样健康特征属性鲜明的产品提供了良好的宣传推广平台,其中伊利、达利、洽洽等生产植物奶的龙头企业也是食育基地创建单位之一。

2.1 从宣传推广向系统化食育发展

食育工作应上升至国家层面,由相关部门牵头,做好顶层设计,明确发展目标,制定发展规划与实施方案,多方整合来自政府、学校、媒体、NGO组织等资源,广泛合作,逐步实现多方合作共赢的局面。

燕麦奶企业应坚持可持续发展的理念,以营养健康为产品导向,引领燕麦奶领域内新技术、新产品的研发,带动新模式和新服务的形成,实现一二

三产业融合发展，促进燕麦奶产业的创新发展，推动以燕麦为代表的传统食品产业升级。以国民营养健康面临的问题和需求为导向，以燕麦奶企业为主体，构建与研究机构、高校的合作平台与发展机制，促进知识资本和产业资本的有机结合，推动多层次、全方位燕麦奶相关食品的科普教育与消费引导。

2.2 重视多渠道食育体系建设

重视学校、集体就餐、便捷消费、社区等宣传渠道建设。首先，学校作为体系性教育的重点场所，是推行食育行动和强化智力支撑的首要切入点。燕麦奶作为便捷化的健康饮品，适合作为学生营养餐为中小學生提供食物的同时，加强健康知识的宣传教育。燕麦奶企业可以重点面向小学、中学、高中三个阶段的不同学生群体，配套不同食育资料，将燕麦奶从田间到餐桌的故事，分享给大家。将燕麦奶消费理念融入到日常生活，构建多种消费场

景，从小学生开始培养燕麦奶的消费习惯。

其次，随着经济社会的高速发展，集体就餐和便捷消费场景成为越来越多人们依赖的饮食方式。便捷化的食品消费需求及中国家庭的生活方式的改变正在不知不觉地改变着人们的饮食习惯。长时间的工作使得成年人依赖食堂或方便食品，而家长的工作压力剧增下与孩子相处的时间越来越少，父母把孩子的胃交给了快餐店、路边摊、小饭店以及网上订餐等。因此，基于健康消费理念的燕麦奶教育，成为树立公众对食材选择和判断能力的契机。通过集体就餐及便捷化消费场景中燕麦奶的不同包装，宣传教育引导成年人更畅轻的饮食方式，让少年儿童明重口味食品代表的高糖、高油、高盐食品对健康的不利影响。

此外，社区作为某一领域里相互关联的大集体，人口流动相对稳定，生活支出较为固定，便于以较低的成本

开展燕麦奶宣传，集中进行植物奶科普宣教工作，强化居民健康饮食、均衡饮食意识。

2.3 食育成为践行燕麦奶健康饮食的传导介质

与燕麦奶相关的行业协会、龙头企业、学校及科研机构等联合，围绕“食育做什么”“食育怎么做”等问题，针对不同区域、不同行业、不同群体，制定燕麦奶相关系列标准、实施方案和指导手册等。燕麦奶企业可率先开展食育试点工作，大胆创新食育内容

和形式，先行先验，探索丰富多彩的、不同类型的活动模式，逐步形成示范基地和示范点，为食育的全面推广提供可复制、可借鉴的经验和模式。

各燕麦奶企业应积极承担自身社会责任，针对不同人群以及受众偏好，开展不同的食育活动，总结历年食育工作经验，打造富有特色的食育作品，使其与燕麦奶产业结合中发挥知识服务价值。当前形势下还应加大宣传及引导力度，从多方面推动食育工作的开展，实现社会效益和经济效益双丰收。

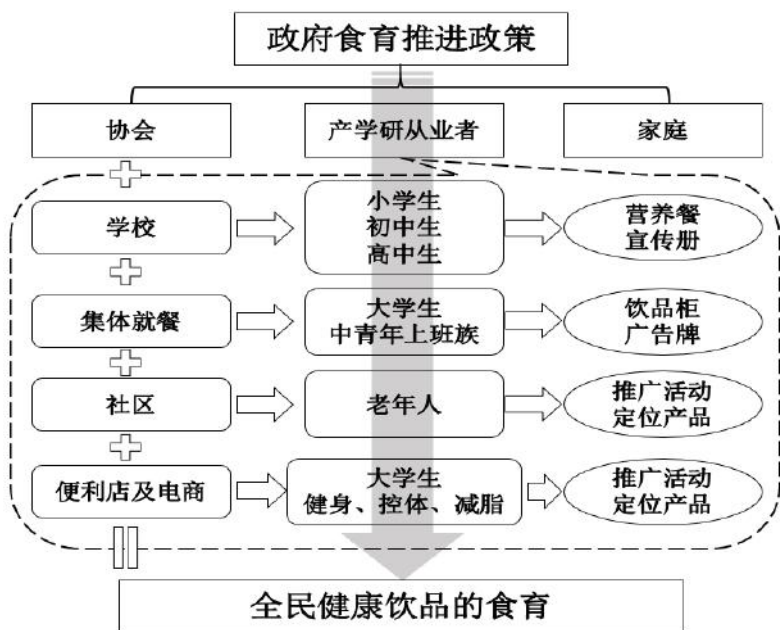


图 4-1 企业推动燕麦奶食育实践的战略架构图

3. 燕麦奶（乳）食育普及的规划及目标

借鉴食育发展历史及中国对食育的发展策略，未来燕麦奶食育发展可分为三个阶段。第一阶段，目前针对燕麦奶产品形式单一、健康作用不聚焦、消费市场有限的问题，以市场需求为导向，科研院校为技术支撑，企业为生产主体，通过丰富燕麦奶产品形式，为乳糖不耐、素食、儿童、老年人等不同消费者，提供满足植物蛋白及膳食纤维的健康需求的不同产品。同时配套宣传教育，增加国民对燕麦奶的关注，到“十四五”结束时（2025年），明显提升食用燕麦及饮用燕麦奶的国民比例。第二阶段，“十五五”期间，针对关注燕麦及燕麦奶的国民比例低、

对其健康作用了解不足的问题，进一步普及燕麦奶生产加工知识，对不同燕麦产品的营养特征、健康属性进行宣传教育，帮助消费者理解燕麦奶对于消费个体、家庭、社会的健康改善意义。增加了解燕麦奶健康作用的国民比例，引导国民关注产品标识营养声称，将选择健康饮品、营养膳食变成习惯。第三阶段，“十六五”期间，针对越来越多年轻消费群体对中国燕麦资源优势的不理解及利用不充分的问题，通过燕麦奶等植物基食品的食育，通过增加国民食用燕麦及饮用燕麦奶的频次，弘扬中国燕麦传统饮食文化，引领燕麦奶等植物蛋白及膳食纤维饮品的健康消费。

表 4-1 燕麦奶食育发展目标

时间	针对问题	预期目标	评估指标
第一阶段 至 2025 年	燕麦产品形式较单一，健康作用不聚焦，消费市场有限	满足乳糖不耐、素食、儿童、老年人群对植物蛋白及膳食纤维的不同健康需求，增加国民对燕麦奶的关注	食用燕麦的国民比例 饮用燕麦奶的人数
第二阶段 至 2030 年	关注燕麦及燕麦奶的国民比例低，对其健康作用不了解	普及燕麦奶生产加工知识，理解燕麦奶对于消费个体、家庭、社会的健康改善意义	了解燕麦奶健康作用的国民比例 关注产品标识营养声称的国民比例
第三阶段 至 2035 年	淡忘传统饮食文化，特色资源利用不充分	弘扬中国燕麦传统饮食文化，引领燕麦奶等植物蛋白及膳食纤维饮品的健康消费理念	食用燕麦及饮用燕麦奶的频次 引领燕麦奶等植物蛋白及膳食纤维饮品的健康消费

第五章 燕麦奶（乳）对上下游产业的影响

燕麦是世界八大粮食作物之一，在世界五大洲 76 个国家都有种植，主要集中在亚洲、欧洲、北美洲北纬 40° 以北地区和南半球的澳大利亚、新西兰、巴西等国家，年播种面积 1300-1500 万公顷。国外以种植皮燕麦为主，占燕麦种植的 90% 以上。燕麦在中国已有 2000 多年的种植历史，目前全国燕麦年种植面积约 70-80 万公顷，产量约 85 万吨，占世界燕麦总产量的 3% 左右（中国作物学会，2020）。作为一种药食同源作物，燕麦营养价值高，富含蛋白质、脂肪、膳食纤维、多酚、β-葡聚糖等营养功能物质，具有多种功能活性，是国际公认的保健食品（中国作物学会，2020）。近年来，随着居民的消费结构由生存导向向健康导向转变，对营养功能性健康食品的需求迅速增加，燕麦加工产品也呈现了多元化、个性化和功能化发展趋势。特别是燕麦奶品类逐渐形成，日渐受到消费者关注与喜爱。燕麦奶富含蛋白质、膳食纤维等营养成分的特性决定或影响了其对加工原料燕麦米乃至燕麦品种的要求和条件，推动了高蛋白的燕麦奶加工专用品种的选育和生产。

随着饮食观念的转变和健康消费层次的不断升级，燕麦奶也从小众的植物奶单品成为营养美味植物蛋白饮品中的主力品类之一。通过对消费人群画像分析，燕麦奶的购买人群更偏女性和高购买力，新锐白领、资深中产和精致妈妈较多，除了乳糖不耐受者、素食者和环保主义者，主力消费人群是追求健康、生活品质追求植物奶的“新新消费人群”。因而，燕麦奶在消

费群体中(特别是年轻的消费人群)大受欢迎,成为“健康、轻食、环保”的代名词。

1.对燕麦育种和生产的影响

1.1 对燕麦育种的影响

瑞典燕麦育种家 Hjalmar Nilsson 培育出了世界上第一个燕麦品种,此后各国的研究人员运用各种育种技术开展了燕麦新品种的培育。在国际上影响力较大的团队有澳大利亚农牧渔业部 Pamela. Zwer 燕麦研究团队、加拿大农业部严威凯博士燕麦研究团队和美国 Kevin P. Smith、Peter J. Maughan、Eric N. Jellen 以及 Eric W. Jackson 燕麦研究团队等,在燕麦分子育种、品质育种、抗性育种等方面成果显著。

中国的燕麦育种工作始于 20 世纪 50 年代,共经历了六个发展阶段:第一个阶段为农家固有品种收集利用阶段,在 20 世纪 50 年代初,山西、

内蒙古、河北、甘肃等省的燕麦育种工作者在没有任何现成可利用资源和资料的基础上,对农家固有品种进行收集整理、筛选和鉴定,从中选出了产量突出、品质好的农家品种在主产区进行推广。第二阶段为国外燕麦资源引进应用阶段,20 世纪 60 年代初,国内育种工作者从前苏联、加拿大、欧美等国家引进了大批燕麦品种资源。经过全国性区域适应性试验和生产鉴定试验,选出了一批抗性强、单产高的品种。第三阶段为燕麦品种间杂交选育阶段,在 20 世纪 50 年代末 60 年代初,中国燕麦育种者在直接利用引进国外燕麦种的同时,还开展了裸燕麦品种间杂交技术的研究并取得成功,很大程度上提高了中国燕麦育种水平。第四个阶段为皮、裸燕麦种间杂交育种阶段,20 世纪 70 年代初开始,从国外引进了抗倒、耐肥、抗病、高产、类型丰富的皮燕麦资源,与中国原有种质资源进行种间杂交,创新了大量

的品质资源，与生态育种方法相结合，使中国燕麦品种首次实现了“大中小”生育期、“高中低”肥力不同品种的系列化配套，平均单产提高了 30%左右。第五阶段为花培单倍体品种选育阶段，从 20 世纪 80 年代开始国内多数燕麦育种单位开展了燕麦花药单倍体育种技术的研究，但未能成功。国外则对普通燕麦的花药进行培养研究，获得了花粉愈伤组织，但只分化出一株单倍体植株。河北省张家口市农科院经过多年研究，并与中国科学院植物所等单位协作世界上首次育成了利用花培单倍体育成的燕麦品种（杨晓虹等，2012）。第六阶段为综合育种技术高速发展阶段，进入 21 世纪后，随着国家对农业科技扶持力度的加大，在国家支撑计划、“948”计划、行业科技专项、国家农业产业技术体系等项目支持下，育种技术也有了新的飞跃，如四、六倍体种间杂交技术、显性核不育材料的研究与应用、DNA 导入育种技术、分子育种技术，育成了大批不同用途新品种（表 5-1）。

表 5-1 中国燕麦育种发展不同阶段的代表性品种

育种阶段	时期	代表性品种
农家固有品种收集利用阶段	20 世纪 50 年代初	五寨三分三、李家场、丰宁大滩
国外燕麦资源引进应用阶段	20 世纪 60 年代初	坝选 3 号、永 492、华北 2 号、永 75
燕麦品种间杂交选育阶段	20 世纪 50 年代末 60 年代初	冀张莜 1 号、晋燕 3 号、晋燕 4 号、雁红 10 号
皮、裸燕麦种间杂交育种阶段	20 世纪 70 年代初	品 5 号、品 2 号、品 6 号、品 1 号、品 14 号、品 16 号、内莜 1 号、内莜 2 号、晋燕 5 号

花培单倍体品种选育阶段	20 世纪 80 年代	花早 2 号、花中 21 号、花晚 6 号
综合育种技术高速发展阶段	21 世纪以来	冀张燕系列、冀张莜系列、白燕系列、蒙燕系列、晋燕系列

进入 21 世纪以来，在国家燕麦荞麦产业技术体系建设等项目的推动下，燕麦科研形成的大合作，组建了中国燕麦研究团队，目前国内从事燕麦育种的单位在 30 多家，研究人员 170 多人，针对燕麦育种面临的“育种技术单一、方法陈旧、周期长、优良品种少”等问题开展技术创新。一方面引进和利用国外燕麦资源，创制中外杂交后代材料；另一方面利用中国独有的显性和隐性核不育资源，解决四六倍体杂交不育难题，攻克裸燕麦花药单倍体育种技术屏障，创新带芒标记性状集成优选等 4 项关键技术，创建了高效育种技术体系。技术体系的建立破解了燕麦杂交聚合慢、异源优质基因库缺乏、优良基因整合效率不高、抗病

优质基因狭窄和优良标记性状难辨别等技术难题，育成系列的品种由过去单一的高产类型，逐渐发展形成了满足中国复杂种植生态环境对燕麦品种多元化和加工产品多样化的需求（任长忠等，2016）。

近年来，随着居民的消费结构由生存导向向健康导向转变，对营养功能性健康食品的需求迅速增加。国内外研究人员对燕麦营养价值和保健功能的研究不断深入，燕麦加工产品也呈现了多元化、个性化和功能化发展趋势。其中以燕麦为原料的植物蛋白饮料开发成为热点，如瑞典的 OATLY 公司在上世纪 90 年代就开发了纯燕麦奶，该产品具有类似牛奶的口感和外观，口感爽滑、风味柔和。作为植物

蛋白饮料类产品，除了具备一定的碳水化合物、脂肪、维生素、膳食纤维等营养成分，高蛋白是其突出特点，也是对生产原料(如燕麦)的第一要求和限制因子。燕麦是优质的谷物蛋白质来源，中国裸燕麦的蛋白质含量平均为14.5%，高于小麦、水稻和玉米，燕麦籽粒中蛋白质主要集中分布于皮层、糊粉层细胞中；其中，燕麦皮层中蛋白质占燕麦籽粒总蛋白含量的44.5%-62.8%。从蛋白组成看，球蛋白约占总蛋白的50%-80%，谷蛋白19%-22%、醇溶蛋白4%-15%、清蛋白1%-12%，其中球蛋白含量显著高于其他谷物。燕麦总氨基酸含量较高，达249.9 g/kg，其中支链氨基酸含量平均值为29.6 g/kg，支链氨基酸中最重要的氨基酸之一异亮氨酸在燕麦中平均含量达12.6 g/kg，显著高于其他谷物(任长忠等，2022)。

研究人员也针对适宜加工燕麦奶的燕麦专用品种进行了筛选和评价。

如国内育种人员选育出了系列适合加工燕麦奶(乳)的高蛋白品种“晋燕9号”“晋燕12号”“品燕1号”“定莜5号”“定莜8号”“冀张燕1号”“白燕1号”和“白燕3号”，这些品种的蛋白质含量达到18%以上显著高于一般品种，特别是“晋燕9号”“定莜5号”“定莜8号”三个品种的蛋白质含量已超过了20%(任长忠等，2016)。β-葡聚糖是存在于燕麦胚乳和糊粉层细胞壁的一种非淀粉多糖，是以混合的β-(1→3)-糖苷键、β-(1→4)-糖苷键连接而成的D型葡萄糖聚合物，具有降低血脂和胆固醇的作用，对预防和治疗心脑血管疾病以及糖尿病有重要功效。作为一种可溶性膳食纤维，β-葡聚糖能够在燕麦奶加工工艺过程中得以最大程度的保留，因此高β-葡聚糖含量的燕麦品种也是营养功能型燕麦奶加工专用原料。近年来国内育种人员育成了高β-葡聚糖加工专用品种“青莜2号”和“坝莜9

号”，其 β -葡聚糖含量分别为 6.85% 和 6.12%，远高于其他品种(3-4%)，可以作为富含 β -葡聚糖燕麦奶的加工专用品种（任长忠等，2016）。

淀粉是燕麦籽粒的主要成分，含量为 50%-60%，其组成和糊化特性直接影响了产品的加工特性。淀粉酶酶解是燕麦奶加工的关键环节，淀粉酶酶解如果不彻底会与 β -葡聚糖形成高黏度的胶体，在贮藏过程中也容易出现老化现象，导致形成团块、口感变粗、风味减弱现象，最终影响了产品的稳定性和口感。因此燕麦淀粉性质也是燕麦奶加工的关键影响因子。研究人员通过对 42 份国内燕麦主产区品种

的淀粉含量、糊化特性及酶解后燕麦浆稳定性分析发现品种对燕麦淀粉性质及加工稳定性有影响：这 42 份材料总淀粉和直链淀粉含量的变幅分别为 54.94%-65.85%和 8.26%-15.49%；糊化特性中，糊化温度变异系数最小（12.10%），而破损值变异系数最大（158.30%），有 25 个品种的破损值为 0，而河北坝蓂 1 号和 S109-61-31 两个品种的破损值最大；酶解后四川的白燕 2 号和盐源 1 号、宁夏的白燕 2 号、甘肃的定蓂 7 号等品种回生值较小，较适宜燕麦奶加工(表 5-2)(顾军强等，2014)。

表 5-2 国内主产区不同燕麦品种的淀粉含量和糊化特性

产地	品种名称	糊化温度 (℃)	峰值黏度 (cm ² g)	低谷黏度 (cm ² g)	破损值 (cm ² g)	最终黏度 (cm ² g)	回生值 (cm ² g)	总淀粉 (%)	直链淀粉 (%)
河北	坝筱 1 号	87.50	35.70	32.90	2.80	84.70	51.80	65.85±1.58a	15.49±0.76a
	花早 2 号	86.90	37.80	37.80	0.00	89.60	51.80	63.83±0.15ab	13.14±0.35cdef
	花晚 6 号	87.90	33.60	33.60	0.00	81.90	48.30	64.34±0.99ab	13.34 0.62cdef
	品 5	85.20	36.40	35.00	1.40	60.20	25.20	63.28±0.78bc	14.27 1.32bcde
	H44	88.20	36.40	36.40	0.00	69.30	32.90	62.97±0.16bc	14.69±0.29ab
	S109-61-31	88.00	31.50	28.70	2.80	63.70	35.00	62.09±0.03bc	14.30±0.44abc
山西	晋燕 8 号	90.50	28.00	27.30	0.70	67.90	40.60	62.04±0.32cd	12.86±1.15efgh
	晋燕 9 号	89.30	24.50	23.10	1.40	66.50	43.40	61.76±0.77de	12.22±1.32ghijk
	品燕 1 号	87.00	35.00	33.60	1.40	63.70	30.10	61.94±0.87de	11.25±0.79hijkl
	白燕 2 号	89.60	32.20	32.20	0.00	72.80	40.60	61.21±0.72ef	11.33±0.87hijkl
	坝筱 8 号	90.70	26.60	26.60	0.00	64.40	37.80	61.06±0.30ef	11.13±0.53hijkl
	晋燕 13 号	55.40	40.60	40.60	0.00	77.00	36.40	61.84±0.18de	11.10±0.75ijklm
	坝筱 1 号	89.00	30.80	30.80	0.00	58.10	27.30	60.23±1.39fg	11.27±0.21ghijkl
	坝筱 8 号	90.20	27.30	27.30	0.00	58.10	30.80	61.56±1.41ef	11.53±0.49ghijkl
内蒙古	燕科 1 号	89.60	28.00	28.00	0.00	65.10	37.10	58.83±0.76hij	11.34±1.26ijklm

	草蓼 1 号	87.40	36.40	36.40	0.00	70.70	34.30	59.30±0.30fg h	11.43±0.61ghijkl
	内燕 5 号	30.20	6.30	4.20	2.10	18.90	14.70	59.52±0.86hij	11.22±0.35hijl
甘肃	定蓼 1 号	91.80	21.00	21.00	0.00	53.90	32.90	59.22±0.08fg h	12.24±0.16ghijkl
	定蓼 2 号	91.10	24.50	24.50	0.00	58.80	34.30	58.80±1.62hij kl	11.55±0.35hijl
	定蓼 3 号	91.10	24.50	24.50	0.00	60.20	35.70	58.72±0.51hij	12.06±1.03ghijk
	定蓼 4 号	91.00	19.60	18.90	0.70	57.40	38.50	57.84±1.01ijkl	11.81±0.29fghij
	定蓼 5 号	90.90	25.20	24.50	0.70	61.60	37.10	58.05±0.51hij kl	11.11±0.09ghijkl
	定蓼 6 号	90.40	29.40	29.40	0.00	69.30	39.90	57.56±1.36jkl m	8.26±0.43q
	定蓼 7 号	89.30	25.90	25.90	0.00	67.90	42.00	58.36±1.19hij kl	10.32±0.48klmn
	定蓼 8 号	91.90	21.00	20.30	0.70	60.20	39.90	57.49±0.59ijkl	8.77±0.59opq
吉林	白燕 2 号	87.10	32.20	30.80	1.40	74.90	44.10	58.36±1.35hij kl	11.25±0.57hijkl m
	白燕 4 号	88.50	27.30	27.30	0.00	68.60	41.30	57.88±0.17hij kl	13.40±1.38defg
	白燕 5 号	86.80	38.50	37.80	0.70	64.40	26.60	57.80±1.58jkl	14.97±0.17a
	白燕 8 号	91.30	24.50	24.50	0.00	55.30	30.80	57.62±0.17hij kl	11.95±0.36fghi
云南	昭通	91.50	29.40	28.70	0.70	63.00	34.30	59.08±1.29hij k	10.77±0.79jklmn
四川	川燕 1 号	87.70	36.40	36.40	0.00	67.20	30.80	58.73±0.63hij k	12.41±0.55efgh
	白燕 2 号	86.70	42.00	42.00	0.00	69.30	27.30	57.79±0.23hij kl	9.95±0.76mnop
	白燕 11 号	87.60	36.40	36.40	0.00	56.70	20.30	56.87±0.62kl mn	11.09±0.49hijkl m
	盐源 1 号	87.80	34.30	32.90	1.40	67.90	35.00	56.85±0.89lm no	14.13±0.53abcd
	盐源 2 号	86.90	39.90	39.20	0.70	77.00	37.80	57.56±1.17jkl	14.08±0.38abcd
西藏	白燕 8 号	88.40	34.30	34.30	0.00	56.00	21.70	55.22±0.93no	8.67±0.86pq

青海	青引 3 号	89.70	32.20	32.20	0.00	65.10	32.90	55.61±1.37no	11.56±1.05hijkl m
新疆	白燕 2 号	89.30	27.30	27.30	0.00	58.80	31.50	55.19±0.57m	12.33±0.34efgh no
	花晚 6 号	89.60	29.40	29.40	0.00	72.10	42.70	54.94±0.83o	10.93±0.79ijklm
宁夏	宁筱 1 号	90.20	29.40	28.70	0.70	72.10	43.40	55.35±1.21o	9.58±1.02nopq
	燕科 1 号	91.70	27.30	27.30	0.00	52.50	25.20	55.58±1.54o	10.54±0.26ijklm
	白燕 2 号	92.20	21.00	21.00	0.00	54.60	33.60	56.56±0.65lm	10.09±0.48lmno no
	平均值	86.98	30.00	29.52	0.48	64.70	35.18	59.16	11.80
	最大值	92.20	42.00	42.00	2.80	89.60	51.80	65.85	15.49
	最小值	30.20	6.30	4.20	0.00	18.90	14.70	54.94	8.26
	CV	12.10	22.93	23.67	158.3	17.12	22.43	4.61	14.27
0									

注: 表中数据相同字母表示差异不显著, 不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

研究人员通过脂肪、蛋白质含量等营养指标从国内外收集 11 份藜麦品种（其中国内 9 份）中筛选出 5 个燕麦品种，研究不同品种对燕麦奶稳定性和营养品质的影响。结果发现不同品种制得的燕麦奶稳定性由高到低依次为：品燕 1 号 > 白燕 2 号 > 定筱 10 号 > 坝筱 1 号 > 澳麦。品燕 1 号所制作的燕麦奶黏度最高，平均粒径最小（ $5.09\ \mu\text{m}$ ），四个国产燕麦品种所制作的燕麦奶蛋白含量高于国外品种澳麦。此外还发现燕麦奶中蛋白和 β -葡聚糖含量与其在籽粒中的含量成正比；燕麦籽粒蛋白含量与乳液稳定性表现出强相关性。最终通过主成分分析得出品燕 1 号、定筱 10 号、白燕 2 号较为适宜制作燕麦奶，而一般适宜制作燕麦奶的品种为澳麦、坝筱 1 号（刘婷玉，2021）。

1.2 对燕麦生产的影响

燕麦是世界八大粮食作物之一，在世界五大洲 76 个国家都有种植，主要集中在亚洲、欧洲、北美洲北纬 40° 以北地区俄罗斯、加拿大、美国、德国、芬兰、中国等国家以及南半球的澳大利亚、新西兰、巴西等国家。年播种面积基本稳定 1000 公顷。国外以种植皮燕麦为主，占燕麦种植的 90% 以上。燕麦在中国已有 2000 多年的种植历史，裸燕麦起源于中国，是中国燕麦的主要栽培种，全国燕麦年种植面积约 70-80 万公顷，产量约 85 万吨，占世界燕麦总产量的 3% 左右。主要分布于华北内蒙古、河北、山西三省区，西北的陕西、甘肃、宁夏、青海四省区和西南云贵川的大小凉山地区，以及东北部分地区。其中华北地区的内蒙古、河北、山西等省区的种植面积约占全国总面积的 80%，同时内蒙古居全国种植面积之首，约占全国总面积的 35%（杨崇庆等，2022）。

据 FAO 数据统计（图 5-1），近十年，全球燕麦生产起伏不大，发展基本平衡。2021 年全球燕麦种植面积 956.25 万公顷，总产量为 2257.16 万吨，较 2020 年分别减少 2.39%和 12.17%（FAOSTAT，2023）。据国家燕麦荞麦产业技术体系统计，2021 年中国燕麦种植面积约 78.67 万公顷（较 2020 年增加 2.61%），其中籽粒燕麦 43.33 万公顷、饲草燕麦 35.33 万公顷，收获燕麦籽粒 78 万吨（较 2020 年增加 3.17%），燕麦饲草 320 万吨。2020 年中国燕麦种植面积约为 76.67 万公顷，籽粒总产量约 75.6 万吨。

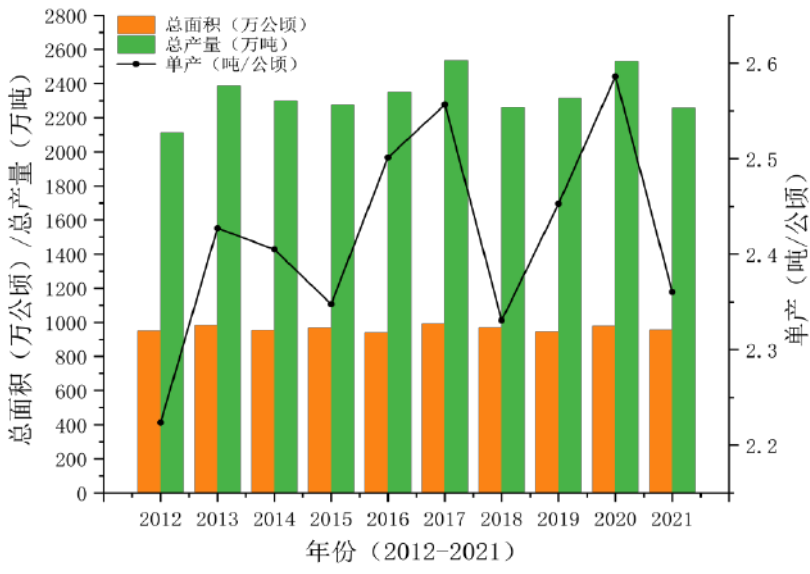


图 5-1 近十年世界燕麦生产情况

随着农户和专业合作社也对燕麦产业价值的逐渐认可，以及消费者对燕麦营养健康功效认知不断提高，中国燕麦市场总体趋好，市场需求不断增大，燕麦产业快速发展。据智研咨询整理，中国的燕麦进口量大于出口量，

其中2021年中国燕麦进口9.62万吨， 313446561 美元 ,同比增长 360.8% ,
出口仅为 98 吨。据中国海关数据， 出口金额为 89675 美元，同比增长
2021 年中国燕麦进口金额为 36.2% (图 5-2，图 5-3)。

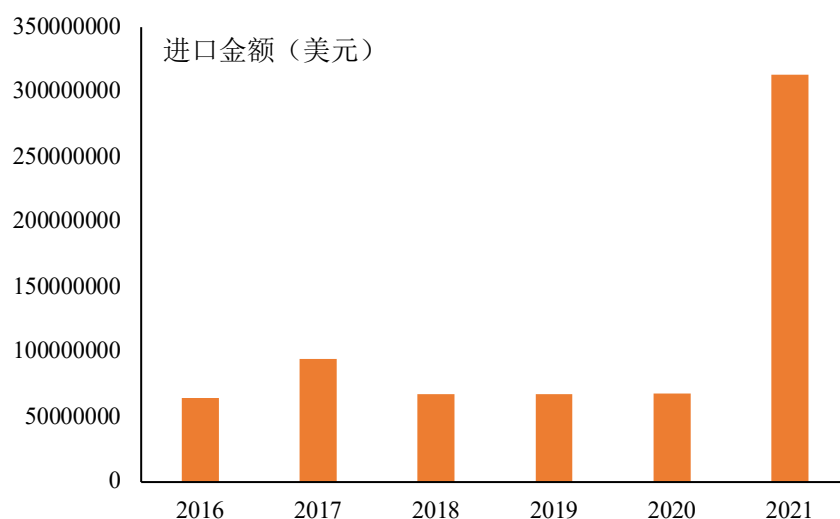


图 5-2 2016-2021 年中国燕麦进口金额

(资料来源：中国海关、智研咨询整理)

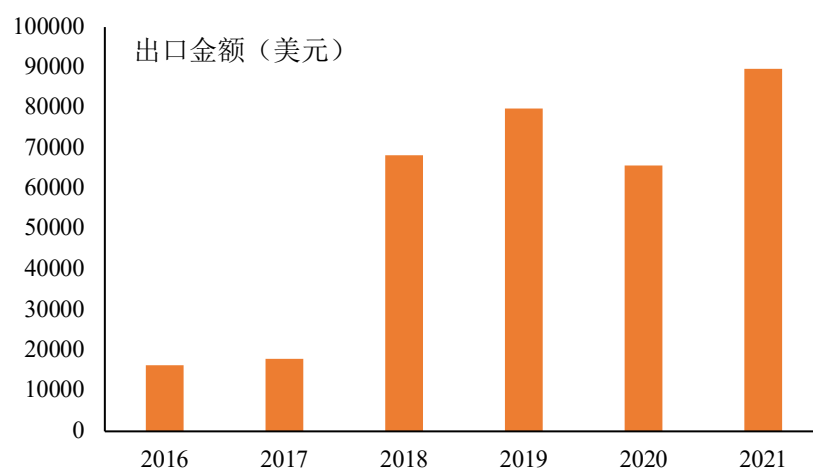


图 5-3 2016-2021 年中国燕麦出口金额

(资料来源：中国海关、智研咨询整理)

据国家燕麦荞麦产业技术系统计,中国燕麦年均总产量 85 万吨左右,企业总加工能力约 73 万吨,其余为种子和家庭消费,总产值约 65 亿元。目前,中国主要的加工食品是燕麦粉(传统食品)、燕麦片和燕麦米。燕麦粉(传统食品)占 50 %左右,排名第二的燕麦片占 25% 燕麦米约占市场的 15%,其他的燕麦奶(乳)、保健产品和化妆品等高附加值产品约占 10%。尽管燕麦奶等高附加值产品在国内市场占比相对较低,但是近年来因其经济效益高市场占比快速增长,从而推动了国内燕麦的生产。

中国燕麦种植面积广,品种多样,其蛋白质、淀粉、葡聚糖、脂肪含量等营养指标以及糊化特性、白度等加工指标方面,在不同产地、不同品种之间存在显著差异。不同的加工用途对燕麦生产也提出了要求,引起了研究人

员关于不同生态环境和栽培方式对燕麦营养、加工品质影响的研究兴趣。

中国农业科学院周海涛(2014) 从全国已育成的 91 个裸燕麦品种中选出白燕 2 号、白燕 14 号、花早 2 号、坝蓓 1 号、内燕 5 号、燕科 1 号、晋燕 8 号、晋燕 14 号、定蓓 1 号等 9 个具有代表性并且大面积推广应用的品种,在全国燕麦产区选取 15 个试验点(涵盖 10 个省区)进行统一种植,比较籽粒营养品质差异,结果发现产地对营养品质的影响大于品种;华北、东北地区粗蛋白含量显著高于西南地区,而粗脂肪、粗淀粉含量西南地区要显著高于其他地区;粗蛋白与海拔高度极显著负相关($r=-0.611$),粗脂肪与海拔高度极显著正相关($r=0.717$),粗淀粉与海拔高度显著正相关($r=0.498$);蛋白质含量的差异中,环境因素占 89.14%,而品种差异仅占 8.06%;淀粉含量差异中,环

境因素占 81.06%，品种差异占 13.91%；对脂肪含量而言，品种差异 (79.52%)大于环境因素(19.88%)。

中国农业科学院赵福利 (2016) 对甘肃、河北、山西、内蒙古和吉林等燕麦主产区的 31 个品种的理化、营养和加工品质指标进行分析，结果发现，直链淀粉、干粒重和总酚的品种变异性较大，总淀粉和白度的品种差异性最小；脂肪酸组成中油酸和糊化特性中崩解值的品种变异性显著；采用主成分分析对各品质指标相关性展开分析，糊化特性(第一主成分 PC1)和营养品质(第二主成分 PC2)的贡献值分别为 40.60%和 22.85%，并将燕麦品种大致分为两类：甘肃、吉林、宁夏等产区燕麦品种具有高蛋白、高总酚、高赖氨酸、高不饱和脂肪酸和低糊化黏度、低回生值特点，河北、山西、内蒙古等产区燕麦品种具有低蛋白、低总酚、低赖氨酸、低不饱和脂肪酸和高糊

化黏度、高回生值特点 (图 5-4)；为燕麦制品的加工适宜性评价和专用品种的筛选提供了支撑。

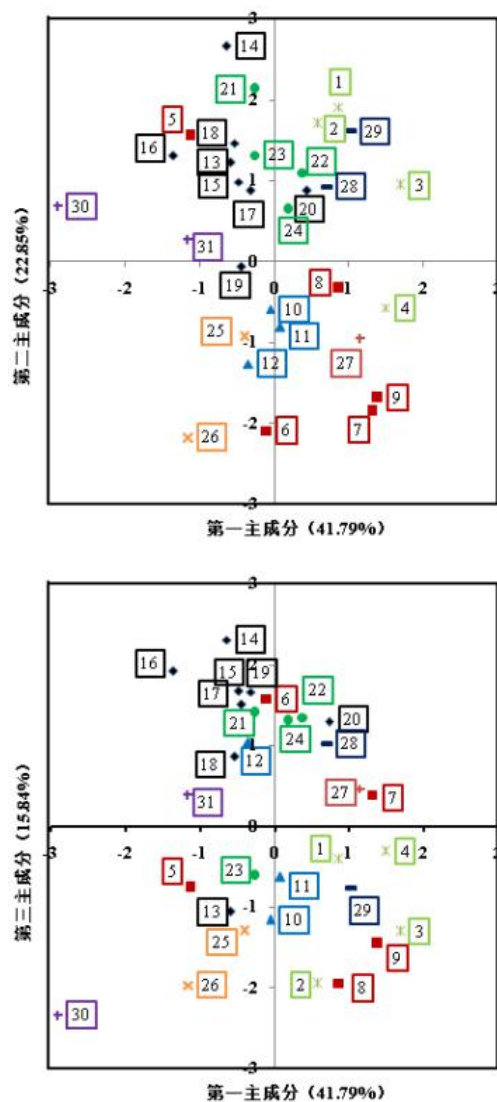


图 5-4 不同产地燕麦品种在主成分上的得分图 (赵福利，2016)

注：9 种不同颜色代表 9 个不同产地的燕麦品种，分别为浅绿色-河北省(1、2、3、4)；深红色-山西省 (5、6、7、8、9)；蓝色-

内蒙古（10、11、12）；黑色-甘肃省（13、14、15、16、17、18、19、20）；绿色-吉林省（21、22、23、24）；橙色-云南省（25、26）；红色-四川省（27）；深蓝色-新疆维吾尔自治区（28、29）；紫色-宁夏自治区（30、31）

2. 对生态环境的影响

种植燕麦可以防风固沙。燕麦是禾本科燕麦族燕麦属草本植物，具备产量高、耐旱、耐寒、耐贫瘠等优良特性，在高寒地区也能获得较高的产量，在缓解高寒地区饲草缺乏、促进畜牧业可持续发展中发挥着巨大作用（刘振恒等，2007）。随着藏北高寒牧区人工草地面积不断增加，燕麦种植面积也逐年递增，燕麦逐渐成为藏北高寒牧区畜牧业生产和冬春两季防抗灾饲草料的重要饲草来源。在荒地、极度退化地种植燕麦可以有效防风固沙、减少地表径流和土壤水分蒸发。在藏北高寒退化草地恢复中种植多年生牧

草，也可以优先选择燕麦作为保护种，在降低蒸发量、保持水土的同时形成一定的产量，弥补多年生牧草播种当年效益低的缺陷。随着抗寒、抗旱、抗盐碱等燕麦专用品种的成功突破，燕麦将在天然退化草地植被修复、沙化和盐碱化土地治理中发挥更加重要的作用（陈金林等，2023）。

与动物奶生产相比，燕麦奶生产可以减少温室气体排放，节约土地资源，降低水耗。生产 1 L 燕麦奶，大约需要 1 m² 的土地、48 L 水，排放二氧化碳 0.9 kg。生产 1 L 牛奶需要超过 9 m² 的土地，以及大约 628 L 的水，排放 3.2 kg 的二氧化碳。从数据上来看，生产燕麦奶可以减少温室气体排放，节约土地资源，降低水耗。燕麦奶企业 OATLY 始终在生产、运输、包装、耕种等各方面被设定目标，减少公司对环境的影响，具体表现为：减少用水、有效处理废水，使用再生能源，节约土

地资源,减少温室气体排放,避免使用对可持续发展有风险的原料成分,选择坚持可持续发展的原材料供应商,运输追求无矿物燃料以及增加包装材料中的可再生材料或者回收材料的比

例。此外,OATLY在其招股书中提到,用1L燕麦奶(图5-5)代替牛奶,可减少约80%的温室气体排放、79%的土地使用量以及60%的能源消耗(特指瑞典境内)。



图 5-5 OATLY 燕麦奶

3. 对乡村振兴的影响

在燕麦奶一二三产融合,助力乡村振兴的道路上,燕麦奶企尝试在国内燕麦育种、规模化种植、生产标准规范、燕麦产品深加工、销售仓储等方面助力,促进燕麦产业体系升级,带动全产业链发展。同时,越来越多的燕麦奶企业通过订单种植、金融帮扶等方式帮助农民增产创收,助力乡村振兴。西麦通过签约燕麦种植主产区,以公司+基地+农户的模式,与农户互利发展,

推动农村一二三产融合发展的同时,打造燕麦产业生态圈(消费日报网,2021)。内蒙古阴山优麦食品有限公司在2018至2020年间帮助4430户贫困户实现订单种植,每亩增收150元,户均收入增加3300元(内蒙古人民政府,2022)。

4. 对消费者饮食的影响

国内植物蛋白饮料其实由来已久,只是发展的不温不火。但是近年来,近些年来,随着消费者对健康的关注度

越来越高，消费理念不断升级，“健康饮品”的需求也随之而来，再加上素食文化的兴起、乳糖不耐者的需求被放大、对环境问题与动物福祉的责任感等，植物蛋白饮料这类具有“健康”“低卡”标签的饮品受到了越来越多消费者的青睐，市场也开始快速发展起来。2018 年瑞典燕麦奶品牌 OATLY 进入中国市场，与精品咖啡厅合作，瞄准 25-45 岁新中产阶级、千禧一代、90 后、乳糖不耐受者、牛奶过敏者、健身人士和环保主义者等新消费人群，满足消费者的个性化、环保、健康等需求，不仅给消费者提供了更加多样的选择，而且推动了燕麦产业进一步向营养、健康方向升级。

4.1 符合消费者对营养健康的需求

燕麦已成为世界公认的健康食品，消费者对燕麦及其加工产品的需求在不断增长。燕麦含有较高的蛋白质、脂

肪、可溶性膳食纤维等宏量营养素，也富含多酚化合物、生物碱、矿物质、维生素等微量营养素。研究表明，食用燕麦产品能够有效降低心血管疾病风险，表现在具有降血压、改善动脉粥样硬化、降低餐后血糖水平、增加胰岛素反应、抗肿瘤、免疫调节、调节肠道菌群、预防和治疗皮肤炎症、瘦身减肥、平衡心态、解除焦虑等功效。

从成份上看（表 5-3），常见市售燕麦奶的蛋白质含量区间在 0.2-1 g/100mL，脂肪含量区间为 1.5-3 g/100mL，碳水化合物含量区间为 3.3-9.5 g/100mL，钠含量区间为 35-52.6 mg/100mL，钙含量区间为 100-120 mg/100mL。大部分营养功能物质在燕麦奶加工过程中得以最大程度的保留，同时，与动物奶相比，燕麦奶无生产激素、无抗生素、无胆固醇、无乳糖，满足了消费者对营养健康膳食及乳糖不耐受的需求。

表 5-3 市售燕麦奶（乳）饮品营养成分含量（每 100mL）

品牌	产地	价格 元/100mL	包装规 格 mL	能量 kJ	膳食纤 维 g	脂肪 g	碳水化合 物 g	蛋白质 g	钠 mg	钙 mg
CalifiaFarms 燕麦奶	美国	4.55	1000	175	/	2.9	3.3	0.8	42	102
Minor Figures 小人物咖啡师	英国	4.60	1000	205	/	2.1	9.5	0.2	52.6	120
OATLY 原味燕 麦露	荷兰	3.5	1000	191	0.8	1.5	6.6	1	42	120
伊利植选燕麦奶	济南	3.14	315	222	3.2	3	3.5	1	35	/
OATOAT 燕麦 咖啡大师	张家口	3.10	280	267	/	3	8.2	1	47	/

注：源自《中国植物性食品产业发展报告》。

随着燕麦奶加工工艺的改进和升级，燕麦奶产品的口感和外观与牛奶类似，口感爽滑、风味柔，具有天然的燕麦香味，特别是作为基底加入到咖啡中，独具特色风味，燕麦拿铁以及创意燕麦特调更成为社交网络上最火爆的时尚潮流饮品之一。

4.2 迎合素食文化的兴起

素食，表现出回归自然、回归健康和保护地球生态环境的返朴归真的文

化理念。素食主义是一种饮食的文化，实践这种饮食文化的人称为素食主义者，这些人不食用来自动物身上各部分所制成的食物。在美国有 1/10 人口、英国有 1/6 人口已经或正在考虑成为素食者(Vegetarian society ,2022)。据统计，中国绝大多数素食主义者均为社会层级较高、文化程度较高、有着较好经济基础或稳定收入的中高端人群。悄然传播的素食文化，从原较集中

在宗教信仰者中的饮食坚持，到全球化的健康生活方式，使得素食越来越成为一个全球时尚的标签。素食，已经成为一种全新的环保、健康生活方式。尽管研究表明，素食主义能够降低肥胖、糖尿病、肠癌、骨质疏松等代谢性疾病的发病风险。但长期吃素也会导致蛋白质摄入不足、贫血、缺乏维生素等问题。对于素食主义者来说，以燕麦奶为代表的营养丰富、风味独特的植物奶是更爱接受的健康蛋白质和其他营养素来源。

4.3 唤起更多消费者关注低碳可持续饮食

燕麦奶主要以燕麦为原料，处于食物链上游，一定程度上可缓解传统动物奶制品生产过程中存在的环境保护和动物福利问题，符合低碳绿色可持续发展理念。表 5-4 列出了生产 1 升 蛋白饮品所需要的环境资源的投入（Poore 等，2018），可以发现生产燕麦奶等植物蛋白饮料所需的二氧化碳、土地和水资源的投入远远低于生产牛奶所需的资源投入。

表 5-4 生产 1 升的蛋白饮品对环境的影响情况

品类	二氧化碳（kg）	土地资源（m ² ）	水资源（L）
牛奶	3	9	628
杏仁奶	0.7	0.5	371
糙米乳	1.2	0.3	270
豆奶	1	0.7	28
燕麦奶	0.9	0.8	48

注：数据源自 Poore 等，2018

事实上，一些国际的植物基食品公司高度重视可持续发展战略。以 OATLY 公司为例，其一直致力于推动食品可持续发展战略，每年都发布可持续发展报告。

2022 年可持续发展报告 (<https://www.oatly.com/sustainability>) 中显示，OATLY 全球的碳排放为 310,537 吨 CO₂e (二氧化碳当量，包含范围 1 到 3，详情可查看 <https://ghgprotocol.org/>)，平均到每升燕麦奶的碳排放是 0.582 kg CO₂e/L，比 2021 年 0.629 kg CO₂e/L 进一步降低了碳排放。

第六章 燕麦奶（乳）与可持续发展

2015 年，联合国可持续发展峰会发布“2030 年可持续发展议程”，该议程涵盖 17 项可持续发展目标、169 个具体目标。围绕绿色与可持续发展理念，对社会、个人等不同层面提出一定要求，以期有效应对营养健康、绿色消费、气候变化等的挑战。可持续发展不仅是国内共同关切的重大命题，同时在国际社会也被广泛关注。

1. 燕麦奶（乳）碳足迹评估

碳足迹是指由企业机构、活动、产品或个人引起的温室气体排放的集合。根据《京都议定书》，温室气体以二氧化碳当量核算，包括二氧化碳（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）、氧化亚氮（ N_2O ）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）及六氟化硫（ SF_6 ）（段晓雪，2018）。

2016 年，国际环保组织“野生救援”

发布的《为明天而食：中国如何通过“拣食”减缓气候变化》报告指出，温室气体主要来源是畜牧业，超过所有交通工具的排放量总和。联合国粮食及农业组织（FAO）2013 年的数据显示，畜牧业排放的温室气体占全球排放量的 14.5%。2018 年，由“保护动物”组织推动的“反牛奶运动”也获得了众多环保人士的认同和支持。

近年来，随着温室效应对地球气候环境的负面影响加剧，降低碳排放已经成为各国政府的重要工作。中国承诺在 2030 年实现碳达峰，使二氧化碳的排放量不再增长，争取在 2060 年实现碳中和，即通过环保举措抵消自身产生的二氧化碳排放量。低碳环保理念逐渐深入民众之心。

2023 年初，OATLY 为其在北美
的四种酸奶产品推出了气候足迹标
受到关注。在中国，OATLY 率先参与了
由中华环保联合会发起的团体标准
《食品碳足迹评价技术通则》的起草
和编订，此团标有助于推动食品企业
低碳转型升级、引导公众低碳消费。

可持续发展作为 OATLY 三大核
心理念之一，OATLY 在生产、运输、
包装等各方面都设定了相关目标，以
减少公司对环境的影响。比如：减少用
水、降低损耗、使用再生能源，节约土
地资源，减少温室气体排放等。在生产
方面，工厂实现了 100%使用可再生能
源的目标，大大降低了工厂的碳排放，
实现了生产过程的可持续发展；工厂
还进行了燕麦渣的回收利用，与海藻
复合制成可降解材料。与此同时，
OATLY 进行本地产能建设，减少运输
碳足迹，为合作伙伴提供碳排放更低
的优质产品，也可以助力合作伙伴的

低碳目标，这对企业客户和终端消费
者都适用。OATLY 的企业目标是到
2029 年，每升燕麦奶的碳足迹，相比
2019 年减少 70%，2022 年 OATLY
的碳足迹比 2021 年有所减少。

根据 OATLY 发布的 2022 年可持
续发展报告，其在上中下游分别设定
了可持续发展的目标，来降低其每一
个环节的碳排放，且每年公布其碳足
迹分布（图 6-1）。原料及包装，通过
供应商能力建设、农场可再生农业项
目、原料的可追溯、选用可再生材料的
包装等，实现可持续原料及包装采购
并降低碳排；生产及运输，通过在各地
区建立本地产能（2021 年在新加坡及
安徽马鞍山建立了新的工厂，服务于
亚洲市场），减少成品交通运输产生的
碳排放，提高供应效率并降低环境影
响；能源使用方面，2022 年 OATLY
全球工厂实现绿电生产是一大里程碑，
根据其报告，将在 2023 年关注可再生

热能的解决方案。其 2022 年可持续方面的一些亮点包括：生产每升燕麦奶的能耗比 2021 年有所减少，全球自有工厂使用了 100% 可再生电力，89% 的包装材料为可再生材料或回收材料，所有副产物燕麦渣得到再利用，21% 的产品及原料运输使用了环保陆运方式。

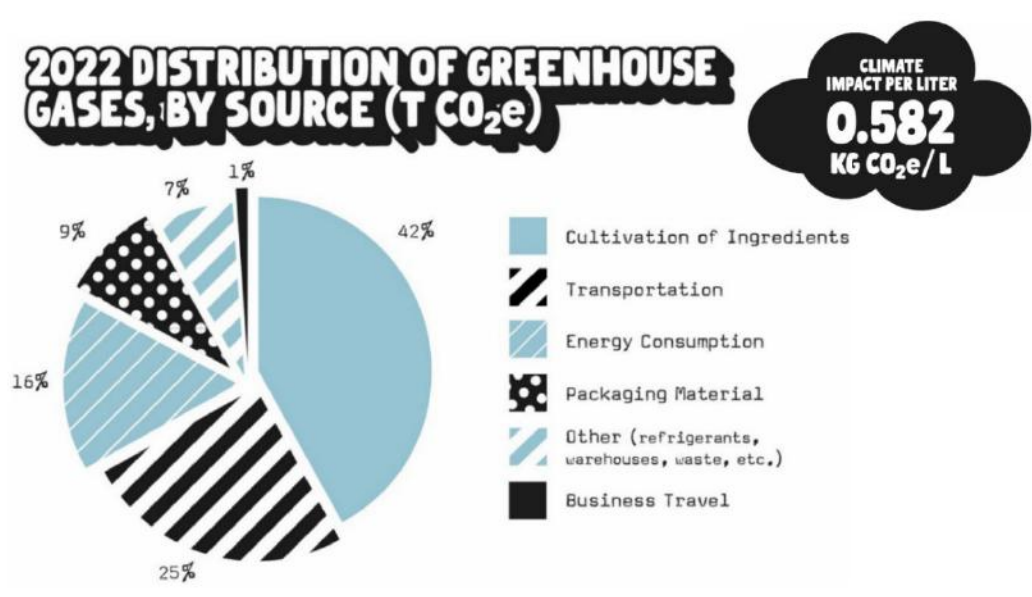


图 6-1 OATLY 碳足迹分布（2022）

饮料制品的包装不仅与品质有着紧密的关联，同时包装材料的选择和其生产加工过程以及废弃处理其实也对环境有着重要的影响，尤其是能源的消耗和碳排放。OATLY 对于包装已设定了明确的要求，就是到 2029 年采用 100% 可再生或回收再利用的材料。燕麦奶所采用的纸基复合包装中 FSC 认证是一个首选的要求。同时，1 L 的燕麦奶产品的瓶盖中均有“小叶子”标识，由甘蔗中提取的可再生聚合物制成，相比于石油基聚合物，环境影响和碳排放更低。可再生材料的比例提高 18% (Tetra Pak 产品报告)。在 2022

年 4 月 22 日的地球日，OATLY 延续了低碳环保的品牌基因，推出绿色创新行动——购买 OATLY 的 FSC 认证纸基复合包装产品，绿色低碳可以得到蚂蚁森林绿色能量。FSC 认证纸基复合包装的纸张原料来自于管理良好、符合可持续管理原则的森林，更有利于森林覆盖率，防止毁林和森林退化，

减少碳流失。除了直接接触食品的包装，OATLY 也关注纸箱的环保程度。近来，OATLY 的马鞍山工厂从产品包装入手，切换了纸箱（图 6-2），相比于原方案碳减排至少 19%，且使用再生纤维 94%（OATLY 二级包装碳足迹分析报告）。



图 6-2 OATLY 纸箱

2. 燕麦奶与绿色低碳

2.1 促进提升消费者环保意识

随着环保意识日益深入人心，绿色消费已进入更多人的生活。OATLY 作为一个倡导植物基饮食理念和生活方式的 品牌企业，一直致力于与消费

者沟通和互动，来提升公众对于环境保护的意识，并倡导可持续的消费和生活方式。

全国奶盒饮料纸包装约在 800 亿包，但回收率仅不到五分之一。基于此，OATLY 在 2020 年启动了“盒瓶”可

持续发展计划，旨在与上下游伙伴和消费者一起提高 OATLY 奶盒的回收利用率，用切实行动改善地球环境(图 6-3)。所有饮用后的 OATLY 燕麦奶盒，都可以进行回收，二次利用，再制成美观便携的日常包材与艺术装置，废物利用，在减少物资耗损的同时，也降低了物资生产的碳排放与资源消耗。



图 6-3 “盒瓶”可持续发展计划

2023 年 4 月 15 日起 ,OATLY 基于支付宝平台再度发起盒瓶回收计划，与过去不同的是本次线上回收可覆盖全国 78 座城市，消费者在家一键下单，快递上门回收奶盒。这样的项目让消费者以轻松有趣的方式参与进来，同时也培养了家庭成员（尤其是小朋友）的环保意识。

2021 起连续两年，OATLY 联合上海和深圳的多家精品咖啡馆发起咖啡特调致敬生物多样性，通过推出一

系列以野生动物的形象设计的咖啡特调，唤起了消费者对于“生物多样性”议题的关注，并了解更多中国濒危野生动物的知识。部分销售收入捐给基金会用于保护野生动物，OATLY 也与消费者一起做公益。

2.2 燕麦奶企业践行商业向善

向善是 OATLY 品牌与团队一直以来的追求，OATLY 始终坚定传递可

持续发展的价值观，携手每一位合作伙伴和消费者，践行商业向善。

从 2020 年起, OATLY 发起咖啡师成长计划, 并一步步搭建起咖啡师深度沟通的平台, 帮助他们提升技能, 开拓视野, 促进交流。截至 2022 年 12 月, OATLY 累计培训了 200 多位学员, 其中 100 余位无声学员在 OATLY 的资助下参与了正式考核, 获得了国际

精品咖啡协会 SCA 颁发的咖啡师初、中级证书。为方便无声咖啡师沟通, OATLY 于 2021 年特别发布「无声咖啡师手语词典」。2022 年 8 月, 无声咖啡师项目也正式被纳入以帮困助残为主要方向的“助福”专项基金, 将得到社会各界更多关注和支持, 也让更多无声咖啡师得到实现自我的机会 (图 6-4)。



图 6-4 首届无声咖啡师拉花赛

2021 年 8 月其, OATLY 支持格尔木市长江源生态环境保护中心, 招募志愿者守护青藏公路两旁的洁净, 并通过鼓励大家使用绿色低污染的环境

保袋, 为捡垃圾的志愿者提供免费咖啡等活动, 号召大家在日常生活和旅行中践行可持续理念, 守护长江, 守护我们共同的家园 (图 6-5)。



图 6-5 青藏公路环保活动

2022 年 9 月 19 日-10 月 30 日，在 OATLY 官方线上平台以及合作销售平台以爱心普惠价购买 OATLY 原味醇香燕麦奶，OATLY 联手上海联劝公益将总销售额的 50%捐赠给欠发达地区学校或机构。此次“一份‘膳’意，

2.3 燕麦奶减排降碳实例

OATLY 的销售渠道以零售渠道为主，餐饮服务渠道为辅，电商渠道迅速发展。2020 年电商渠道、餐饮服务、零售渠道的营收占比分别为 4%、25% 和 71%（周再宇，2021）。

在餐饮渠道，2020 年 4 月，星巴克携手 BEYONDMEAT 和 OATLY 发起“STARBUCKS GOODGOOD 星善食主义”行动，倡导消费者积极探索“对自己好，对地球好，让好变更好”的环保生活方式，推出植物膳食餐饮产品，如燕麦拿铁（图 6-6）等。据星巴克公布的数据，每一杯用燕麦奶焕新的饮品可以减少约 64%的温室气体

为明天”联合公益活动，让消费者参与其中，也是希望让更多人真正关注到经济欠发达地区儿童的营养均衡困境，关注儿童健康，传递“向善”的积极力量。

排放，OATLY 通过与星巴克合作，于 2020 年用 6200 万杯换新的燕麦奶饮品，为地球减少了约 21457 吨温室气体排放，此合作已延续 3 年。

[注]

星巴克燕麦奶替代牛奶的减排量数据说明:燕麦奶饮品杯数数据统计源于星善食产品在中国大陆市场上市以来的销售数据温室气体减排量相关数据说明:

(1)数据基于使用燕麦奶与使用牛奶的情形相比较

(2)数据核算方法依据国际标准 PAS2050:2011 Specification for the assessment of the life cycle

greenhouse gas emissions of goods and services 产与包装、废弃物处理、牛奶/燕麦奶运输和使用环节。

(3)数据核算边界为从产品的摇篮到坟墓(BtoC)，具体包括牛奶/燕麦奶原料的生产、原料运输、，奶/燕麦奶的生 (4)数据源于北京中创碳投科技有限公司基于上述标准和假设条件的核算，数据仅供参考。



图 6-6 星巴克&OATLY 燕麦拿铁

2021 年 KFC 推出零碳早餐燕麦奶，2022 年，KFC 与 OATLY 共同推出冰燕麦拿铁(图 6-7)，推动绿色消

费。每一杯燕麦奶可以减少碳排放 400g。



图 6-7 KFC&OATLY 冰燕麦拿铁

为响应国家可持续发展战略，OATLY，围绕“绿色低碳，节能先行”主题，推出全力以“复”摆脱“塑”缚

活动（图 6-8），从小外卖到大外卖，共同倡导市民减少一次性餐具使用，养成绿色低碳消费生活习惯。在上海部分 711、7 分甜店铺，购买燕麦奶产品，可以获得饿了么小蓝盒和 OATLY 联名款周边；在上海鲜丰水果、切果匠的部分饿了么线上门店购买品牌指定单品，赠送饿了么低碳小蓝盒周边。



图 6-8 OATLY 燕麦奶低碳活动

2023 年 4 月 22 日，在第 54 个世界地球日到来之际，全球植物基领先品牌 OATLY 发起了燕麦奶“喝”护地球系列活动，携手行业伙伴链接消费者，打造“低碳朋友圈”：联合全国多家咖啡伙伴发起燕麦拿铁自带杯减免、可持续咖啡节活动；OATLY 与盒马首发联名碳足迹产品——燕麦星球雪糕，这款雪糕设计成地球的样子，目前已完成了碳足迹认证，每根可减碳 12.64 g（图 6-9）。相比于牛奶雪糕，以燕麦奶为基底的碳排放量显著降低，同时燕麦浆生产过程中应用了绿色光伏能源，雪糕生产工厂采用可回收瓦楞纸箱，这些措施都有效降低了生产过程中的间接碳排放。数据显示，去年销售火爆的“盒马先生燕麦雪糕”销售量约为 61 万支，减碳总量相当于 697 棵树一年的二氧化碳吸收值（搜狐网，2023）。如

今，OATLY 通过合作伙伴赋能升级，创造多样低碳产品，把可持续新生活方式通过一杯燕麦奶链接至更多的消费者，助力植物基低碳领域行业蓬勃发展。



图 6-9 盒马&OATLY “燕麦星球”雪糕

后 记

植物奶在我国已有 2000 余年的饮用历史，一直被人们视为营养健康的日常饮品。随着国外品牌的引入和本土企业的兴起，燕麦奶等植物奶品类蓬勃发展，源源不断地为植物蛋白饮品这一传统产业注入新的生机。燕麦奶起源于北欧，正在亚洲蓬勃发展，但市场仍处于起步成长阶段，尚需要加强对燕麦奶的科普教育与消费引导，要倾听本土消费者的需求，上下游紧密合作，在原料品质、加工技术、生产装备、产品口感和营养等方面深入研究，开发出更多适合国人消费需求的产品。政府、科研院校、社会组织、企业各界应该携手，以营养健康为导向，以可持续发展为目标，共同助力燕麦奶产业在中国的长足发展。

感谢各位编委和行业专家对本报告的辛勤付出和宝贵意见!

由于编者水平所限，内容难免疏漏，存在部分待探讨的地方。希望本报告的发布能起到抛砖引玉的作用，供行业参考与讨论。

参考文献

1. GB 7101-2015 食品安全国家标准 饮料 [S]
2. GB/T 30885-2014 植物蛋白饮料 豆奶和豆奶饮料 [S]
3. GB/T 31324-2014 植物蛋白饮料 杏仁露 [S]
4. GB/T 31325-2014 植物蛋白饮料 核桃露（乳）[S]
5. Q/GZC 0004S 植物蛋白燕麦饮（乳）[S]
6. Q/OLSP 燕麦奶（植物蛋白饮料）[S]
7. Q/OLSP 燕麦奶（植物蛋白饮料）[S]
8. QB/T 2301-1997 植物蛋白饮料 核桃乳 [S]
9. QB/T 2439-1999 植物蛋白饮料 花生乳（露）[S]
10. QB/T 4221-2011 谷物类饮料 [S]
11. T/ACEF 072-2023 食品碳足迹评价技术通则 [S]
12. T/SSF5 0003-2021 植物蛋白饮料 燕麦奶 [S]
13. Cargill. The shifting global dairy market[N]. Cargill proprietary research. 2021
<http://www.cargill.com/doc/1432126152938/dairy-white-paper-2018>.
14. Christina Adams, Anne Grimmelt, Melanie Lieberman, and Emmy Moore. Similar yet different: meet today's consumer of dairy and alternatives[EB/OL].Mckinsey (2023-03-21)(2023-05-06) <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights>

15. Drewnowski Adam. Most plant-based milk alternatives in the USDA branded food products database do not meet proposed nutrient standards or score well on nutrient density metrics[J]. Nutrients,2022,14(22).
16. Dupont. Plant-based dairy alternatives: consumer interest widens in healthier lifestyle movement [EB/OL].(2019-06-26)(2023-04-28)<https://www.dupontnutritionandbiosciences.com>
17. Escobar-Sáez D,Montero-Jiménez L,García-Herrera P,Sánchez-Mata MC. Plant-based drinks for vegetarian or vegan toddlers: Nutritional evaluation of commercial products, and review of health benefits and potential concerns[J]. Food Research International,2022,160.
18. FAOSTAT (Statistics Division of Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2023. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
19. HHS (U.S. Department of Health and Human Services). Lactose Intolerance: Information for Health Care Providers[J], NIH Publication No.05-5305B, 2006(1) :1-5
20. Globenewswire. Oat milk global market report 2022:Featuring Pacific foods of Oregon, Califia farms, earth' s own, danone, nestle&more (2023-04-20)(2023-05-16) <https://www.globenewswire.com/>
21. Mäkinen Outi Elina,Wanhalinna Viivi,Zannini Emanuele,Arendt Elke Karin. Foods for special dietary needs: non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products.[J]. Critical reviews in food science and nutrition,2016,56(3)

22. Smart Protein. Plant-based foods in Europe: How big is the market? Smart Protein Plant-based Food Sector Report by Smart Protein Project, European Union's Horizon 2020 research and innovation program (No 862957) [EB/OL] (2021-06-20)(2023-05-01). <https://smartproteinproject.eu>
23. Martínez Padilla Eliana, Faber Ilona, Petersen Iben Lykke, Vargas Bello Pérez Einar. Perceptions toward plant-based milk alternatives among young adult consumers and non-consumers in Denmark: an exploratory study[J]. Foods, 2023, 12(2).
24. NielsenIQ. Growing demand for plant-based proteins[EB/OL]. Nielsen (2021-09-09)(2023-05-06) <https://nielseniq.com/global>
25. NielsenIQ. Milk/Dairy alternatives, Total US AOC Convenience, four-weeks data to December 26 2020[EB/OL]. (2020-12-26)(2023-05-06), <http://nielseniq.com>
26. Özkaya H, Özkaya B, Duman B, Turksoy S. Effect of Dephytinization by Fermentation and Hydrothermal Autoclaving Treatments on the Antioxidant Activity, Dietary Fiber, and Phenolic Content of Oat Bran.[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2017, 65(28).
27. Paul Anna Aleena, Kumar Satish, Kumar Vikas, Sharma Rakesh. Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns.[J]. Critical reviews in food science and nutrition, 2019
28. Poore J., Nemecek T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers[J]. Science, 2018, 360(6392)
29. Reportlinker, Global oat market by region [EB/OL] GlobeNewswire (2022-10-

- 21)(2023-05-08) <https://www.globenewswire.com/>
30. Sethi Swati,Tyagi S K,Anurag Rahul K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review[J]. Journal of food science and technology,2016,53(9).
31. TWV.8 best oat milk in Singapore[EB/OL].The weddingvows(2022-09-08)(2023-05-06)<https://www.theweddingvowsg.com>
32. Vegetarian society, Vegan 素食主义越来越成为一个全球时尚的标签[EB/OL]. Vegetarian society (2022-07-13) (2023-05-13)<http://www.vegancert.cn>
33. Wang Xin,Wolber Frances M,Ye Aiqian,Stroebling Natascha,Hamlin Aimee,Zhu Peter,Montoya Carlos A,Singh Harjinder. Gastric digestion of cow milk, almond milk and oat milk in rats.[J]. Food & function,2022.
34. Welch, R. W. Oats in human nutrition and health. The Oat Crop, 1995, 433–479.
35. 阿里平台，植物基饮品线上表现月报[EB/OL].阿里平台数据库(2023-03-01)(2023-04-10) <http://www.aliresearch.com/cn/index>
36. 艾媒.2022-2023 年全球植物基市场及中国燕麦奶消费趋势分析报告[EB/OL].网易(2022-05-19)(2023-4-28) <https://www.163.com/dy/article/H7NMCF7F0511A1Q1.html>
37. 贝琦.燕麦发酵多酚释放与转化及生物活性增强的研究[D].华南理工大学,2018.
38. 陈东方,师俊玲,胡新中.纤维素酶水解处理提高燕麦全粉中总多酚含量与抗氧化活性[J].食品科学,2016,37(01):56-62.
39. 陈金林,旦久罗布,王有侠等.藏北高寒牧区燕麦种植研究现状分析[J].现代畜牧科技,2023,94(03):51-54.

40. 陈妍妍,张彩猛,孔祥珍等.植物基咖啡起泡乳泡沫性质的研究[J/OL].食品与发酵工业:1-12[2023-04-21].<https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.035087>.
41. 段晓雪. 乳制品碳足迹核算方法及案例研究[D]. 湖北工业大学, 2018.
42. 盖梦,张美莉.液态发酵法制备燕麦 ACE 抑制肽的优化[J].食品工业,2015,36(01):156-160.
43. 葛磊. 燕麦发酵饮料的研制[D]. 江南大学, 2012.
44. 顾军强,钟葵,王立,佟立涛,刘丽娅,周闲荣,周素梅. 品种对燕麦粉性质及加工稳定性影响[J]. 中国粮油学报,2014,29(8):44-49.
45. 廖彬池,吕鹏 . “舌尖上的教育” 是如何成为国策的?—对日本政府在 “食育” 形成中角色的综论[J] . 日本问题研究,2016(6):63-72 .
46. 刘成祥.无蔗糖燕麦植物酸奶的研制[J].食品工业,2022,43(10):39-42.
47. 刘善鑫,刘素纯,李再贵.冠突散囊菌对燕麦黄酮含量的影响[J].中国酿造,2019,38(02):93-97.
48. 刘婷玉.燕麦原料和热处理对高蛋白燕麦奶稳定性的影响[D]. 中国农业科学院 , 2021.
49. 刘振恒,武高林,仁青草,巩晓兰,靳瑞芳,刘明清.发展以燕麦为支柱产业的可持续高寒草地畜牧业[J].草业科学,2007(9):67-69.
50. 罗洁,刘文华,程李琳,张晖,钱海峰,王立,齐希光.酶法制备燕麦蛋白饮料的研究[J].食品科技,2013,38(11):154-158.
51. 麦可可.仅凭咖啡馆渠道 , 能撑起多少植物奶想象[EB/OL].钛媒体(2023-05-11)(2023-05-12)<https://www.tmtpost.com>
52. 内蒙古人民政府. 乌兰察布市做强燕麦产业 , 带动乡村振兴[EB/OL]. 内蒙古人民政府网 (2022-06-15)(2023-06-02)<https://www.nmg.gov.cn>
53. 任孝茹,刘青,杨月月等.加酶挤压对燕麦淀粉理化性质的影响及在燕麦奶制备中的应用

- [J/OL]. 食品与发酵工业 :1-10[2023-04-21].<https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.035201>.
54. 任长忠,崔林,杨才,田长叶,付晓峰,刘彦明,赵桂琴,郭来春. 中国燕麦高效育种技术体系创建与应用[J]. 中国农业科技导报,2016,18(1):1-6.
55. 任长忠,闫金婷,董锐,胡新中.燕麦营养成分、功能特性及其产品的研究进展[J].食品工业科技, 2022,43(12):438-446.
56. 36 氪.高开低走的中国植物基市场：中国人真的不爱植物基吗？[EB/OL].FBIF 食品饮料创新 (2021-07-18) (2023-05-06) <https://zhuanlan.zhihu.com/p/390864928>
57. 史晓萌,陈建国,梁寒峭,李婷,赵众伟,祁永和,王定邦,梁世才.燕麦发酵前后营养成分及风味物质分析[J].食品科技,2018,43(5):169-174.
58. 宋慧波,陆世海,薛冰等.酶解燕麦饮品的研究进展[J].现代食品,2023,29(2):51-53.
59. 宋伟,温瑞雪,罗卓婷等.微生物发酵提升燕麦营养品质研究进展[J/OL].中国粮油学报:1-13[2023-04-21].<https://doi.org/10.20048/j.cnki.issn.1003-0174.000084>.
60. 搜狐网.发起燕麦奶“喝”护地球系列活动 OATLY 和行业伙伴共建“低碳朋友圈”[EB/OL]. 搜狐网(2024-04-23)(2023-06-02)https://www.sohu.com/a/669320871_114668
61. 孙建平.保险多路径助力产业扶贫——推动脱贫攻坚向乡村振兴的新跨越[J].清华金融论,2020,80(07):53-55.
62. 腾讯网.离开了咖啡，本土燕麦奶的故事还能怎么讲？[EB/OL].腾讯网(2023-04-07)(2023-05-08)<https://new.qq.com/rain/a/20230407A08SVA00>
63. 王富盈.发酵对燕麦和青稞的成分及功能性质的影响研究[D].西北农林科技大学, 2021.

64. 王家琛,刘素纯,刘善鑫.冠突散囊菌发酵燕麦对多酚含量影响的研究[J].中国酿造,2017,36(8):104-108.
65. 王鑫媛,卢海强,谷新晰等.干酪乳杆菌纯种发酵燕麦奶工艺及其产品质量分析[J].中国食品学报,2021,21(1):126-134.
66. 王占东,张居典,邵景海等.植物基酸奶作为市场乳制品替代的可行性研究[J].食品安全导刊,2021,305(12):166-167+169.
67. 吴迪,邴雪,王昌涛,李萌,赵丹,张佳婵.双向发酵提取燕麦 β -葡聚糖及其理化性质研究[J].食品研究与开发, 2019, 40(1):184-193.
68. 吴寒.米根霉和乳酸菌混合固态发酵对燕麦营养及功能性的影响[D]. 南京农业大学, 2015.
69. 午茶君.当咖啡遇上山茶花,看 OATLY 如何“破圈”即饮咖啡[EB/OL].财经早餐(2023-03-07)(2023-05-24)<http://webapp.feheadline.com>
70. 消费日报网.西麦食品全产业链引领燕麦行业三产融合新道路[EB/OL].经济参政报(2021-07-21)(2023-06-01)http://www.jjckb.cn/2021-07/27/c_1310089402.htm
71. 晓夕.累计卖出 2000 万杯! 2023 燕麦奶茶饮的时代到了?[EB/OL].咖门(2023-01-18)(2023-05-22) <https://mp.weixin.qq.com/s/KgQ2u6t0MuyxuvF5MUddpg>
72. 新商业情报.替代牛奶这场接力赛中,燕麦奶如何成为新秀[EB/OL].新商业情报(2020-08-17)(2023-05-24)<https://baijiahao.baidu.com>
73. 徐云凤,张盼盼,郭卫平等.燕麦菊粉风味发酵乳的研制及品质分析[J].食品研究与开发,2023,44(8):131-136.
74. 杨崇庆,常耀军,杨娇,李耀栋,王湛,常克勤,穆兰海,杜燕萍,张久盘.燕麦生产及品种选育技术研究进展[J].麦类作物学报,2022,42(5):578-584.

75. 杨瑞舒.共生燕麦冰淇淋的研制及其功能特性研究[D].吉林大学,2014.
76. 杨淑妮.全谷物酸牛奶的制备与功能性研究[D].华南理工大学,2016.
77. 杨晓虹,周海涛,杨才,张新军,李天亮. 中国燕麦育种技术的回顾与发展方向[J].中国种业,2012,(9):6-7.
78. 袁传玺. 全球最大燕麦饮品公司一季度还在亏损 “新帅” 能否提振亚洲区业绩 ? [EB/OL] 新浪财经(2023-05-10)(2023-05-28)<https://finance.sina.com.cn>
79. 张坤,黄卫宁,堵国成,王宏兹,周坚强,BOISVER TJohanne.旧金山乳杆菌与自然发酵燕麦酸面团发酵剂中 β -葡聚糖含量及其分子量的分布[J].食品科学,2009,30(21):320-323.
80. 赵福利. 燕麦品种品质与燕麦发酵乳加工适宜性研究[D]. 中国农业科学院,2016.
81. 中国作物学会. 2018-2019 作物学学科发展报告[M]. 中国科学技术出版社,2020:170-177.
82. 周海涛.不同生态环境对裸燕麦籽实营养品质影响的研究[D]. 中国农业科学院,2014.
83. 周再宇.从卖不掉到市值 130 亿美元 , OATLY 如何一炮走红 ? [J].销售与市场(管理版),2021,709(7):80-83.