

# 冻干食品品质影响因素及发展对策探析

殷显婷<sup>1</sup>, 罗珊珊<sup>1</sup>, 王正杰<sup>1</sup>, 汪茜<sup>1</sup>, 马超<sup>1</sup>, 陈欢<sup>1</sup>, 杨瑶君<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>乐山师范学院竹资源保护与开发利用四川省重点实验室, 四川 乐山

<sup>2</sup>乐山师范学院林竹科技创新产业研究院, 四川 乐山

收稿日期: 2026年4月22日; 录用日期: 2026年5月17日; 发布日期: 2026年5月28日

## 摘要

在现代食品加工技术不断进步的背景下, 冻干食品产业迎来了快速发展阶段, 凭借能较好保留食材原有营养、风味与形态的优势, 逐渐受到市场广泛关注。与此同时, 冻干食品在生产与存放过程中易出现品质劣变问题, 如何在充分保留食材营养与风味的基础上, 有效解决品质下降难题, 已成为当前食品行业亟待攻克的核心议题。本文以冻干食品品质为研究核心, 系统梳理原料特性、冻干工艺参数以及贮藏环境等多重因素对产品品质产生影响的内在作用机制, 并针对性探讨提升冻干食品品质的有效对策。研究采用综合文献分析法, 深入剖析冷冻速率快慢、玻璃化转变温度精准控制、包装材料阻隔性能强弱等关键变量, 对冻干食品微观结构完整性与复水性的调控作用, 同时评估新型辅助冻干技术与智能化品质监测策略在实际生产中的应用潜力。研究结果表明, 原料预处理方式与冻干工艺参数的精准协同调控, 是维持冻干食品品质稳定的重要基础, 而在生产中引入功能性保护剂, 结合智能化模型优化生产流程, 能够显著改善产品的色泽、质构状态并提升其抗氧化性能。综上, 未来冻干食品产业的高质量发展, 需重点聚焦绿色节能型冻干工艺创新、标准化品质检测体系构建以及全链条质量安全管控, 逐步推动产业从传统出口导向型模式, 向高品质、高效益、可持续发展的现代化发展模式转型。

## 关键词

冻干食品, 品质劣变, 工艺优化, 技术创新, 标准化建设

# Influencing Factors and Development Strategies of Freeze-Dried Food Quality

Xianting Yin<sup>1</sup>, Shanshan Luo<sup>1</sup>, Zhengjie Wang<sup>1</sup>, Xi Wang<sup>1</sup>, Chao Ma<sup>1</sup>, Huan Cheng<sup>1</sup>, Yaojun Yang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Bamboo Resources Protection, Development and Utilization of Sichuan Province, Leshan Normal University, Leshan Sichuan

<sup>2</sup>Linzhu Science and Technology Innovation Industry Research Institute, Leshan Normal University, Leshan Sichuan

Received: April 22, 2026; accepted: May 17, 2026; published: May 28, 2026

文章引用: 殷显婷, 罗珊珊, 王正杰, 汪茜, 马超, 陈欢, 杨瑶君. 冻干食品品质影响因素及发展对策探析[J]. 食品与营养科学, 2026, 15(3): 304-310. DOI: 10.12677/hjfn.2026.153035

## Abstract

Against the background of continuous progress in modern food processing technology, the freeze-dried food industry has entered a stage of rapid development. With the advantage of well retaining the original nutrition, flavor and shape of food materials, freeze-dried food has gradually attracted extensive attention from the market. At the same time, freeze-dried food is prone to quality deterioration during production and storage. How to effectively solve the problem of quality decline on the basis of fully retaining the nutrition and flavor of food materials has become a core issue to be urgently addressed in the current food industry. Taking the quality of freeze-dried food as the research core, this paper systematically sorts out the internal mechanism of multiple factors such as raw material characteristics, freeze-drying process parameters and storage environment affecting product quality, and discusses targeted effective countermeasures to improve the quality of freeze-dried food. Using the comprehensive literature analysis method, this study deeply analyzes the regulatory effects of key variables such as freezing rate, precise control of glass transition temperature and barrier properties of packaging materials on the microstructure integrity and rehydration capacity of freeze-dried food, and evaluates the application potential of new auxiliary freeze-drying technologies and intelligent quality monitoring strategies in actual production. The results show that the precise collaborative regulation of raw material pretreatment methods and freeze-drying process parameters is an important basis for maintaining the quality stability of freeze-dried food. The introduction of functional protective agents in production combined with intelligent models to optimize the production process can significantly improve the color, texture and antioxidant properties of products. In conclusion, the high-quality development of the freeze-dried food industry in the future should focus on the innovation of green and energy-saving freeze-drying processes, the construction of a standardized quality detection system and the whole-chain quality and safety control, so as to gradually promote the transformation of the industry from the traditional export-oriented model to a modern development model with high quality, high efficiency and sustainability.

## Keywords

Freeze-Dried Food, Quality Deterioration, Process Optimization, Technological Innovation, Standardization Construction

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

### 1.1. 冻干食品产业发展现状与趋势

冻干食品起源于航天食品领域，依托真空冷冻干燥技术实现水分低温升华，凭借高营养保留、复水便捷、保质期长的核心优势，从航天场景拓展至民用食品工业。随着全球消费升级的趋势越来越明显，加上大家对健康饮食的理念越来越认可、越来越普及，冻干食品这一品类，凭借着它自身突出的优势，已经成为食品工业里增长速度最快的细分领域之一[1]。具体来说，它最核心的优势就是卓越的营养保留能力，能最大程度留住食材本身的营养成分，不像一些传统加工方式会造成大量营养流失；另外，它还有独特的酥脆口感，吃起来很有风味，而且复水特性也很便捷，不管是日常食用还是特殊场景使用，都很方便。现在冻干食品的应用场景也越来越广，早就不局限于我们平时吃的传统果蔬脆片了已经拓展至

高端预制菜、航天食品乃至宠物食品，市场规模持续扩大。然而，在产业快速扩张的背后，产品品质均一性差、复水性不稳定、色泽风味劣变以及高昂的能耗成本等问题，依然制约着行业的高质量发展[2][3]。当前，学术界与产业界对于如何平衡干燥效率与品质保持、如何通过工艺创新解决特定原料的冻干难题等核心议题仍存在广泛探讨，亟需系统梳理影响冻干食品品质的关键因子并探索针对性的提升策略。

## 1.2. 研究目的与综述框架

针对前面提到的冻干食品产业现存难题，本文旨在系统梳理影响其品质劣变的关键因素，深入剖析从原料预处理、工艺参数优化到贮藏包装的全链条品质调控机制，理清各环节的影响逻辑与调控方法。文章将按清晰逻辑展开：首先分析原料特性与预处理工艺的基础性作用，原料本身的新鲜度、成分构成，以及清洗、切分等预处理步骤，都会直接影响后续冻干效果与产品品质。接着重点探讨冷冻干燥关键参数(如冷冻速率、真空度等)的调控机制，以及贮藏环境(温度、湿度、包装密封性)对产品品质的影响，这两大环节都是品质调控的核心。然后综述提升品质的技术创新与对策，同时分析果蔬类、肉类等特定品类冻干食品的质量问题，为实际生产提供针对性参考。最后结合行业监管与标准体系，提出产业未来发展方向与策略，展望为我国冻干食品产业高质量发展提供有价值的参考。

## 2. 冻干食品品质劣变的关键影响因素

### 2.1. 原料特性与预处理工艺的影响

原料的固有特性及其初始状态从根本上决定了最终产品的品质。原料种类的差异导致细胞结构和成分不同，直接影响冻干后的表现。例如，李兴霞等[4]研究发现，冻干苹果片因孔径较大而吸湿性强，易发生色泽褐变；而冻干马铃薯片则因淀粉颗粒特性，吸湿后色泽变化最为显著。初始处理状态同样关键，李建芳等[5]以米饭为对象，发现-25℃冷冻得到的冻干米饭复水性最好，表明适宜的冷冻温度能优化淀粉微观结构，形成更均匀的孔隙。

预处理方式是重塑微观结构、改善品质的前沿环节。除了控制冷冻温度，物理场预处理(如超声波)显示出潜力。研究表明，优化的预处理能改善食品内部的热质传递，有助于在后续干燥中更好地保留生物活性成分和微观结构[6]。

### 2.2. 冷冻与干燥过程参数的调控机制

冷冻阶段的核心在于控制冰晶。冷冻速率直接决定冰晶形态与大小。快速冷冻能形成细小均匀的冰晶，从而最大程度减少对细胞结构的机械损伤[7]。反之，慢速冷冻形成的大冰晶会刺破细胞，引发汁液渗漏，组织结构软化松散。

干燥阶段需精确控制多个热力学参数。玻璃化转变温度( $T_g$ )是防止结构塌陷的关键阈值。添加糖类、醇类等保护剂可有效提高物料的  $T_g$ ，使其在干燥过程中保持玻璃态，从而维持结构稳定[8]。升华界面温度是控制干燥速率的核心变量，合理设置可避免已干燥层过热或冻结层融化[9]。干燥时间、压力和温度的协同优化至关重要。杨迎春等[10]在冻干酸奶块工艺优化中发现，采用较小的升温间隔和较低的终点温度，能有效提升产品品质。

### 2.3. 贮藏环境与包装材料的相互作用

冻干食品多孔的结构使其在贮藏期极易受环境影响。贮藏温度波动会显著加速品质劣变。温度升高不仅会增强产品的吸湿性，导致引发汁液渗漏，组织结构软化松散，还可能引发氧化等化学反应。陈秦怡等[11]研究证实，低温贮藏是维持冻干食品长期品质稳定的有效手段。

包装材料的性能是抵御外界影响的最后一道防线。高阻隔性(特别是对水蒸气和氧气)的包装能有效抑制产品“干耗”和氧化变质[12]。李涛[13]同样强调,包装材料阻隔性不足是导致食品品质下降的重要原因之一。因此,选用耐寒性好、阻隔性高的包装材料,对保障冻干食品的货架期品质不可或缺。

### 3. 特定品类冻干食品的质量问题分析

#### 3.1. 果蔬类: 吸湿与色泽劣变

对于果蔬冻干产品来说,想要一直保持好的品质,其实最大的麻烦就是它本身的多孔结构,这种结构特别容易吸湿。大家应该都有过类似的体验,冻干果蔬放久了或者密封不好,就会变得潮乎乎的,其实就是这个原因。一旦吸了水,最先出现的问题就是口感变差,原本那种脆生生的口感会完全消失,变得软塌塌的,一点都不好吃。而且这还不是最严重的,吸湿之后,果蔬里面还会发生酶促褐变和非酶褐变这两种反应,反映在外观上,就是颜色会慢慢变差、变暗,果蔬原有新鲜色泽逐渐消退,外观呈现灰黑色泽劣变,丧失固有新鲜品质,感官可接受度显著下降。

不过这里要注意,不同种类的果蔬,它们的吸湿性和变色情况差别还挺大的。这主要是因为每种果蔬的细胞结构不一样,有的细胞排列紧密,有的比较疏松,而且它们里面含有的化学成分也各不相同,比如糖分、维生素、酶类的含量都有差异,这些都会影响它们吸湿的快慢和变色的程度。所以说,我们不能用一种方法去解决所有果蔬冻干产品的吸湿问题,那样效果肯定不好。必须根据具体是哪种果蔬产品,结合它自身的特性,去针对性地优化包装,可选用密封性吸湿引发的品质劣变,延长冻干果蔬的货架期与优良品质保有时间。

#### 3.2. 面米与乳制品: 复水性与结构破裂

对于冻干豆腐、米饭、酸奶块等,复水后的结构完整性和口感是关键。复水时,水分如快速从原有微裂纹渗入,会产生应力导致产品破碎。因此,优化冻干工艺以减少初始裂纹,并控制复水温度与速度至关重要。对于冷冻面团,冰晶的重结晶是破坏面筋网络的主因,添加亲水胶体等改良剂可有效缓解[14]。

#### 3.3. 肉制品与水产品: 蛋白质与脂肪氧化

肉类和水产品富含蛋白质和脂肪,在加工贮藏中易发生蛋白质变性和脂肪氧化,导致质地变硬、产生一种难闻的异味。周鹏程和谢晶[15]指出,鱼类在冻藏过程中,内源性蛋白酶活性和脂肪氧化是品质下降的主因。采用快速冷冻、添加天然抗氧化剂(如前述石榴提取物)以及使用高阻隔包装,是有效的解决途径。

## 4. 冻干食品品质提升的技术创新与对策

### 4.1. 新型辅助技术与工艺优化策略

为克服传统冻干能耗高、周期长的瓶颈,混合干燥与辅助技术成为研究热点。将超声波、微波、红外等物理场技术与冻干结合,可发挥协同效应,显著强化传热传质过程,从而缩短干燥时间、降低能耗[16]。智能化监测与控制是未来工艺优化的方向。利用人工智能和机器学习对冻干过程进行建模、监控与优化,可实现更精准的工艺控制,提升产品品质的一致性和生产效率[17]。

### 4.2. 冻干保护剂与功能性添加剂的改良作用

在冻干食品品质提升的各类技术手段中,合理选用冻干保护剂是经典且有效的方法,广泛应用于学术研究与工业生产领域。常用的冻干保护剂主要包括糖类(如海藻糖)、醇类(如山梨醇)及聚合物(如果胶、

明胶)等,其作用机制主要为通过替代食材中的水分子、形成玻璃态结构,稳定蛋白质等生物大分子的空间构象,从而抑制食品在冻干及贮藏过程中的结构塌陷与成分变性,保障产品原有品质。在冻干酸奶块生产过程中,添加特定种类的果胶与淀粉,可显著改善产品质构,优化感官品质,提升产品市场接受度。除传统冻干保护剂外,添加天然功能性提取物也是提升冻干食品品质的重要途径,该方法不仅可改善产品品质,还能赋予产品额外的健康属性,契合当前消费者的健康饮食需求。相关研究表明,在冻干肉制品中添加冻干石榴提取物,可显著改善肉制品色泽、提升其抗氧化能力,有效抑制贮藏期间的脂质氧化反应,减少产品品质劣变。该技术路径为“清洁标签”高品质冻干食品的研发提供了新的思路,助力行业在保障产品品质的同时,开发更具市场竞争力的健康产品。

## 5. 行业监管、标准体系与发展建议

### 5.1. 当前产业存在的质量隐患

近年来,冻干食品凭借营养保留完整、储存便捷、食用性强等优势实现产业快速扩张,市场规模持续增长、行业发展势头强劲。但在产业高速发展与市场需求不断攀升的背景下,行业粗放式扩张问题凸显,生产加工、原料管控、品质监管等环节仍存在短板,各类潜在的质量安全隐患逐渐暴露,制约着冻干食品产业的健康可持续发展。检测体系不完善是突出问题之一,存在检测指标覆盖不全、保质期评估依据不足等问题[18]。原料与生产管控不严同样令人担忧,部分企业可能存在原料审核松懈、生产卫生条件不达标等问题,增加了微生物污染和农残风险[19][20]。

### 5.2. 质量管控与标准化建设

为保障行业健康发展,必须加强全链条质量管控。从源头严格筛选供应商和原料,在生产中精确控制关键工序参数[21]。更重要的是,亟需完善标准与监管法规。这包括建立更科学全面的产品检测标准体系,制定严格的工艺规范,并强化市场监管力度。

### 5.3. 未来发展方向与产业策略

未来,中国冻干食品产业应从“出口导向”转向国内外市场高质量发展[22]。发展策略上,应坚定不移地走绿色可持续发展道路,通过推广混合干燥、余热回收、智能化控制等技术,大幅降低能耗[23]。同时,鼓励企业向高附加值、功能性、便捷化产品转型,满足消费者多元化需求。

## 6. 结论与展望

### 6.1. 主要结论

综合本文前文的分析与探讨,冻干食品的品质并非由单一因素决定,而是原料特性、冻干工艺参数、后续贮藏环境等多种因素相互作用、协同影响的综合结果。其中,原料自身的特性作为品质形成的基础,其新鲜度、成分构成、细胞结构等,直接决定了冻干产品的品质上限;而原料预处理工艺的科学性,如清洗、切分、漂烫、护色等操作的合理性,也为后续冻干工艺的顺利开展和品质稳定提供了重要保障。

在冻干核心工艺环节,对冷冻速率、真空度、升华温度、解析温度等关键参数的精准控制,是维持产品微观结构完整、保障复水性、保留营养成分与风味的核心手段。同时,新型辅助技术的应用,如物理场技术、智能化监测与调控技术等,能够进一步优化冻干过程,提升工艺效率与产品品质均一性;而功能性添加剂的合理使用,包括冻干保护剂(如海藻糖、果胶等)和天然功能性提取物(如石榴提取物等),则能有效抑制冻干及贮藏过程中的品质劣变,同时丰富产品的健康属性。通过上述多环节、多手段的协同配合,可系统性提升冻干食品的综合品质,解决产品复水性不稳定、色泽风味劣变、质构不佳等实际

问题。

然而，尽管当前冻干食品产业在品质提升技术方面取得了一定进展，行业发展势头良好，但仍面临诸多亟待解决的挑战。在标准化方面，目前行业内尚未形成统一、完善的品质检测与生产工艺标准，不同企业的生产规范差异较大，导致产品品质参差不齐，影响行业整体发展质量；在监管层面，针对冻干食品的专项监管体系仍需完善，对原料质量管控、生产过程合规性监督以及市场流通环节的品质把控仍有提升空间；此外，冻干工艺本身能耗较高的问题，也制约了产业的规模化、绿色化发展，如何研发绿色节能型冻干技术，实现效率与能耗的平衡，成为行业可持续发展的重要课题。

## 6.2. 未来展望

结合当前冻干食品产业的发展现状和存在的问题，我认为，未来关于冻干食品的研究和实际应用，应该重点聚焦在以下三个方面，这样才能更好地推动行业发展。

第一点，就是要深化多技术耦合机制的研究。简单来说，就是不能只依靠单一的冻干技术，要把不同的技术结合起来，比如现在比较热门的智能算法，用它来驱动新型的混合干燥工艺，把冻干技术和其他干燥技术、智能调控技术结合起来，研究它们之间的协同作用，这样既能提高生产效率，又能进一步提升产品品质，解决单一技术存在的不足。

第二点，要针对性开发专用的品质保持技术。因为不同品类的冻干食品，特性差异很大，比如高蛋白、高油脂的产品，像冻干肉类、水产品，它们在加工和贮藏过程中，更容易出现蛋白质变性、脂肪氧化等问题，品质更难保持。所以未来要重点研究这类特定品类的产品，开发专门适合它们的品质保持技术，针对性解决它们的痛点，让不同品类的冻干食品都能保持良好的品质。

第三点，要加快构建覆盖全产业链的数字化质量追溯和标准化体系。现在很多冻干食品企业，从原料采购、生产加工，到仓储运输、市场流通，各个环节的质量管控还不够规范，也没有完善的追溯机制，一旦出现品质问题，很难找到原因。而且行业内也没有统一的标准，导致不同企业的产品质量参差不齐。所以未来要尽快建立起全产业链的数字化追溯系统，同时完善标准化体系，让生产、加工、流通的每一个环节都有章可循，能精准追溯，这样才能保证产品品质稳定。

综合来看，未来我们要依靠技术创新和标准建设这两个核心驱动力，双管齐下，努力推动冻干食品产业实现根本性的跨越，从现在的“能生产”，真正转变为“产得好、效益高、可持续”，让整个产业朝着更高质量的方向发展。

## 参考文献

- [1] 徐兴利, 黄家伟. 内需、外需共同推动冻干食品健康发展[J]. 食品界, 2020(1): 8-15.
- [2] 李民生, 尤惠君, 邹峰. 冻干咖啡粉制备过程对产品质量的影响与对策[J]. 食品安全导刊, 2025, 19(28): 72-74.
- [3] 樵玉祥. 冻干工艺优化对产品质量控制的研究[J]. 产品可靠性报告, 2024(8): 66-67.
- [4] 李兴霞, 李越, 杨菲菲, 等. 吸湿性对冻干果蔬产品及其品质特性的影响[J]. 食品与机械, 2022, 38(7): 159-165+173.
- [5] 李建芳, 郭全喜, 周枫, 等. 冻干技术对米饭品质特性影响的研究[J]. 食品工业, 2009, 30(3): 16-17.
- [6] Waghmare, R., Kumar, M., Yadav, R., Mhatre, P., Sonawane, S., Sharma, S., *et al.* (2023) Application of Ultrasonication as Pre-Treatment for Freeze Drying: An Innovative Approach for the Retention of Nutraceutical Quality in Foods. *Food Chemistry*, **404**, Article 134571. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134571>
- [7] 崔自成, 黄东, 赵日晶, 等. 水产品冷冻品质影响因素[J]. 食品工程, 2022(1): 12-15.
- [8] 吴宝川, 李敏. 冷冻干燥保护剂在改善冻干食品品质中的应用进展[J]. 中国食品添加剂, 2012(6): 219-224.
- [9] 罗南春, 边德海. 食品冻干机干燥速率影响因素的分析[J]. 山东建筑大学学报, 2012, 27(2): 189-192.

- 
- [10] 杨迎春, 王晓蕊, 李梦, 等. 冻干酸奶块的工艺优化及品质分析[J]. 中国乳业, 2025(5): 100-106.
- [11] 陈秦怡, 王金庆, 王国强. 贮藏温度变化对食品品质影响的研究现状[J]. 食品科技, 2007(7): 231-234.
- [12] 范珺. 冷冻食品包装材料问题分析及解决方案[J]. 塑料包装, 2014, 24(1): 29-30+25.
- [13] 李涛. 食品包装存在的质量问题及解决对策[J]. 管理观察, 2014(18): 20-21.
- [14] 韩淙琳. 冷冻面团品质影响因素及改良方法[J]. 粮油科学与工程, 2024, 38(4): 30-32.
- [15] 周鹏程, 谢晶. 影响冻结贮运过程鱼类品质变化因素的研究进展[J]. 包装工程, 2020, 41(13): 1-7.
- [16] Al Faruq, A., Farahnaky, A., Dokouhaki, M., Khatun, H.A., Trujillo, F.J. and Majzoobi, M. (2025) Technological Innovations in Freeze Drying: Enhancing Efficiency, Sustainability, and Food Quality. *Food Engineering Reviews*, **17**, 859-883. <https://doi.org/10.1007/s12393-025-09415-8>
- [17] Mujumdar, A.S., Hosseinalipour, S.M. and Barzigar, A. (2026) Enhancement of Freeze-Drying Technology Using Electromagnetic Fields and Artificial Intelligence: Future Prospects. *Drying Technology*, **44**, 551-552. <https://doi.org/10.1080/07373937.2025.2567033>
- [18] 郑孟婷, 毛立琪, 方振宇, 等. 速冻食品发展原因、存在隐患及对策建议[J]. 中外食品工业, 2024(1): 107-109.
- [19] 李司琪. 影响速冻食品质量的因素[J]. 食品安全导刊, 2019(33): 31.
- [20] 张其海. 速冻面米食品的质量问题分析与改善[J]. 食品安全导刊, 2018(36): 28-29.
- [21] 武治昌, 刘玉环, 刘志芳, 等. 影响速冻蔬菜品质的主要因素[J]. 食品与发酵工业, 2006(8): 97-100.
- [22] 段瑞辉. 浅析我国冻干食品的发展与前景[J]. 食品安全导刊, 2019(10): 60-61.
- [23] Oyinloye, T.M. and Yoon, W.B. (2020) Effect of Freeze-Drying on Quality and Grinding Process of Food Produce: A Review. *Processes*, **8**, Article 354. <https://doi.org/10.3390/pr8030354>