

食品减盐技术研究进展

李婧瑄, 王利文*

河北农业大学食品科技学院, 河北 保定

收稿日期: 2024年5月20日; 录用日期: 2024年7月27日; 发布日期: 2024年8月6日

摘要

高盐食品困扰人体健康在世界范围内普遍存在, 其严重影响人类的生命质量。文章综述食品减盐技术的研究进展, 从高盐食品对人体的危害、全球范围的减盐运动以及减盐技术的研究进展等方面展开相关叙述。旨在寻求更加有效和可行性的减盐方法, 在此基础上推动食品减盐运动的发展。

关键词

研究进展, 减盐技术, 加工方式

Research Progress of Food Salt Reduction Technology

Jingxuan Li, Liwen Wang*

College of Food Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding Hebei

Received: May 20th, 2024; accepted: Jul. 27th, 2024; published: Aug. 6th, 2024

Abstract

High-salt food troubles human health worldwide, seriously affecting the quality of human life. This paper reviews the progress of food salt reduction technology, from the harm of high-salt food to the human body, the global salt reduction campaign, and the research progress of salt reduction technology. The aim is to seek more effective and feasible salt reduction methods and promote the development of the food salt reduction movement.

Keywords

Research Progress, Salt Reduction Technology, Processing Methods

*通讯作者。

Copyright © 2024 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

饮食文化博大精深, 三餐之中食盐不仅能为食物调味, 还可以使其整体品质呈现出更好的状态。但高盐分给食物增添风味的同时也导致了世界各地区食盐用量超过推荐值。大量盐分的摄入使得疾病隐患层出不穷, 为了降低食盐使用率世界各国开始了减盐之路。减盐食品是指添加低钠盐或者其他替代品来减少原有高盐含量的食品, 减少食品中钠元素[1]。当人体摄入过多盐分, 破坏身体自身所维持的恒常性, 会导致消化不良造成皮肤粗糙, 肥胖; 若体内水分囤积容易浮肿, 会加重肾功能负担; 如果血液变浓会增大血管壁的压力, 引发高血压、动脉粥样硬化、脑梗死等发病风险; 且高盐分会破坏胃部屏障受损, 致使反复炎症诱发胃癌。因此对于现在的食品来说减盐成为重中之重, 为了减少高盐食品给人类带来的困扰, 本文就目前世界居民的食盐摄入量, 以及国内外减盐现状, 食品减盐技术研究进展等方面进行了综述。希望可以为减盐食品的研究发展提供参考依据, 以期建立符合人类饮食文化需求的安全健康美味的食品。

2. 世界居民食盐摄入量

世界卫生组织建议健康成人每日食盐不应超过五克, 且钠摄入量应小于 2 g/d, 但实际上各国食盐摄入量远超标准(如图 1)。根据国家食品安全中心的调查数据, 目前我国居民饮食中食盐摄入量偏高, 结合国内外调查数据[2]-[4]得到, 我国居民平均食盐摄入量为 10.5 g/d, 城市居民食盐摄入量为 9.1 g/d, 农村地区食盐摄入量为 11.5 g/d, 远超居民膳食指南推荐食盐摄入量 5 g/d。依据钙盐引起死亡率的统计(如表 1), 高盐分对人类的危害日趋严重。为了限制钠盐摄入, 世界卫生组织推荐每人食盐摄入量不超过 5 g/日[5], 建议用低钠盐替代普通食盐。烹调食物时, 少放 5%~10%并不会影响菜的口味, 但却可以在少盐的情况下让味蕾感受并适应不同食物的自然风味, 减少对咸味的依赖, 进而改善居民高盐饮食的习惯。

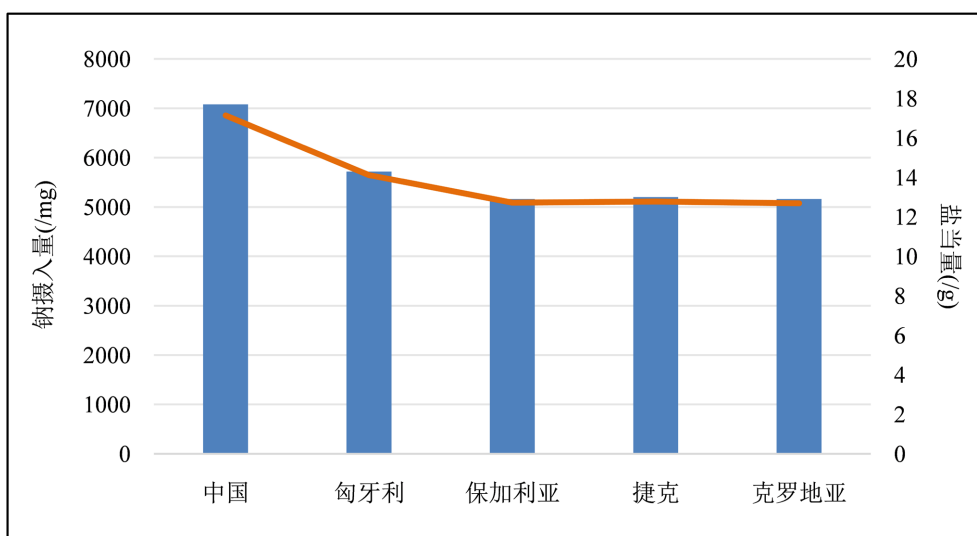


Figure 1. Sodium intake and salt equivalent in selected countries [6]

图 1. 部分国家钠摄入量和盐当量情况[6]

Table 1. IHD mortality attributable to calcium salt diet in different populations in China in 2019 [7]**表 1.** 2019 年我国不同人群归因于钙盐饮食的 IHD¹ 疾病死亡率[7]

年龄(岁)	死亡人数(万例)			死亡率(1/10 万)		
	男性	女性	合计	男性	女性	合计
15~49	1.81	0.40	2.21	4.90	1.15	3.07
50~69	8.85	3.12	11.70	46.51	16.93	31.73
>70	10.03	6.77	16.80	115.21	203.68	155.56
全人群	20.42	10.29	30.71	28.17	14.75	21.59

¹注: IHD: 缺血性心脏病。

3. 全球范围的减盐行动

为了减少人类健康风险, 科学家们积极投入食品减盐的研究。通过研究食品加盐原理和盐分对食品味道的影响, 探索出了一系列减盐的方法和技术。日本通过政策宣传, 控制食品加工标准降低人均食盐摄入量。英国和芬兰以政策[8]促使食品生产商在食物中减少食盐用量, 说服大众在家烹调时少用盐。英国的主要政策是由血压专家说服卫生部, 随后说服食品标准局接受减盐。美国[9]采用对市场份额较大的食品类别进行重新配方以降低产品的钠含量; 南非卫生部[10]推出钠盐法规, 对食品减盐推出强制性目标。此外, 澳大利亚、加拿大和其他几个发达国家也在减盐进程中取得不错的成效, 目前的任务是将此推广至发展中国家, 尤其是盐分摄入量高的亚洲、非洲。我国也于 2008 年在上海启动“盐勺工程”免费发放限盐勺。根据河北省卫生计生委关于印发《河北省“三减三健”全民健康生活方式行动实施方案(2017~2020 年)》[5]的通知, 以及《中国防治慢性病中长期规划(2017~2025 年)》、《国民营养计划(2017~2030 年)》等政策中均提出了减盐计划[11] [12], 多措并举以达成减盐目标。世界卫生组织(WHO) [13] [14]与世界各地举办会议, 呼吁全球人民减盐控油, 合理健康饮食。目的是减少食盐摄入量预防慢性疾病和食盐加碘消除碘缺乏症。全球动员成立健康减盐(WASH)组织, 动员医务人员形成强大力量, 减少全球食盐摄入量, 改善人类健康。

4. 国内外减盐技术研究进展

4.1. 国内研究进展

目前, 食品减盐技术在国内受到了越来越多的关注和研究, 并且处于快速发展和不断演进的阶段。最新的研究趋势和前沿研究领域包括李松娜[15]等人从不同层面进行减盐优化, 一方面考虑改善食品加工工艺, 使用天然物质或开发咸味肽与咸味增强肽来增强咸味, 其效果优于替代盐; 另一方面优化食品结构, 控制食品中脂肪等物质含量或利用静电吸附效应增强咸味效应。李婉冰[16]等人研究揭示了食盐对面团影响并得出直接减盐对面团的可接受性影响最大, 但替代盐技术会使产品接受度下降, 影响产品安全性; 并且依据不同技术的影响制定了面制品减盐规划和目标。宋玉珠[17]等人使用 FoodSwitch 应用程序收集信息得到中国肉类预包装食品的钠含量最高, 因此相关企业应该引进先进仪器, 改进食品减盐工艺, 增加香辛料等来保障减盐后食品的品质和口感。李心智等人[18]通过研究传统豆类发酵食品在多个方面的减盐策略, 为传统发酵食品提供减盐思路, 同时也推动了发酵食品行业的发展。李智[19]等人对食盐改形加工技术进行了研究, 精准调控食盐的大小和结构, 得到颗粒越小的食盐, 钠释放速率越快的结论, 食盐的溶解速率和释放速率加快, 便会增大受体的咸味感知。傅琳秋[20]对比分析食盐的不同晶体形状, 认

为片状盐在提高食盐的溶解速率和改善食品品质方面, 效果优于粒状盐和立方盐; 且金字塔状食盐由于其粗糙的外表, 增大了接触面积, 溶解速率也会因此增大, 致使咸味感知能力增强。综合公奕夫[21]等人的研究表明改变晶体结构的方法主要包括激光消蚀法、有机溶剂沉淀法、喷雾技术、抗溶剂结晶法以及低温化学法等, 并通过调控食盐颗粒的形态以实现高度团聚、扁平化、锥形、降低球形度等, 同样可以提升其溶解速率, 缩短溶解时间, 降低食盐的使用量。

钠盐替代法主要是利用与钠元素性质相似的成分, 如钾、钙、镁、锂离子等, 替代或增强氯化钠的功能[16]。这些替代盐既可以补充多种营养素, 调节人体内各元素平衡; 还能增强食品特性, 不产生副作用; 更重要的是, 它们能够更好地传递咸味, 提升咸味感知。李婉冰[16]等人基于面制品分析了五种替代盐的优缺点, 以及这些替代盐在不同面制品中的具体应用, 最后得到的实验结果是低钠盐可以有效地改变面团的物理化学和流变学性质, 应用前景良好, 是食品减盐的一种有效途径。郭嘉吻[22]等人还针对乳酸盐(乳酸钾、乳酸钙等)、磷酸盐(三聚磷酸钠、焦磷酸钠等)、重结晶矿物盐等替代盐进行综合评价, 认为这些替代盐在感官品质、食品特性、卫生安全以及经济效益等方面优势明显, 在各种肉制品中的研究与应用前景广泛。

蒋木培[23]等人通过研究酱油生产, 在酱油中添加甘氨酸乙酯盐酸盐、赖氨酸单盐酸盐、鸟氨酸单盐酸盐和牛磺酸等咸味肽, 既可以增加酱油的咸味又可以提鲜, 只需 50% 的添加量便呈现出与普通酱油相同的品质效果。咸味增强肽自身没有咸味, 但能为人体提供必需氨基酸, 口感更加温和、刺激性小, 增咸的效果比替代盐类更突出, 目前制备咸味肽的方法主要包括酶解和微生物发酵[24]。

Table 2. Reasons for salt reduction of different types of food and the salt reduction technology adopted

表 2. 不同种类食品减盐原因以及采用的减盐技术

食品	减盐原因	主要减盐技术
面制品	优化食品中食盐含量, 提高居民健康水平	无机盐替代技术、亲水胶体减盐技术、酶处理减盐技术、氧化剂还原剂减盐技术、酵母提取物等
乳制品	缓解公众的健康焦虑, 为创新产品开发提供良好契机	以乳制品渗透粉减少食盐用量
肉制品	世界卫生组织的呼吁以及大众对健康的需求, 使食品减盐成为一大趋势	直接少盐法、增加风味增强剂、优化食盐形态、新型减盐加工技术等
水产制品	水产品中的高盐含量无法满足消费者对低盐食品的需求	钠盐替代技术、新型减盐加工技术
调味品	迎合市场需求, 促进调味品行业的发展	纳滤技术
速食(以方便面为例)	区域差异和健康意识的薄弱程度不同促使工厂进行产品优化改进	直接少盐法
传统豆类发酵食品	在不改变食品风味和营养的情况下, 满足大众对有机健康食品的追求	物理减盐法、化学减盐法、生物技术减盐
酱类制品	达到减盐不减咸, 美味又增鲜的要求, 减少疾病发生的危害	微生物发酵技术、电渗析法、离子交换树脂、冷冻浓缩、纳滤技术

新型减盐加工技术改善了食盐替代物易产生不良风味的效果, 在保持食品品质的同时, 通过加工使食品中的微生物失活并弥补食品风味缺陷, 保持食品风味、营养、质地, 减少食品含盐量。芮李彤[25]等人研究的超高压处理技术是一种常用的杀菌方法, 超高压处理作为一种辅助手段, 使食品的内部结构发生伸展、变性和聚集等变化, 通过改变自身结构以减少食盐用量, 该技术主要作为辅助技术用于低盐肉制品的加工。牛超杰[19]等人的研究证明脉冲电场技术在不损害食品属性的前提下, 通过改变细胞膜结构引起电穿孔, 促进盐的扩散与释放, 特别适用于酱卤禽肉制品的生产, 尤其在预包装肉制品中表现出良好的效果。王栋[26]等人主要对比不同超声强度下针对不同肉制品产生的作用效果, 通过实验验证超声波技术辅助食品的腌制处理, 加速盐分的渗透, 产生更丰富的咸味, 同时改善肉制品的嫩度、持水能力和质构特性。根据表 2 可以看到我国基于人民群众的需要以及食品发展市场前景对不同种类的食品进行了减盐技术的研究。这些研究展示了国内学者对于减盐食品未来发展方向的关注和预期, 然而对于食品减盐技术仍需进一步的探索和研究, 借鉴先进的研究方法和经验, 寻找新的突破口, 促进各技术之间的互补性, 为我国食品减盐技术提供有益的启示。

4.2. 国外研究进展

食品减盐技术在国外也得到了广泛的关注和研究。例如, Zainal 等[27]探讨了马来西亚街头食品商贩、餐饮业者以及消费者对减盐的看法, 通过逐步减少盐, 引入低盐菜单, 使用草药香料等盐替代品, 利用技术创新采用冷冻技术来保持低盐食品的适口性。Jana 等[28]研究出修改盐晶体来降低糕点和即食食品的咸味, 改变食盐的形状和结构来增强肉类和罐头食品的咸味感知, 以减少食盐量; 并采用减钠增钾等替代盐优化奶酪中的含盐量。Jachimowicz [6]通过对环境进行干预并与食品行业合作、消费者教育干预、包装正面标签计划和盐税等, 对食品减盐进行重新配制。除此之外国外学者利用真空固化、超高压固化、超声波固化、脉冲电场固化、伽马辐照等新技术, 来促进低钠食品的开发, 增强盐扩散并缩短固化时间, 从而降低 NaCl 含量。Kang Dacheng [29]等人发现利用超声波技术可以改变肌原纤维间的距离, 加快食盐在肌肉内的扩散, 提高食盐的溶解速率, 进而增强咸味感知, 促进鲜味氨基酸的产生。RIOS-MERAJ D [30]等人发现微球型盐(SODA-LO)是将标准海盐晶体加工成可以自由流动的中空微球晶体, 其晶体结构小于普通盐, 但却可以在减少 50% 钠含量的基础上保持食品原有的咸味。Raybaudi-Massilia [31]等人发现将这种微球盐应用于肉制品中(如: 火腿、鸡胸肉、香肠等), 既可以减少食盐用量, 还可以保持食品原有的风味品质。Luo y [32]等人研究纳滤技术作为一种具有广阔应用前景的工业液体脱盐技术。利用介于反渗透和超滤之间的压力将食盐从液体中分离出来, 特别适用于发酵酱类食品的生产过程。值得注意的是, 未来的研究应侧重于实施多种策略, 为了解食品减盐技术的最新进展和研究方法提供重要参考。

5. 总结及未来展望

5.1. 总结

综上所述, 国内外食品减盐技术的研究都在不断地丰富扩大, 为未来减盐食品打下良好基础。主要的食品减盐技术分为物理减盐技术、化学减盐技术、生物减盐技术以及新兴减盐加工技术等, 表 3 展示了不同的技术方法的不同优缺点。尽管不同的方法存在各种差异, 但可以看出食品减盐技术各个方法最需要突破的是技术瓶颈问题, 目前的方法主要停留在研究的初步阶段, 仍需进一步扩大试材用量, 进一步完善技术和参数, 而且现有的食品减盐技术没有积累成熟的经验, 未形成减盐食品适合的发展模式。如何在现有研究的基础上, 并且基于人群的需要, 满足大众对食物色香味的需要, 开发出美味可口, 营养又健康的低盐食品, 构建食品减盐技术完整体系, 将是未来研究的重点。

Table 3. Advantages and disadvantages of different food salt reduction techniques**表 3.** 不同食品减盐技术的优缺点

减盐技术	具体方法	优点	缺点	参考文献
物理减盐技术	直接减盐法	操作简单,可直接减少食品中食盐的含量,预防高血压,保护身体健康。	影响食物口感,矿物质缺乏,食品安全性难以保障,且食物中非必要盐含量有限,减盐量会受限。	[22] [33]
	优化食盐结构	食盐的不同形状结构可以加快食盐的溶解和咸味感知,可直接减少食盐用量。	食盐的不同形态结构开发尚不完善,应用于各种食品减盐依旧受限,而且投入成本比较高。	[19]
化学减盐技术	钠盐替代法 (盐酸盐、 乳酸盐、 磷酸盐)	在减盐的同时还能保障食品色香味,可接受度高。还可以促进其他营养元素的摄入。	现有替代盐不能很好地适用于各种食品中,这些替代盐往往以复配盐的形式出现,研究复配盐与食品之间的比例仍需研究。	[16] [35]
	风味改良剂	弥补直接减盐和复配盐造成的口感和风味的缺失,修饰异味,利用风味改良增强以减少高盐带来的各种疾病风险。	由于只是在风味上有所改变,可能会导致食盐减少引起不适症状以及风味剂中的某些物质增加患病风险。	[32] [33]
	提取天然咸味肽	提取动植物中的呈味物质,促进唾液分泌,促进食物溶解,促进吸收利用,减盐又增鲜。	该技术对合成和提取对设备要求高,生产成本低,至今仅停留在研究阶段,在工厂难以大规模投入使用,市场上还没有类似产品。	[33] [36]
	氧化剂还原剂减盐技术	减少食盐用量的同时促进面制品性能的改善,节约面制品制作时间。	在化学反应下的某些物质有致癌的风险,食品安全有待考究。	[35]
	电渗析法	该工艺条件温和,无污染,无噪声,也不需要高浓度乙醇,比较安全,操作简单,大多适用于食品副产品中。	实际操作过程中的离子浓度差,会引起液位差,影响效果,且该技术生产成本较高。	[37]
生物减盐技术	微生物发酵	微生物发酵技术和减盐相结合,防腐抗菌,提高食品品质和安全性。	工艺流程复杂,尤其是微生物的存在应注意生产环境和产品品质。	[18]
	纳滤技术	优化工艺流程,减少调味品中盐分。	产生副产物,增加处理成本和污染问题。	[38]
新兴减盐加工技术	高压处理技术	通过过滤盐分,改善肉的保水性、蒸煮损失、咸味和微生物安全性以减少食品中含盐量。	该技术只适用于塑料类包装材料、不能应用于高速生产线等,且随着食盐含量的降低可能导致肉制品色泽的不良变化。	[39]
	超声波技术	利用高频振动波,增强渗透过程,有利于组织的腌制和嫩化,适用于大部分食品,尤其是肉制品。	操作技术相对严格,且超声波技术会导致食品品质下降,可操作性低。	[22] [25]
	脉冲电场技术	通过改变膜的通透性来影响咀嚼过程中钠离子释放,且不会损害食品的属性,应用潜力大。	应用仅限于低导电性和无气泡的产品,技术仍需优化,成本高。	[25]
	辐照技术	杀灭有害菌,防止食品减盐出现安全性问题,以延长货架期。	缺乏基础性研究,实验数据,标准法规不完善。	[40]

5.2. 未来展望

基于全文的综述研究, 提出以下几点建议:

减盐首先是要改变以往的饮食习惯, 饮食由咸慢慢变淡, 循序渐进。例如: 平时烹调可以先减少一定的使用量, 坚持一段时间后, 再减少一定量。还可以利用食物本身的风味进行增味, 如利用葱、姜、蒜、香菇、香菜、辣椒、西红柿、柠檬等清淡食物一起混合使用; 或者多选新鲜食材, 如: 新鲜的鱼虾类、蔬菜等本身自带鲜香[33]。

加强低盐饮食的宣传和教育, 使用各种教育和技术工具来增强公众对减盐重要性的认识, 促使居民养成良好的生活方式。并且可以根据不同人群进行不同调查研究, 针对不同人群进行不同的试验研究和调查分析以期食品减盐工作提供理论依据, 制定良好的减盐计划, 逐步减少食盐摄入量。张幸[34]等人的研究显示医生的劝诫和提醒, 家人的劝告, 低盐饮食等因素对控盐影响深远。因此, 政府以及相关部门可以联合医院、家庭、个人相互沟通的机制, 各个部分相互联系, 推动食品减盐运动的进程。并且可以通过人工智能和大数据分析, 来更好地理解消费者的口味和偏好, 从而为他们提供更个性化的减盐建议。

可以通过收集和分析大量的数据来优化技术和产品。测试不同的技术方法, 对技术进行必要的调整。寻找系统化的减压方法和技术。这些方法和技术可以包括物理和化学方法相结合, 化学和生物技术相互促进、新型减盐加工技术辅助化学减盐等, 各种技术方法通力合作, 加强各技术的互补性。完善参数和数据, 对盐分含量进行测量和记录, 以便我们能够了解减盐工作的进展情况。

此外我们还可以定期收集和分析公众对减盐产品的反馈, 以便我们了解哪种方法有效, 对于不足之处需要如何改进。并且可以加大成本投入量, 促进技术创新, 优化数据。这些参数的完善将有助于我们更好地制定减盐策略, 并为公众提供更优质的食品。

基金项目

河北农业大学引进人才科研专项(项目编号: YJ2021034);

河北省现代农业产业技术体系水产品深加工及质量控制(HBCT2024300207)。

参考文献

- [1] 高娇娣, 刘艳芳. 减盐还得再加把劲儿[N]. 中国食品报, 2024-03-26(001).
- [2] Hipgrave, D.B., Chang, S., Li, X., *et al.* (2016) Salt and Sodium Intake in China. *Journal of the American Medical Association*, **315**, 703-705. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.15816>
- [3] Garriguet, D. (2007) Sodium Consumption at All Ages. *Health Reports*, **18**, 47-52.
- [4] McGuire, S. (2010) Institute of Medicine. 2010. Strategies to Reduce Sodium Intake in the United States. Washington, DC: The National Academies Press. *Advances in Nutrition*, **1**, 49-50. <https://doi.org/10.3945/an.110.1002>
- [5] 国家卫生健康委办公厅关于开展 2023 年全国高血压日主题宣传活动的通知[EB/OL]. <http://www.nhc.gov.cn/ylyjs/pqt/202309/4f07f5ac57a74a92a0ee3834fbf1b7a0.shtml>, 2024-05-26.
- [6] Jachimowicz-Rogowska, K. and Winiarska-Mieczan, A. (2023) Initiatives to Reduce the Content of Sodium in Food Products and Meals and Improve the Populations Health. *Nutrients*, **15**, Article 2393. <https://doi.org/10.3390/nu15102393>
- [7] 朱家峰, 古建昌, 杨茂全, 等. 1990~2019 年中国归因于高盐饮食的缺血性心脏病疾病负担及其变化趋势分析[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(3): 337-342.
- [8] 冯雅靖, 赵文华. 英国和芬兰减盐策略的成功经验与启示[J]. 中国卫生政策研究, 2010, 3(5): 52-56.
- [9] 宋玉珠. 五个国家预包装肉制品和鱼制品中钠含量的横断面比较[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北医科大学, 2022.
- [10] Peters, S.A.E., Dunford, E., Ware, L.J., *et al.* (2017) The Sodium Content of Processed Foods in South Africa during the Introduction of Mandatory Sodium Limits. *Nutrients*, **9**, Article 404. <https://doi.org/10.3390/nu9040404>

- [11] 国务院办公厅关于印发中国防治性传染病中长期规划(2017-2025年)的通知[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2017(7): 17-24.
- [12] 国务院办公厅. 关于印发《国民营养计划(2017-2030年)》的通知[J]. 中国质量与标准导报, 2017(8): 6.
- [13] World Health Organization (2021) WHO Global Sodium Benchmarks for Different Food Categories.
- [14] 徐建伟. 我国开展减盐行动的策略研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2014.
- [15] 李松娜. “三减政策”下菜谱式复合调味料开发中的技术探索[J]. 食品工业, 2023, 44(11): 147-150.
- [16] 李婉冰, 蒋晓宇, 刘颖, 等. 面制品减盐技术及其应用[J]. 武汉轻工大学学报, 2023, 42(5): 26-33.
- [17] 宋玉珠, 郭春雷, 张普洪, 等. 国内外肉类预包装食品钠含量现状、减盐措施与实践[J]. 卫生研究, 2023, 52(5): 858-862.
- [18] 李心智, 刘希, 童星, 等. 传统豆类发酵食品的减盐研究进展[J]. 现代食品, 2023, 29(15): 16-22.
- [19] 李智, 牛超杰, 邹爱军, 等. 肉制品加工减盐技术及其应用[J]. 武汉轻工大学学报, 2023, 42(4): 31-38.
- [20] 傅琳秋. 食盐对肉制品品质的作用及减盐技术研究[J]. 中国食品工业, 2023(2): 83-85.
- [21] 公奕夫, 李星, 刘斌, 等. 基于固体食盐结构及成分设计的减盐策略及其研究进展[J]. 食品科学, 2023, 44(9): 202-210.
- [22] 郭嘉吻, 冯明会, 马慧, 等. 食品减盐研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(15): 341-350.
- [23] 蒋木培. 减盐酱油生产研究进展[J]. 农产品加工, 2022(15): 92-97.
- [24] 向芳. 食品减盐策略研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(6): 350-358.
- [25] 芮李彤, 李海静, 张婷婷, 等. 食盐对肉制品品质形成的作用及减盐技术研究进展[J]. 肉类研究, 2022, 36(7): 61-67.
- [26] 王栋, 张琦, 陈玉峰, 等. 干腌肉制品低盐加工技术及其减盐机制研究进展[J]. 食品科学, 2022, 43(7): 222-231.
- [27] Arifen, Z.N.Z., Haron, H., Shahar, S., et al. (2024) Perceptions, Barriers and Enablers on Salt Reduction in the Out-of-Home Sectors in Malaysia(MySaltOH) from the Perspective of Street Food Vendors, Caterers and Consumers. *Public Health Nutrition*, **27**, e12. <https://doi.org/10.1017/S136898002300277X>
- [28] Rysová, J. and Rysová, Z. (2021) Effect of Salt Content Reduction on Food Processing Technology. *Foods*, **10**, Article 2237. <https://doi.org/10.3390/foods10092237>
- [29] Kang, D.C., Wang, A.R., Zhou, G.H., et al. (2016) Power Ultrasonic on Mass Transport of Beef: Effects of Ultrasound Intensity and NaCl Concentration. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **35**, 36-44. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.03.009>
- [30] Rios-Mera, J.D., Selani, M.M., Patinho, I., et al. (2020) Modification of NaCl Structure as a Sodium Reduction Strategy in Meat Products: An Overview. *Meat Science*, **174**, Article 108417. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108417>
- [31] Raybaudi-Massilia, R., Mosqueda-Melgar, J., Rosales-Oballos, Y., et al. (2019) New Alternative to Reduce Sodium Chloride in Meat Products: Sensory and Microbiological Evaluation. *LWT—Food Science and Technology*, **108**, 253-260. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.057>
- [32] Luo, Y., Ding, L., Chen, X., et al. (2009) Desalination of Soy Sauce by Nanofiltration. *Separation and Purification Technology*, **66**, 429-437. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.02.015>
- [33] 陕怡萌, 蒲丹丹, 张玉玉, 等. 食品减盐方法研究进展[J]. 食品科学, 2022, 43(13): 267-275.
- [34] 张幸, 董静, 郭怡, 等. 基于 PRECEDE 模式的居民减盐行为影响因素的混合方法研究[J]. 中国全科医学, 2024, 27(10): 1221-1230.
- [35] 黄诗钰, 施文正, 王锡昌, 等. NaCl 对水产制品品质的影响及减盐调控技术研究进展[J]. 食品科学, 2023, 44(11): 260-268.
- [36] 张杰, 赵志峰, 郝罗, 等. 减盐策略及低钠盐研究进展[J]. 中国调味品, 2021, 46(3): 179-184.
- [37] 李广, 梁艳玲, 韦宏, 等. 右旋糖酐铁电渗析除盐新工艺[J]. 化工技术与开发, 2009, 38(9): 1-4+10.
- [38] 孙启星, 苗春雷, 朱娅媛, 等. 纳滤技术在减盐酱油生产中的应用研究[J]. 中国调味品, 2023, 48(4): 156-160.
- [39] 王卫, 张锐, 张佳敏, 等. 肉制品加工中的减盐技术: 研究进展与应用展望[J]. 肉类研究, 2022, 36(7): 54-60.
- [40] 郑吉家, 高美须, 李筱珍, 等. 辐照技术在保健食品产业中的应用及相关标准分析[J]. 核农学报, 2024, 38(1): 134-139.