

食品添加剂对面包酵母发酵特性的影响机制分析

高骏伟

佛山市质量和标准化研究院, 广东 佛山 528041

DOI:10.61369/ERA.2025100013

摘 要： 面包制作中, 酵母发酵是影响面包品质的核心环节, 食品添加剂的科学使用能有效调控酵母发酵特性。本研究全面剖析不同种类食品添加剂对面包酵母发酵特性的作用机制, 先阐述酵母发酵的基本原理及食品添加剂的应用现状, 再深入探究糖类、盐类、乳化剂、酶制剂等添加剂通过渗透压调节、代谢路径干预、界面性质改变等途径, 对酵母生长代谢、产气能力、发酵稳定性产生影响的机制, 同时提出食品添加剂在面包制作中的优化应用策略, 并对其未来发展趋势进行展望, 为提高面包品质、优化生产工艺提供理论支撑。

关 键 词： 食品添加剂; 面包酵母; 发酵特性; 影响机制; 面包品质

Analysis of the Mechanism by Which Food Additives Affect the Fermentation Characteristics of Bread Yeast

Gao Junwei

Foshan Institute of Quality and Standardisation, Foshan, Guangdong 528041

Abstract： In bread making, yeast fermentation is a core process that affects bread quality, and the scientific use of food additives can effectively regulate yeast fermentation characteristics. This study comprehensively analyses the mechanisms by which different types of food additives affect the fermentation characteristics of bread yeast. It first explains the basic principles of yeast fermentation and the current status of food additive applications, then delves into how additives such as sugars, salts, emulsifiers, and enzymes influence yeast growth metabolism, gas production capacity, and fermentation stability through mechanisms such as osmotic pressure regulation, metabolic pathway intervention, altering interfacial properties, to influence yeast growth metabolism, gas production capacity, and fermentation stability. It also proposes optimised application strategies for food additives in bread making and outlines future trends, providing theoretical support for improving bread quality and optimising production processes.

Keywords： food additives; bread yeast; fermentation characteristics; influence mechanisms; bread quality

引言

发酵面食是以面粉为主要原料, 以酵母菌为主要发酵剂, 经面团调制、发酵、成型、醒发、蒸制或油炸、烘焙及烙制等方法熟成的食品。我国发酵面食主要是靠蒸制熟成或经发酵烘焙而成的食品, 包括馒头、花卷、饼类、面包等食品。其中面包因其口感适宜, 携带方便等优点已逐步成为一项必需品出现在消费者的日常生活中。面包作为全球广受欢迎的烘焙食品, 其品质与酵母发酵紧密相关, 伴随食品工业进步, 食品添加剂在面包制作中应用广泛, 不仅可改善面包感官品质、延长货架期, 还能优化发酵工艺, 不同添加剂对酵母发酵特性的影响有别, 机制复杂, 深入探究其影响机制, 对指导添加剂科学使用、提升面包品质与生产效率, 具有重要理论和实践价值。

一、面包酵母发酵与食品添加剂应用基础

(一) 面包酵母发酵原理

面包酵母发酵属复杂生物学过程, 依托酵母细胞内系列酶促反应实现, 有氧环境中, 酵母以葡萄糖等糖类为底物, 借有氧呼

吸大量增殖, 生成二氧化碳与水, 释放能量维持生长代谢, 待面团内氧气耗尽, 酵母转入无氧发酵, 糖类被转化为乙醇、二氧化碳及少量代谢产物^[1]。二氧化碳于面团内积聚促使其膨胀, 塑造面包多孔结构; 乙醇与挥发性代谢物则赋予面包独特风味, 酵母发酵受温度、pH 值、底物浓度、氧气含量等多重因素制约, 底物类

别与浓度直接左右酵母代谢活性及发酵效率，环境条件改变亦会影响酵母细胞内酶活性与代谢路径。

（二）食品添加剂在面包制作中的应用现状

食品添加剂于面包制作领域的应用拥有悠久历程，且品类持续拓展，当下糖类、盐类、乳化剂、酶制剂、防腐剂等诸多食品添加剂被广泛运用于面包生产环节，糖类除了为酵母发酵供给能量，还可调控面团渗透压、改良面包色泽与风味；盐类能够增强面团韧性、调节酵母发酵速率；乳化剂可改善面团的流变学特征，提升面包的柔软程度与保鲜期限；酶制剂可优化面团的加工性能，增进面包品质；防腐剂则用于抑制微生物繁殖，延长面包的货架周期，不过食品添加剂的不合理使用或许会对酵母发酵产生不良影响，过高浓度的盐和糖会抑制酵母活性，部分防腐剂可能对酵母的正常代谢造成干扰。消费者对食品健康与安全的关注度日益提高，对食品添加剂在面包制作中的科学使用提出更高标准。

二、食品添加剂对面包酵母发酵特性的影响机制

（一）糖类添加剂的影响机制

糖类作为酵母发酵的核心能量供给物质，其不同类别与浓度对酵母发酵特性的作用存在明显差异，葡萄糖、果糖这类单糖可被酵母直接吸收利用，能够快速启动发酵进程，进而推动酵母增殖与二氧化碳生成，酵母细胞借助特定转运蛋白将葡萄糖和果糖摄入细胞内，之后通过糖酵解途径实现快速代谢。蔗糖等双糖需要在酵母分泌的蔗糖酶作用下，水解为葡萄糖和果糖后才能被利用，其发酵启动速度相对迟缓，但具备较强的持续供能能力，麦芽糖等多糖在面团中需经过淀粉酶水解后才能被酵母利用，整个发酵过程更为缓慢，较高浓度的糖类会提升面团渗透压，促使酵母细胞内的水分向外渗出，造成细胞脱水，从而对酵母的生长和代谢活性产生抑制作用，这种渗透压抑制效应在蔗糖、葡萄糖等高渗糖类中表现得尤为突出。糖类参与美拉德反应，其代谢产物会对面团的 pH 值和氧化还原状态产生影响，进而间接调控酵母的发酵环境，美拉德反应生成的类黑精物质具有抗氧化特性，能够延缓面团的氧化进程，同时也可能改变面团的酸度，对酵母的生长造成影响。在面团发酵的后期阶段，随着糖类的不断消耗，酵母的代谢速率会有所下降，此时添加适量的麦芽糖能够维持发酵活力，确保面包的体积和质地符合要求。

（二）盐类添加剂的影响机制

盐类在面包制作中对酵母发酵具备双重效应。适量的盐能强化面筋网络构造，提升面团弹性与韧性，为酵母发酵生成的气体提供稳固支撑架构，有益于面包体积膨胀和质地改良，盐离子和面筋蛋白里的极性基团相互作用，增强蛋白质分子间的交联，提升面筋强度^[2]。盐离子还可调节酵母细胞内的渗透压平衡，维持细胞膜完整性与功能，促进酵母细胞对营养物质的吸收，盐浓度过高时，会提升面团渗透压，抑制酵母细胞水分吸收和代谢活性，延长发酵时长，盐亦会影响酵母细胞内酶的活性，像抑制己糖激酶活性，阻碍糖类代谢起始步骤，进而降低酵母发酵速度，盐能与面团中蛋白质和脂质相互作用，改变面团流变学特性，间

接影响酵母发酵环境。实际生产中，面包配方里的盐含量通常控制在 1.5% – 2%，既能赋予面包风味，又不明显抑制酵母活性，盐含量超过 3% 时，酵母发酵速率显著下降，面团发酵时间延长，且面包内部结构紧实，影响口感。

（三）乳化剂的影响机制

乳化剂凭借改变面团界面性质与物理化学特征，对酵母发酵产生多维度作用，乳化剂分子兼具亲水与亲油基团，可和面团中脂质、蛋白质相互作用，形成稳定复合物。一方面，乳化剂与面筋蛋白结合，增强面筋网络韧性及弹性，提升面团持气能力，让面包在发酵与烘焙阶段体积更膨大、质地更松软；其插入面筋蛋白分子间隙，形成交联结构，增加机械强度；另一方面，乳化剂与淀粉结合，抑制淀粉老化，延缓面包硬化速率，延长货架周期；于淀粉颗粒表面形成保护膜，阻碍淀粉分子重结晶，乳化剂还能降低气 – 液界面表面张力，促进二氧化碳气泡形成与稳定，改善面团发酵性能。部分乳化剂可调节酵母细胞膜流动性和通透性，影响酵母细胞对营养物质摄取及代谢产物排出，进而间接调控发酵活性，卵磷脂作为天然乳化剂，可与酵母细胞膜中磷脂相互作用，增强膜稳定性，促进酵母对糖类吸收利用，在冷冻面团制作时，添加硬脂酰乳酸钠等乳化剂，能有效防止面团在冷冻及解冻过程中面筋结构被破坏，维持良好发酵性能。

（四）酶制剂的影响机制

酶制剂于面包制作中借助催化特定化学反应，优化面团加工性能与酵母发酵环境，淀粉酶可将面团中淀粉水解为麦芽糖和葡萄糖，为酵母发酵提供更多可利用底物，加速发酵进程，增加二氧化碳生成量，促使面包体积扩大， α – 淀粉酶随机水解淀粉分子内部的 α – 1,4 糖苷键， β – 淀粉酶则从淀粉分子非还原端依次水解产生麦芽糖^[3]。蛋白酶能适度水解面筋蛋白，改善面团延展性与可塑性，降低面团硬度，利于酵母发酵时气体扩散和面团膨胀，不同来源的蛋白酶作用位点及水解程度存在差异，选用适宜蛋白酶可精准调控面筋蛋白水解程度，脂肪酶可分解面团中脂质，生成脂肪酸和甘油，脂肪酸与面筋蛋白、淀粉相互作用，增强面团韧性与稳定性，同时改善面包风味和色泽。氧化酶如葡萄糖氧化酶可促进面筋蛋白交联，强化面筋网络结构，提升面团持气能力，为酵母发酵营造良好物理环境，葡萄糖氧化酶催化葡萄糖生成葡萄糖酸和过氧化氢，过氧化氢促使面筋蛋白中巯基氧化形成二硫键，进而强化面筋网络，在全麦面包制作中，添加木聚糖酶可降解全麦粉中的阿拉伯木聚糖，改善面团流变学特性，提高面包体积和柔软度。

三、食品添加剂在面包制作中的应用策略与发展趋势

（一）优化添加剂配方与用量

依据面包品种与品质需求，科学搭配不同类型食品添加剂并精准把控其用量，在高糖面包制作时，适当减少糖的添加量或选用发酵性能优良的酵母，以此减轻高糖对酵母发酵的抑制作用；针对咸味面包，优化盐的添加用量，在保障风味的同时避免对酵母活性产生过度抑制。运用复配添加剂技术，将乳化剂、酶制剂

等多种添加剂按一定比例混合使用，从而发挥协同增效作用，像淀粉酶与蛋白酶复配能够同时改善面团的发酵性能和加工性能，进而提升面包品质，通过开展实验并进行数据分析，构建不同面包产品的添加剂配方数据库，为工业化生产提供科学依据。针对法式面包追求大孔洞、薄脆表皮的特性，在配方中减少乳化剂用量，增加淀粉酶和氧化酶的比例，以促进面团发酵并形成独特结构；对于软质甜面包，则提高乳化剂和糖的添加量，同时搭配适量脂肪酶，以增强面包的柔软度和风味，工业化生产过程中，借助响应面分析法优化添加剂配方，能够快速确定各添加剂的最佳配比，从而降低研发成本和时间。

（二）关注添加剂安全性与健康需求

随着消费者对食品健康与安全关注度的提升，优先选用天然、安全的食品添加剂成为趋势，大豆磷脂等天然乳化剂以及天然酶制剂，因安全性高且来源天然，正逐步成为人工合成添加剂的优质替代品，减少甚至避免使用部分人工合成防腐剂等可能对人体健康产生潜在风险的添加剂^[4]。同时开发具有抗氧化、抗菌、调节肠道菌群等功能的功能性食品添加剂，在满足面包品质要求的基础上，赋予面包更多健康属性，以顺应食品消费市场的发展趋势，从植物中提取迷迭香提取物作为天然抗氧化剂，可替代合成抗氧化剂 BHT，延长面包的氧化稳定性；添加益生菌作为发酵剂，既能调节酵母发酵过程，又能改善人体肠道微生态。食品企业通过与科研机构合作，持续挖掘天然产物中的功能性成分，开发新型健康添加剂，严格遵循食品添加剂使用标准，加强生产过程中的质量控制，确保添加剂使用合规，保障消费者健康。

（三）结合现代生物技术与工艺创新

借助基因工程、蛋白质工程等现代生物技术，研发性能更为优良的食品添加剂，通过基因改造技术优化酵母菌种，增强其对高糖、高盐等恶劣环境的耐受能力及发酵效率；研制新型酶制剂，提升酶的稳定性与催化活性。运用基因编辑技术敲除酵母中影响发酵效率的基因片段，或导入耐高糖基因，培育出适应高糖环境的酵母菌株，结合冷冻面团技术、3D 打印技术等现代食品加工工艺，探究食品添加剂在新工艺中的应用方式与效果，冷冻面团制作时，挑选合适的乳化剂和酶制剂，改善冷冻面团的解冻稳

定性及发酵性能，为面包制作工艺创新提供支撑。3D 打印技术能够实现面包的个性化定制，添加剂需满足打印过程中面团的流变学要求，添加增稠剂调节面团黏度，确保打印成型，利用微胶囊技术对不稳定的添加剂进行包埋，提高其在加工过程中的稳定性与靶向释放效果，拓展添加剂的应用范围。

（四）加强添加剂作用机制研究与应用指导

深入开展食品添加剂对面包酵母发酵特性影响机制的研究，借助代谢组学、蛋白质组学等先进技术手段，从分子层面揭示添加剂与酵母细胞的相互作用机制，通过代谢组学分析不同添加剂作用下面团发酵过程中代谢产物的变化，明确添加剂对酵母代谢通路的调控节点；利用蛋白质组学研究添加剂对酵母细胞蛋白表达的影响，确定关键作用靶点^[5]。构建添加剂-酵母-面团体系的数学模型，模拟不同添加剂组合及用量下酵母发酵过程的动态变化，预测面包品质指标，结合人工智能算法对大量实验数据进行学习分析，优化模型预测准确性。将研究成果转化为实际生产中的应用指南和操作规范，为面包生产企业提供技术指导，助力企业优化生产工艺，提升产品质量与生产效率，推动面包产业可持续发展，通过举办技术培训、发布行业白皮书等方式，加强产学研合作与知识传播，促进研究成果快速转化应用。

四、结束语

食品添加剂对面包酵母发酵特性的影响机制繁复多元，不同类别添加剂通过渗透压调控、代谢路径干预、界面特性改变等多种途径，对酵母生长代谢、产气效能及发酵稳定性产生作用。科学应用食品添加剂，优化添加剂配方与使用剂量，关注安全性和健康需求，结合现代生物技术与工艺革新，加强作用机制探究与应用指导，是提升面包品质、推动面包产业发展的核心，随着研究的持续深入和技术的不断创新，食品添加剂在面包制作中的应用将更趋科学合理，为消费者提供品质更优、更具健康属性的面包产品。

参考文献

- [1] 翁业勋. 亲水胶体对黑小麦全麦面包的品质及体外消化性的影响机制研究 [D]. 江南大学, 2024.
- [2] 段梦杰. 混菌发酵对小麦面包中丙烯酰胺的调控作用及机制研究 [D]. 上海应用技术大学, 2023.
- [3] 杨烁. 膳食纤维对冷冻面团烘焙品质影响及其作用机制研究 [D]. 华南理工大学, 2023.
- [4] 郭璐楠. 面团冻藏过程中酵母稳定性变化及其对面团品质的影响 [D]. 江南大学, 2021.
- [5] 田野. 复配抗冻保护剂对冷冻酵母影响的研究 [D]. 哈尔滨商业大学, 2020.