

小麦胚芽营养价值及加工工艺分析

丁亚群, 李 诚*

山东农业大学, 山东泰安 271018

【摘要】小麦胚芽位于小麦籽粒的中心, 虽然体积较小, 却蕴藏着丰富的营养宝藏, 其富含蛋白质、膳食纤维、维生素及矿物质等多种营养成分, 尤其是维生素E和不饱和脂肪酸含量较高。为此, 本文将对小麦胚芽的蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质与维生素等营养成分进行详细分析, 并综合清理与分级、破碎与脱皮、烘干与冷却、粉碎与筛分、包装与存储探讨其加工工艺, 以期对小麦胚芽的深入研究和合理开发利用提供参考。

【关键词】小麦胚芽; 营养价值; 加工工艺

【中图分类号】TS210.4 **【文献标识码】**A **【DOI】**10.12325/j.issn.1672-5336.2024.02.001

引言

小麦胚芽, 作为小麦加工的副产品, 不仅来源丰富, 而且营养价值极高。胚芽富含蛋白质、维生素、矿物质和膳食纤维, 被誉为“营养宝库”, 通过稳定化处理, 可保留其丰富的营养成分和独特的口感。此外, 提取小麦胚芽油技术更是挖掘了其深层价值, 油富含多种对人体有益的成分。充分利用这些技术, 提高小麦胚芽的附加值, 为农副产品加工增值开辟新的道路, 实现资源的有效利用。

1 小麦胚芽的营养价值

小麦胚芽, 这一仅占小麦籽粒3%的部分, 却蕴藏着丰富的营养成分。从蛋白质的角度来看, 小麦胚芽的蛋白质含量高达27%~30.5%, 且麦胚蛋白含有人体必需的8种氨基酸, 占小麦中总氨基酸含量的34.74%, 足以说明小麦胚芽在蛋白质方面的营养价值。必需氨基酸的比例与鸡蛋、大豆、牛肉的氨基酸构成比例以及WHO/FAO推荐的参考比例相当接近, 显示出小麦胚芽在蛋白质供应上的优越性和高效性^[1]。

除了蛋白质, 小麦胚芽中的膳食纤维含量也相当可观, 为2%~3%。与普通蔬菜相比, 这一数值竟高达14倍, 足以看出小麦胚芽在膳食纤维方面的突出优势。膳食纤维对于维持人体肠道健康、降低胆固醇、控制血糖等方面都有着重要作用。另外, 小麦胚芽的脂肪含量为10.5%~13.0%, 主要成分包括饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸(含量高达84%)、磷脂及不皂化物。其中, 不饱和脂肪酸的含量如此之高, 对于预防心血管疾病、降低胆固醇、改善血液循环等都有很好的效果。

小麦胚芽中的维生素含量也相当丰富。VB₁、VB₂、VB₆、泛酸、烟酸、叶酸、VE等维生素都可以在小麦胚芽中找到。特别是维生素E, 每100g小麦胚芽含有30~50mg, 居各种植物性食品资源之首。小麦胚芽中同时含有8种结构的全价维生素E, 全面的维生素E供应对于人体健康有着不可估量的好处。此外, 小麦胚芽还富含钾、锌、铁、磷、镁、硒、铬等矿物质。其中, 必需微量元素硒的含量远高于其他食物。硒在人体中具有抗氧化、提高免疫力、预防癌症等作用, 是一种非常重要的微量元素。除了上述的营养成分外, 小麦胚芽还含有多种生物活性成分, 如多酚(10mg/kg)、植物甾醇(24~50mg/kg)、类胡萝卜素(4~38mg/kg)等, 对于预防疾病、保持人体健康都有着积极的作用^[2]。

2 小麦胚芽的开发利用技术

2.1 小麦胚芽稳定化处理

2.1.1 干热法

目前, 为了保持小麦胚芽的营养成分并延长其保存期限, 最常用的方法是干热法。这种方法主要依赖于高温热风的处理来降低小麦胚芽的含水量, 从而达到防止霉变和延长保质期的目的。具体操作中, 干热法通常是在115℃的温度下, 对2.5cm厚的麦胚进行加热处理15分钟。基于这样的处理, 小麦胚芽的含水量可有效地降低到4%以下, 使小麦胚芽在适宜的存储条件下, 保质期达到7到12个月。

干热法虽然能有效地延长小麦胚芽的保存期限, 但在高温处理过程中, 也容易导致麦胚中的蛋白质发生变性, 影响到蛋白质的营养价值和功能特性。除此之外,

作者简介: 丁亚群(2002.11—), 女, 汉族, 山东省泰安市, 本科在读, 研究方向: 粮油加工、新型淀粉基食品用膜。

***通讯作者:** 李诚(1988.10—), 男, 汉族, 山东省泰安市, 工学博士, 讲师, 研究方向: 粮油加工与资源综合利用。

干热法还破坏小麦胚芽中的维生素和微量元素等部分营养成分,降低其整体营养价值。所以在使用干热法处理小麦胚芽时,需权衡其利弊。一方面要保障处理后的麦胚能够在较长时间内保持良好的品质,另一方面也要尽量减少处理过程中对营养成分的破坏^[3]。

2.1.2 湿热法

在寻找更为有效和营养保全的小麦胚芽处理方法时,蒸汽处理湿热法逐渐受到关注。相较于传统的干热法,湿热法降低小麦胚芽的含水量,延长其贮藏时间,而且具有更多的优势。湿热法处理下的小麦胚芽糊化程度相对较低,糊化是淀粉在高温、高湿条件下的一个重要变化,过度的糊化影响食品的口感和营养价值。蒸汽处理在一定程度上避免这一问题,保证处理后的小麦胚芽仍保持良好的食用品质。

蛋白质是生命活动的基础,其结构和功能对食品的营养价值至关重要。干热法处理时,高温导致蛋白质变性,降低其营养价值。而湿热法则能在相对较低的温度下达到同样的保存效果,从而减少对蛋白质的破坏。此外,湿热法还能有效灭活小麦胚芽中的脂肪酶和脂肪氧化酶,加速脂肪的氧化变质,导致小麦胚芽变质。有研究表明,在220℃、Steam档位下处理30s,灭活小麦胚芽中82.74%的脂肪酶和87.03%的脂肪氧化酶,从而显著延长小麦胚芽的保质期^[4]。

2.1.3 挤压处理

挤压处理作为一种现代化的食品加工技术,在小麦胚芽的保存中展现出显著的优势,对麦胚中的脂肪酶、脂肪氧化酶以及微生物具有明显的破坏和杀灭作用,有效地延长了小麦胚芽的保质期。

挤压处理的核心优势在于其处理时间短和营养素损失少,相比传统的处理方法,如干热法,挤压处理能在更短的时间内完成,从而减少处理过程中营养素的损失。在实际应用中,挤压处理的小麦胚芽可以存放3~7月,延长了其保质期,增强了其市场竞争力。蔡易辉的研究进一步证实挤压处理的有效性,发现在特定的挤压膨化工艺参数下,即入料水分含量为24%、I区不加热、II区和III区温度分别为130、140℃时,抑制小麦胚芽的脂肪酸败。脂肪酸败是导致食品变质的重要因素之一利用挤压处理抑制这一过程,对于加强小麦胚芽的品质具有重要意义。

2.1.4 微波加热法

与传统的加热方法相比,微波加热具有更高的酶钝化效果,而且对热敏性营养成分的破坏极小,能够保持蛋白质的稳定性和功能性,避免产生苦味。微波加热法利用微波的高频振动产生热量,使物料内部和外部同时

加热,从而实现快速、均匀的加热效果。在处理小麦胚芽时,微波能够有效地钝化其中的酶,降低其活性,延长保质期。同时,由于微波加热时间短,对热敏性营养成分的破坏很少,能够最大限度地保留小麦胚芽的营养价值。利用微波处理设备在特定的工艺参数下进行稳定化处理,显示麦胚中的脂肪酶活性降低至14.01%,而脂肪氧化酶则完全失活,表明微波处理能够显著延长小麦胚芽的保质期,提高其贮藏稳定性^[5]。

2.2 提取小麦胚芽油

2.2.1 溶剂萃取法

选择正己烷作为萃取溶剂,主要因其具有良好的溶解性和选择性,能够有效地将小麦胚芽中的油脂溶解出来。正己烷的沸点适中,易于回收和再利用,降低生产成本。温度影响萃取效率。适当提高温度可加快分子热运动,提高油脂在溶剂中的溶解度。萃取温度设定为40℃,控制在30~50℃范围内,但过高温会导致油脂中的不饱和脂肪酸氧化,影响产品质量。

萃取时间直接影响油脂的提取率,萃取时间设定为4h,范围2~6h。时间过短,油脂未能充分溶解在溶剂中,时间过长,则导致已溶解的油脂重新析出或发生其他不必要的化学反应。料液比(小麦胚芽与溶剂的质量/体积比)设定为1:5,范围1:3~1:7。料液比直接影响萃取过程中油脂与溶剂的接触面积和传质速率,料液比过大,虽可提高提取率,但增加溶剂消耗和回收成本。料液比过小,则导致提取不完全。搅拌可增强溶剂与小麦胚芽之间的传质过程,提高萃取效率,搅拌速度设定为300rpm,范围200~400rpm,过高搅拌速度导致溶剂挥发和能量浪费。

多次萃取可提高油脂的提取率,但增加操作复杂性和生产成本。萃取次数设定为3次,范围2~4次,在实际操作中需根据实际情况和需求选择合适的萃取次数。粒度大小直接影响溶剂与小麦胚芽的接触面积和传质速率,小麦胚芽粒度设定为500μm,范围400~600μm。粒度过大,导致提取不完全。粒度过小,则可能增加操作难度和能耗,因此需选择合适的粒度以实现高效且经济的萃取过程。

2.2.2 亚临界流体萃取和超临界CO₂萃取技术

随着技术的进步,亚临界流体萃取和超临界CO₂萃取技术已经在小麦胚芽油提取领域取得了显著的应用成果,既避免传统方法中出现的溶剂残留问题,还显著提高提取效率,同时更好地保留小麦胚芽油中的营养成分。

有研究对比了亚临界、有机溶剂和超声方法在小麦胚芽油提取中的效果,亚临界法提取的小麦胚芽油在氧化稳定性方面表现更优,且其维生素E和不饱和脂肪酸

含量也更高,为亚临界流体萃取技术在小麦胚芽油提取中的应用提供有力的理论支撑^[6]。此外,有学者也采用超临界CO₂萃取法对小麦胚芽油的提取工艺进行深入研究,在特定的工艺条件下,如麦胚含水率为5.0%、温度控制在45~50℃、压力为32~36MPa、CO₂流量为15~20kg/h以及提取时间为6h,超临界CO₂萃取法能够获得比传统浸出法更高产量和更优品质的小麦胚芽油^[7]。

3 小麦胚芽的加工工艺

3.1 清理与分级

在小麦加工过程中,清理与分级环节是至关重要的,是保证小麦胚芽质量和纯度的前提,更是对整个加工流程效率和最终产品品质产生直接影响的环节。清理环节的主要目的是去除小麦中的杂质和不完善粒,其中杂质包括土壤、石头、秸秆等非小麦物质,这些物质如果不及时清理,会影响小麦胚芽的提取率和纯度,还对加工设备造成损坏。不完善粒则是指由于生长不良、病虫害等原因导致的小麦籽粒,这些籽粒的营养价值和食用安全性相对较低,因此需要予以剔除。

清理工作通常通过筛选、风选、磁选等物理方法进行,去除大部分的大型杂质和不完善粒,风选则利用空气动力学原理将轻质杂质和不完善粒吹走,而磁选则是针对铁质等金属杂质的去除方法。通过这些清理步骤,显著提高小麦原料的纯度和质量。分级环节将清理后的小麦按照大小、密度等指标进行分类,将不同品质的小麦分开处理,以便后续加工过程中能够根据不同品质的小麦调整加工参数,得到更高品质的小麦胚芽产品。

3.2 破碎与分离

在小麦胚芽的加工过程中,破碎与分离环节是不可或缺的一部分,旨在将小麦有效地分解成更小的颗粒,并从中准确地分离出小麦胚芽,以便进行后续的加工或提取工作。使用专业的破碎设备,如破碎机或研磨机,小麦被破碎成较小的颗粒,增加小麦的表面积,使其更易于与后续的处理物质接触,而且还能在一定程度上破坏小麦的组织结构,从而有利于胚芽的释放。

在分离环节中,破碎后的小麦混合物被送入分离设备,如风力分离器或筛网分离器。设备利用密度、形状或大小等物理特性,如密度、形状或大小,将小麦胚芽与其他部分(如麸皮、胚乳等)进行准确分离。风力分离器通过控制气流速度和方向,使不同密度的物质分别被吹走或落下,从而实现分离。而筛网分离器则利用不同大小的筛孔,让不同大小的颗粒通过或截留。

3.3 干燥与贮藏

在小麦胚芽的加工流程中,干燥与贮藏直接关系到产品的品质和安全,目的是去除多余的水分,提高小麦

胚芽在贮藏和加工过程中的稳定性和安全性。新鲜提取出的小麦胚芽含有较高的水分,如果不及时干燥,很容易滋生霉菌和细菌,导致产品变质。因此,通过干燥处理,将小麦胚芽的水分含量降低到安全范围内,是确保其长期保存的重要措施。干燥后的小麦胚芽水分含量显著降低,从而抑制微生物的生长和繁殖,延长了产品的保质期。此时,小麦胚芽可以进行贮藏或进一步加工。在贮藏过程中,为了保持小麦胚芽的品质和安全,必须注意以下几点:

第一,保持干燥。贮藏环境必须保持干燥,避免潮湿导致霉菌滋生。

第二,通风良好。良好的通风可以防止小麦胚芽因长期密闭而变质。

第三,避免阳光直射。长时间的阳光照射会加速小麦胚芽的老化。

4 结束语

经过对小麦胚芽营养价值和加工工艺的深入分析,可以看到小麦胚芽作为一种营养丰富、功能多样的食品原料,具有极高的开发利用价值。其丰富的蛋白质、脂肪、矿物质和维生素等营养成分,使其成为了健康食品领域的一颗璀璨明珠。通过清理与分级、破碎与分离以及干燥与贮藏等步骤,能够保证小麦胚芽的质量和纯度,还能提高其提取率和附加值,为食品工业带来可观的经济效益。

参考文献:

- [1] 郝倩琳,杨廷志,吕新茹,等.小麦胚芽鞘长度QTL定位和GWAS分析[J].作物学报,2023(12):1-13.
- [2] 王文洁,孙宇欣,童志芳,等.小麦胚芽的灭酶稳定化及其在烘焙制品中的应用[J].食品与发酵工业,2023(12):1-11.
- [3] 牛培荣,李炜,夏美茹,等.河套小麦胚芽源多肽的抗氧化活性研究[J].粮油食品科技,2023,31(04):87-94.
- [4] 魏婉琪,石怀琪,高超凡,等.酶法制备小麦胚芽鲜味肽工艺研究[J].粮食与油脂,2023,36(07):21-24+34.
- [5] 李亚宁,陈敏,刘洋,等.饲料中小麦胚芽对黄颡鱼雌性亲鱼繁殖性能的影响[J].水生生物学报,2022,48(02):264-274.
- [6] 徐亦驰,方梦雪,汪雪芳,等.小麦胚芽油化学组成与功能特性研究进展[J].食品安全质量检测学报,2023,14(8):268-274.
- [7] 包萨其如拉,斯琴图雅,阿丽娅,那仁格日乐.蒙药蒙本水蒸气蒸馏法和超临界CO₂萃取法提取部位化学成分比较研究[J].亚太传统医药,2023,19(6):62-65.