

# 鹰嘴豆和鹰嘴豆蛋白的特性及应用研究进展

郑雁, 林江涛, 岳清华

(河南工业大学粮油食品学院, 郑州 450001)

**摘要:** 鹰嘴豆是一种营养价值丰富且分布广泛的豆科植物, 为推进鹰嘴豆及其蛋白的高值化利用和深加工产业发展, 综述了鹰嘴豆的营养特性、生物活性, 鹰嘴豆蛋白的组成和结构、功能特性, 以及鹰嘴豆和鹰嘴豆蛋白在食品中的应用, 并对今后的研究方向进行了展望。鹰嘴豆是优质蛋白质、脂肪以及微量元素的良好来源, 含有多种生物活性物质, 具有抗氧化、降血糖、抗疲劳、抗癌、预防心血管疾病等生物活性; 鹰嘴豆蛋白具有溶解性、吸水/吸油性、乳化性、凝胶性和起泡性等功能特性。鹰嘴豆及鹰嘴豆蛋白广泛应用于面制品、肉制品、饮料及乳制品等食品领域。未来, 应加大鹰嘴豆蛋白的开发力度, 深入研究鹰嘴豆蛋白与小麦粉之间的相互作用机制, 同时加强对鹰嘴豆加工副产品的开发利用。

**关键词:** 鹰嘴豆; 鹰嘴豆蛋白; 营养特性; 生物活性; 功能特性

**中图分类号:** TS214.9; TS201.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-7969(2024)04-0020-08

## Research progress on characteristics and application of chickpea and chickpea protein

ZHENG Yan, LIN Jiangtao, YUE Qinghua

(College of Food Science and Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** Chickpea is a nutritious and widely distributed legume. In order to promote the high-value utilization and the development of further processing industry of chickpea and chickpea protein, the nutritional characteristics and biological activity of chickpea, and the composition and structure, functional properties of chickpea protein, and their application in food were reviewed, as well as the future research directions were expected. Chickpea is a good source of high-quality proteins, fats and trace elements. Chickpea contains a variety of bioactive substances with biological activity such as antioxidant, hypoglycemic, anti-fatigue, anti-cancer, and preventing cardiovascular diseases. Chickpea protein has functional properties such as solubility, water absorption, oil absorption, emulsification, gelability and foamability. Chickpea and chickpea protein are widely used in the food industry, including flour products, meat products, beverages and dairy products. In the future, efforts should be made to increase the development of chickpea protein, conduct in-depth research on the interaction mechanism between chickpea protein and wheat flour, and strengthen the development and utilization of by-products from chickpea processing.

**Key words:** chickpea; chickpea protein; nutrition characteristics; biological activity; function property

收稿日期: 2022-11-21; 修回日期: 2023-12-18

基金项目: 河南省重大科技专项项目“小麦全产业链融合发展关键技术研发与示范应用”(221100110700); 青年科学基金项目(32101985)

作者简介: 郑雁(1999), 女, 在读硕士, 研究方向为谷物加工技术与品质(E-mail)1732618454@qq.com。

通信作者: 林江涛, 教授(E-mail)hautlin@126.com; 岳清华, 博士(E-mail)yqhlst1208@126.com。

鹰嘴豆(*Cicer arietinum* L.)是豆科鹰嘴豆属植物, 是世界第三大食用豆类作物, 在多个国家均有种植, 在我国新疆地区广泛种植。鹰嘴豆含有丰富的生物活性成分, 集食用和药用于一体, 保健价值较高, 具有良好的开发潜力<sup>[1-2]</sup>。目前, 国内外对鹰嘴豆的研究主要集中在生物活性成分上, 对其在食品中的应用则主要体现在鹰嘴豆全粉的添加以及初级

农产品加工中。

鹰嘴豆蛋白作为一种新型的植物蛋白资源<sup>[3]</sup>,其氨基酸组成均衡,且富含谷类蛋白缺乏的赖氨酸,具有较高的生物利用率,将鹰嘴豆蛋白与小麦粉按比例搭配食用,可以起到蛋白质互补的作用,还易被人体消化吸收<sup>[4]</sup>。现阶段对鹰嘴豆蛋白在食品中应用的研究相对较少,因此其在该领域有较大的研究空间。

本文综述了近年来国内外关于鹰嘴豆的营养特性、生物活性成分和生物活性,鹰嘴豆蛋白的组成、结构和功能特性,以及鹰嘴豆和鹰嘴豆蛋白在食品中的应用情况,以期对鹰嘴豆和鹰嘴豆蛋白食品的配方研发和生产提供依据。

## 1 鹰嘴豆的营养特性及生物活性

### 1.1 营养特性

鹰嘴豆味甘、无毒,含有蛋白质、脂肪、淀粉、维生素和矿物质等丰富的营养物质<sup>[5]</sup>。鹰嘴豆蛋白质含量为15%~30%,蛋白体外模拟消化率为97.9%<sup>[6]</sup>。与小麦粉相比,鹰嘴豆的淀粉含量较低,但直链淀粉含量较高,结合水的能力较强,因此其糊化性能较好,能提供较好的黏性<sup>[7]</sup>。鹰嘴豆中富含不饱和脂肪酸,如亚油酸、油酸和亚麻酸<sup>[8]</sup>等,其中亚油酸和亚麻酸为人体必需脂肪酸<sup>[9]</sup>;此外,鹰嘴豆中维生素种类丰富,有硫胺素、维生素A、维生素C和维生素E等,还含有铁、锌、镁、钙和硒等微量元素,这对于维持人体正常生理活动发挥着重要作用<sup>[10]</sup>。鹰嘴豆中含有抗营养因子,分为蛋白质类和非蛋白质类,蛋白质类包括胰蛋白酶抑制剂和凝集素等,非蛋白质类主要包括单宁、植酸以及皂苷等<sup>[11]</sup>。

### 1.2 生物活性成分

鹰嘴豆中含有丰富的异黄酮类物质、酚类物质、凝集素、多糖、皂苷类物质、植物甾醇<sup>[12]</sup>和类胡萝卜素等生物活性成分,这些生物活性成分使鹰嘴豆具有多种生理功能,对人体有潜在的益处<sup>[13]</sup>。异黄酮类物质包含大豆苷、芒柄花素和鹰嘴豆芽素A等,其中芒柄花素和鹰嘴豆芽素A是主要的两种成分<sup>[14]</sup>,异黄酮类物质对人体健康非常重要,具有抗氧化、抗肿瘤、降血糖和改善记忆力等作用<sup>[15]</sup>;鹰嘴豆中的酚类物质主要集中在种皮中;鹰嘴豆还是类胡萝卜素的丰富来源,主要包括叶黄素、 $\beta$ -胡萝卜素、 $\beta$ -隐黄质以及玉米黄质等<sup>[16]</sup>,类胡萝卜素对人体非常重要,可以促进铁的吸收,增加对铁的生物利用度<sup>[17]</sup>;皂苷类物质是广泛存在于植物界的糖苷类化合物,在鹰嘴豆中种类非常丰富,具有抗氧化、降

血糖和抗癌等生物活性<sup>[18]</sup>。

### 1.3 生物活性

#### 1.3.1 抗氧化

鹰嘴豆的抗氧化活性与其含有的异黄酮类、酚类物质高度相关<sup>[19]</sup>,异黄酮、单宁以及花色苷等活性成分对清除自由基的效果明显。鹰嘴豆被认为是一种天然的抗氧化剂和抗菌剂,有研究指出鹰嘴豆的抗氧化和抗菌能力可能与异黄酮类物质发挥作用有关。鹰嘴豆蛋白水解后可释放出具有免疫调节作用的活性肽,鹰嘴豆多肽具有较强的抗氧化能力<sup>[20]</sup>;植物蛋白活性肽比植物蛋白更容易被人体吸收,不仅给机体提供能量,还可以清除机体内的代谢产物和自由基<sup>[21]</sup>。

#### 1.3.2 降血糖

鹰嘴豆中抗性淀粉较多,人体胃肠道对抗性淀粉的消化吸收能力较弱,故其能降低血糖<sup>[22]</sup>,从而达到抗糖尿病的作用。此外,食用鹰嘴豆还会增加饱腹感,受到了减肥人士的青睐。薛峰<sup>[23]</sup>研究表明,鹰嘴豆异黄酮具有降血糖的作用,其机制主要是通过增强机体抗氧化酶活性,清除自由基及过氧化物产物,从而减轻细胞氧化损伤,并增强机体对葡萄糖摄取利用,最终发挥降血糖效应。但也有报道称鹰嘴豆中的皂苷是降低血糖的有效成分,其能够促进肝糖原和肌糖原的形成,从而调节糖代谢<sup>[24]</sup>。

#### 1.3.3 抗疲劳

运动过程中最重要的能量来源为糖原,当糖原被大量消耗后会引发机体工作能力下降、能量供应不足、代谢产物积累等情况,而鹰嘴豆中富含活性多糖,能够很好地抵抗疲劳<sup>[25]</sup>。研究指出,鹰嘴豆低聚肽可以提高肌糖原和肝糖原含量,为机体提供能量,使血糖稳定在正常水平,还能通过抑制体内脂质过氧化来发挥抗疲劳的作用<sup>[26]</sup>。

#### 1.3.4 抗癌

鹰嘴豆中异黄酮类物质具有较高的还原能力,具有抗癌的作用,对乳腺癌、直肠癌、前列腺癌和胃癌等多种癌症预防效果明显,常用作功能性食品成分和膳食补充剂<sup>[27]</sup>。据报道,豆类消耗越高的国家,结肠癌的发病率越低<sup>[28]</sup>;Chino等<sup>[29]</sup>研究了食用2%或10%熟鹰嘴豆对小鼠结肠癌的影响,结果表明,每天食用鹰嘴豆可以降低脂质、蛋白质和DNA氧化,能够预防结肠癌的发生。Gupta等<sup>[30]</sup>从鹰嘴豆中提取凝集素并作用于乳腺癌细胞,结果发现,鹰嘴豆凝集素对乳腺癌细胞有明显的抑制作用,并呈剂量依赖性,因此鹰嘴豆凝集素具有一定的抗癌活性,可作为治疗乳腺癌的重要药物来源。

### 1.3.5 预防心血管疾病

鹰嘴豆对心脑血管疾病的预防和治疗具有明显的作用<sup>[31]</sup>。鹰嘴豆中含有丰富的膳食纤维、植物甾醇和皂苷等生物活性物质,可降低血脂和血糖,抑制体内胆固醇的吸收或胆汁酸的再吸收<sup>[18]</sup>,能够减少血浆中总胆固醇含量,达到降低血压的作用<sup>[32]</sup>。血管中的胆固醇增多时会在血管壁上聚集,使血管变狭窄,诱发动脉粥样硬化,鹰嘴豆中的异黄酮和烟酸具有降血压和软化血管的作用,多食用鹰嘴豆还可以促进三磷酸腺苷(ATP)的合成,从而抑制胆固醇的升高<sup>[33]</sup>。

## 2 鹰嘴豆蛋白的组成、结构和功能特性

### 2.1 组成与结构

鹰嘴豆蛋白中氨基酸含量丰富,其中谷氨酸含量最高,蛋氨酸含量最低,必需氨基酸占总氨基酸含量的36.17%,鹰嘴豆蛋白分子质量主要在17~95 kDa之间,有较多的亚基条带<sup>[34]</sup>,由球蛋白、清蛋白、谷蛋白和醇溶蛋白组成。球蛋白主要包含豆球蛋白(11S)和豌豆球蛋白(7S)<sup>[35]</sup>,11S是主要的蛋白质,其亚基由二硫键连接,疏水基部分位于分子的内部,限制了与水的接触,而7S不含半胱氨酸残基,因此其不含二硫键<sup>[36]</sup>;清蛋白由许多酶和代谢蛋白组成<sup>[37]</sup>,还含有许多抗营养成分,如淀粉酶和胰蛋白酶抑制剂<sup>[38]</sup>;鹰嘴豆中谷蛋白含量(15%~25%)较高<sup>[39]</sup>;醇溶蛋白是典型的谷类蛋白质,在鹰嘴豆中只占3%~7%。现阶段关于鹰嘴豆谷蛋白和醇溶蛋白的研究还不够深入<sup>[40-41]</sup>。

### 2.2 功能特性

#### 2.2.1 溶解性

溶解性是蛋白质在食品中应用的一个重要功能,其受pH、离子强度、溶剂类型和温度的影响,蛋白质在水中的溶解性是蛋白质-蛋白质、水-水和蛋白质-水相互作用的综合作用的结果,前者通过疏水作用促进沉淀,后者促进蛋白质溶解<sup>[42]</sup>。鹰嘴豆蛋白的溶解度在pH为1~3和7~10之间很高,在pH为4.0左右的等电点处最低,主要是蛋白质-蛋白质之间相互作用增加,促进了沉淀<sup>[43]</sup>;当pH高于或者低于等电点时,蛋白质-水之间的相互作用增加,促进了溶解<sup>[44]</sup>。

#### 2.2.2 吸水/吸油性

蛋白质的吸水性是通过物理化学相互作用保持水不受重力影响的能力,结合水分子的能力取决于蛋白质的结构和构象。鹰嘴豆蛋白的吸水性会影响食品的结构和感官特性<sup>[38]</sup>。研究表明,工艺选择对

鹰嘴豆蛋白的功能特性有较大的影响<sup>[45]</sup>,不同鹰嘴豆品种之间其蛋白质的构象和组成存在差异,吸水性也有差别<sup>[43]</sup>。

蛋白质的吸油性是指保持油脂的能力,能够影响食品的感官特性和结构,吸油性主要受脂质-蛋白质相互作用的影响,通过疏水、静电、氢键和非共价键作用发生在蛋白质的非极性侧链上<sup>[39]</sup>。鹰嘴豆蛋白与面粉相比具有更好的吸油性,这表明将鹰嘴豆蛋白加入食品中,可以提高脂肪保留率<sup>[46]</sup>。

#### 2.2.3 起泡性

蛋白质泡沫是蛋白质液体薄膜包裹气泡的两相体系。蛋白质的浓度、溶解度、pH、离子强度会影响蛋白质的起泡性。鹰嘴豆蛋白的起泡性受pH和蛋白质组成的影响较大<sup>[47]</sup>。Kaur等<sup>[46]</sup>研究表明,不同品种的鹰嘴豆分离蛋白起泡能力为20%~44%。Chang等<sup>[40]</sup>研究表明,pH为7.0时鹰嘴豆分离蛋白的起泡能力低于pH为3.0或9.0时的,酸性和碱性条件下起泡能力较强主要是因为蛋白质表面净电荷增加,蛋白质分子之间的疏水作用减弱,从而提高了蛋白质分子的柔性。

#### 2.2.4 乳化性

在食品应用中,蛋白质能够降低油水界面的张力,阻止体系中油滴的聚集,提高体系的稳定性。乳化稳定性表示蛋白质在一定时间内形成稳定乳液的能力。在碱性条件下,蛋白质的溶解度和表面净电荷增大,此时有更多的蛋白质-溶剂相互作用和更大的界面扩散速率,使蛋白质乳化活性更高<sup>[42]</sup>。Withana-Gamage等<sup>[43]</sup>将鹰嘴豆、大豆和豌豆分离蛋白的乳化性进行比较,结果表明,鹰嘴豆分离蛋白在水介质中具有更好的乳化油/脂肪液滴的能力。鹰嘴豆分离蛋白更适合作为大豆分离蛋白替代品应用于食品中。

#### 2.2.5 凝胶性

蛋白质的凝胶性是指热或其他试剂使蛋白质从溶液或分散液转变为凝胶网络结构,在凝胶化的过程中蛋白质分子相互作用形成一个三维网络结构<sup>[48]</sup>。蛋白质凝胶网络结构的形成是蛋白质-蛋白质相互作用、蛋白质-水相互作用、相邻多肽链间引力和斥力共同作用的结果,在凝胶化过程中这些力受蛋白质特性、pH、离子强度的影响<sup>[35]</sup>。Papalamprou等<sup>[49]</sup>研究表明,鹰嘴豆蛋白在蛋白质含量为4.5%~11.5%范围内形成凝胶,且鹰嘴豆蛋白提取方法对其凝胶性有显著影响。

## 3 鹰嘴豆在食品中的应用

鹰嘴豆广泛应用于面制品、肉制品、乳制品、饮

料和其他食品中,作为一种外源添加剂它可以改善产品的品质、营养价值和风味。鹰嘴豆在不同食品中的应用见图1。



图1 鹰嘴豆在食品中的应用

### 3.1 在面制品中的应用

面制品为我国消费的主食之一,但是小麦粉在加工过程中会有营养成分的流失。随着现代科技的进步,面制品加工技术也在不断完善,在面制品中添加鹰嘴豆粉能够提高蛋白质含量,丰富食品的营养结构,满足人们对营养、健康和功能性食品的需求<sup>[41]</sup>,通过热处理能够去除其中的抗营养因子。

#### 3.1.1 在面条中的应用

面筋是小麦粉中特有的,面筋含量对面团和面条的加工性能有直接影响,其含量越高,面团的弹性和韧性越好,面条的咀嚼性和口感越好,断条率越低。小麦粉中加入鹰嘴豆粉能在一定程度上改变面团的流变学特性,提高面条中蛋白质和其他营养物质的含量,还赋予面条特殊的鹰嘴豆风味,但会降低面筋含量。张榘等<sup>[50]</sup>研究表明,鹰嘴豆粉的添加使面团的吸水量、稳定时间减少,形成时间、弱化度增加,延伸度明显降低,拉力比明显增大,对面团的韧性有不利影响,使面条的熟断条率增加,最主要的原因是加入鹰嘴豆粉使面筋含量下降。将鹰嘴豆粉用于制备黄色碱性面条时,能够增加面团的黏弹性,降低交联程度,使面筋网络聚集程度不明显,当添加1.5%的碱(碳酸钾与碳酸钠比例为1:9)时可以改善面条的内部结构和整体品质<sup>[51]</sup>。

#### 3.1.2 在面包中的应用

在面包中添加适量鹰嘴豆粉能够提高面包的感官品质、营养价值、风味特性和焙烤品质。鹰嘴豆粉中的碳水化合物含量比小麦粉低,与小麦粉混合制作面包时会抑制美拉德反应,从而阻止丙烯酰胺形成<sup>[41]</sup>。鹰嘴豆中脂肪含量较高,用鹰嘴豆粉代替小麦粉制作面包,脂质含量增加<sup>[52]</sup>。Hassanien<sup>[53]</sup>研究表明,随着鹰嘴豆粉添加量的增加,面团的吸水能

力增加,稳定性和形成时间下降,面筋含量减少,弱化度增加,延展性增加,当添加30%的鹰嘴豆粉时可改善面团的流变学特性。鹰嘴豆粉能提高面包的蛋白质、纤维素和矿物质含量,随着鹰嘴豆粉含量的增加,面包的体积减小,这是由于鹰嘴豆粉的加入减少了面筋含量,破坏了面筋蛋白与纤维之间的相互作用<sup>[54]</sup>。因此,添加适量鹰嘴豆粉能够提高面包的蛋白质和膳食纤维含量,提升营养价值,添加过多则会降低面筋含量,对面团特性和面包品质产生不利的影响。

#### 3.1.3 在其他面制品中的应用

在谷物类食品中加入鹰嘴豆粉有助于营养均衡,因此鹰嘴豆粉在馒头、饼干和蛋糕等产品中的应用很广泛,鹰嘴豆粉还可用于开发无麸质产品,对乳糜泻患者有益。馒头是北方人的主食,在小麦粉中添加适量鹰嘴豆粉制作馒头,能够改善馒头的品质,增加了蛋白质含量和其他营养成分。李佳婷等<sup>[55]</sup>将鹰嘴豆和豌豆复合粉以4%或8%的添加量添加到小麦粉中,能够改善面团的特性及馒头的品质、风味和营养价值。Padalino等<sup>[56]</sup>将鹰嘴豆粉添加到意大利面中,使其烹饪时间缩短,吸水率降低,颜色加深,坚实度、膨松度和黏附性增强,血糖生成指数随着鹰嘴豆粉含量的增加而降低。鹰嘴豆粉的添加会使蛋糕的颜色加深,Gómez等<sup>[57]</sup>用鹰嘴豆粉替代小麦粉制作蛋糕,结果表明,当鹰嘴豆粉添加比例增加时,蛋糕的体积减小,质地变得更黏、更硬,凝胶力更弱。王箬等<sup>[58]</sup>利用低筋粉、全麦粉和鹰嘴豆粉开发一款低脂、低糖、富含蛋白质和膳食纤维的鹰嘴豆全麦粉酥性饼干,当鹰嘴豆粉添加量为20%时感官评分最高,添加过少则面粉不易成型,添加过多则导致蛋白质含量过高,对饼干的延伸性、弹性和韧性产生影响,饼干变硬且出现豆腥味。将鹰嘴豆粉应用于面制品中能在一定程度上改善人们的膳食结构,丰富营养健康主食的选择。

### 3.2 在肉制品中的应用

肉制品营养价值丰富,可为人们提供优质蛋白质、矿物质和维生素。与此同时,肉制品脂肪和胆固醇含量也很高,对人体健康存在潜在的威胁。将鹰嘴豆粉添加在肉制品中,可以提升肉制品的持水能力、乳化稳定性和保健功能,平衡人们的日常饮食结构。鹰嘴豆粉能够与肉制品中的蛋白质相互作用,改变肉制品功能特性,最终影响产品的品质。王禹赫<sup>[59]</sup>将鹰嘴豆粉添加到鱼肉低温香肠中,结果发现,随着鹰嘴豆粉添加量增加,香肠的质构强度和感官评分呈现先上升后下降的趋势,鹰嘴豆粉添加量

为6%时,香肠的硬度、咀嚼性、持水性、凝胶性和感官评分达到最大值,脂肪含量和蒸煮损失降低,因此鹰嘴豆粉的添加不但可改善鱼肉低温香肠的感官品质,还可赋予产品鹰嘴豆香味。在肉制品中添加鹰嘴豆粉,可以充分发挥鹰嘴豆重要的功能特性,提升肉制品的质构特性、凝胶品质、感官评分,并可通过减少肉制品中水分的流动性来降低食盐用量。

### 3.3 在饮料及乳制品中的应用

饮料主要包含茶饮料、乳酸菌饮料、碳酸饮料和保健饮料等,因其种类多且食用方便受到消费者的喜爱。将鹰嘴豆应用于饮料的生产已成为近年来的研究热点之一,研究者们开发出一系列满足不同消费者需求的功能性饮料。吴晓菊<sup>[60]</sup>开发了一款新型保健鹰嘴豆乳酸菌饮料,不仅丰富了产品的营养价值还有利于人体消化吸收,显著提升了产品的附加值。宋昊等<sup>[61]</sup>将燕麦和鹰嘴豆进行复配开发了一款复合型饮料,提升了产品的营养价值。张宇等<sup>[62]</sup>使用5种不同稳定剂制备鹰嘴豆奶,采用响应面分析得到最优的稳定剂配方和均质压力,赋予豆奶独特的鹰嘴豆香味,丰富了豆奶营养价值和感官特性。随着人们对健康重视程度的不断加强,对营养健康的食品越来越关注,从而将进一步促进豆类在饮料中的开发与利用。

鹰嘴豆在发酵乳中的应用也引起相关学者的关注。陈夏菁等<sup>[63]</sup>以嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌为菌种(SL),同时以干酪乳杆菌、嗜热链球菌和乳双歧杆菌(LSB)为复配菌种,对鹰嘴豆乳进行发酵制备发酵乳,结果表明,使用LSB菌株发酵得到的产品营养更加丰富,感官评分更高。傅樱花<sup>[64]</sup>使用鹰嘴豆和复原乳作为主要原料,以保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌为发酵菌种,制备发酵乳,通过工艺优化获得了品质和感官各方面均良好的鹰嘴豆发酵乳。

### 3.4 在其他食品中的应用

随着对鹰嘴豆研究的不断深入,近年来鹰嘴豆在食品中的应用研究也在不断扩展。鹰嘴豆是多种休闲食品的良好原材料,在速溶汤、零食和油炸鸡块等方面应用广泛。鹰嘴豆在挤压膨化食品中应用可提高产品的蛋白质含量<sup>[65]</sup>。Gupta等<sup>[66]</sup>以6种不同品种鹰嘴豆开发一款低脂肪、高蛋白鹰嘴豆零食,结果表明,鹰嘴豆的种类对这款零食的成分和质量属性影响不大,鹰嘴豆的加入赋予零食良好的蛋白质消化率,且没有表现出对蛋白酶的抑制活性,不含有抗营养因子,这主要是因为烘焙后,胰蛋白酶和糜蛋白酶抑制剂被消除,从而得到既营养又安全的

鹰嘴豆零食。Noordraven等<sup>[67]</sup>将鹰嘴豆粉添加到速溶汤中,结果表明,鹰嘴豆粉在速溶汤中表现出较好的增稠潜力,可增加蛋白质、矿物质和维生素含量,对速溶汤的流动性和营养价值有一定的改善作用。鹰嘴豆因其不含有特定的抗营养或毒性成分,并且易分散,可作为性能良好的涂层原料,将鹰嘴豆粉添加到涂层材料中应用于鸡块加工能够显著降低油炸损失和脂肪吸收,提高了食品的感官特性<sup>[68]</sup>。

### 4 鹰嘴豆蛋白在食品中的应用

鹰嘴豆蛋白作为添加剂在食品中的应用刚刚起步。在小麦粉中加入鹰嘴豆蛋白制作面条,能改善面团的流变学特性,且产品的蛋白质含量增加,色泽和蒸煮品质均有明显改善,赋予面条鹰嘴豆香味。有研究指出,对鹰嘴豆进行发芽处理其营养价值会得到进一步的提升。Ahmad Sofi等<sup>[69]</sup>在米粉中分别加入发芽和不发芽两种鹰嘴豆分离蛋白粉,米粉的整体蛋白质含量均增加,色泽和蒸煮品质均有明显改善,相比于不发芽鹰嘴豆分离蛋白,发芽鹰嘴豆分离蛋白的蛋白质含量较高且具有更好的功能特性,添加5%发芽鹰嘴豆分离蛋白的米粉感官接受度较好。

鹰嘴豆蛋白具有优良的功能特性,因此被广泛应用于肉制品中。Mokni Ghribi等<sup>[70]</sup>指出,添加鹰嘴豆浓缩蛋白能改善香肠的感官特性,降低脂质氧化水平,提高肉制品的色泽。栗俊广等<sup>[71]</sup>指出,猪肉肌原纤维蛋白乳液的乳化活性、乳化稳定性和流变储能模量随着鹰嘴豆分离蛋白添加量的增加而逐渐升高,鹰嘴豆分离蛋白添加量为1.2%时,均达到最大值,因此鹰嘴豆蛋白粉的添加能够有效改善猪肉肌原纤维蛋白的乳化特性,提升其乳液的稳定性。鹰嘴豆分离蛋白的添加能够促进凝胶形成更强的网络结构,抑制水分的流动,提升肉制品的保水能力,从而达到降低肉制品中食盐用量的目的,同时还能提升猪肉糜的凝胶品质<sup>[72]</sup>。

### 5 结论与展望

鹰嘴豆及鹰嘴豆蛋白在面制品方面的应用可提高产品的感官品质、营养价值以及加工性能,在肉制品、饮料、乳制品以及其他食品中的应用提高了产品的营养价值和感官特性,表现出较好的应用前景。近年来随着对鹰嘴豆及其蛋白研究的不断深入,其营养价值和功能特性逐渐被人们所了解,在注重健康饮食的今天,鹰嘴豆及其蛋白产品受到越来越多人的青睐,在食品应用方面还具有很大的开发潜力,未来将会有更多的鹰嘴豆及其蛋白产品走进我们的生活。如何充分有效地利用鹰嘴豆及其蛋白来改善

食物的功能、质构和风味,开发出更多、更好、更有利于人体健康的功能性食物,是今后的研究重点。鹰嘴豆蛋白的应用已经受到关注,但目前开发程度还不够深入,可能的原因是开发技术还不够成熟。未来需要对鹰嘴豆蛋白进行更多深层次的研究,特别是鹰嘴豆蛋白与小麦粉之间的相互作用和内在机制。制备鹰嘴豆分离蛋白或者浓缩蛋白需要去除外壳、脂质、淀粉和纤维,这些都可以提供经济、环境和营养效益,对鹰嘴豆在加工过程中产生的副产品加以利用也将可能成为研究热点。相信随着科研工作者的深入研究,鹰嘴豆及其蛋白在食品加工中的应用前景会更加广阔。

#### 参考文献:

- [1] LI Y, JIANG B, ZHANG T, et al. Antioxidant and free radical-scavenging activities of chickpea protein hydrolysate (CPH)[J]. Food Chem, 2008, 106(2): 444-450.
- [2] 傅樱花, 李正磊, 刘莹洁. 鹰嘴豆资源及其异黄酮类物质研究进展[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(3): 130-135.
- [3] BOUKID F. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein as a prospective plant-based ingredient: A review[J]. Int J Food Sci Technol, 2021, 56(11): 5435-5444.
- [4] MOKNI GHRIBI A, MAKLOUF GAFSI I, SILA A, et al. Effects of enzymatic hydrolysis on conformational and functional properties of chickpea protein isolate[J]. Food Chem, 2015, 187: 322-330.
- [5] 李朋收, 刘洋洋, 范冰冰, 等. 鹰嘴豆化学成分及药理作用研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(11): 235-238.
- [6] 安馨, 鱼晓敏, 李层层, 等. 鹰嘴豆蛋白质的营养学评价[J]. 食品科技, 2018, 43(6): 83-87.
- [7] KARRI J, PARIMALAVALLI R. Comparative study on chemical, functional and pasting properties of chickpea (non cereal) and wheat (cereal) starches[J]. Int Food Res J, 2015, 22(2): 677-683.
- [8] KAYA M, KAN A, YILMAZ A, et al. The fatty acid and mineral compositions of different chickpea cultivars cultivated[J]. Fresen Environ Bull, 2018, 27(2):1240-1247.
- [9] 陈文晋, 孔庆全, 赵存虎, 等. 鹰嘴豆营养功能研究进展[J]. 北方农业学报, 2019, 47(2): 119-123.
- [10] 冯婷. 鹰嘴豆营养保健价值及其应用[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(1): 67-69.
- [11] DURANTI M, GIUS C. Legume seeds: Protein content and nutritional value[J]. Field Crops Res, 1997, 53(1/2/3): 31-45.
- [12] 靳若周, 李非凡, 曾媛媛, 等. 鹰嘴豆中植物甾醇的提取工艺优化及其抑菌活性[J]. 食品工业科技, 2019, 40(24): 172-177, 184.
- [13] KAUR R, PRASAD K. Technological, processing and nutritional aspects of chickpea (*Cicer arietinum*): A review[J]. Trends Food Sci Technol, 2021, 109: 448-463.
- [14] ZHAO S, ZHANG L, GAO P, et al. Isolation and characterisation of the isoflavones from sprouted chickpea seeds[J]. Food Chem, 2009, 114(3): 869-873.
- [15] 韩海红, 马剑茵. 鹰嘴豆异黄酮提取物对阿尔茨海默病模型大鼠学习记忆能力及其海马内 TNF- $\alpha$ 、IL-6 表达的影响[J]. 中国现代应用药学, 2014, 31(6): 689-692.
- [16] ABBO S, MOLINA C, JUNGSMANN R, et al. Quantitative trait loci governing carotenoid concentration and weight in seeds of chickpea (*Cicer arietinum* L.) [J]. Theor Appl Genet, 2005, 111(2): 185-195.
- [17] WELCH R M. Breeding strategies for biofortified staple plant foods to reduce micronutrient malnutrition globally[J]. J Nutr, 2002, 132(3): 495S-499S.
- [18] SINGH B, SINGH J P, SINGH N, et al. Saponins in pulses and their health promoting activities: A review[J]. Food Chem, 2017, 233: 540-549.
- [19] 许风成. 鹰嘴豆黄酮的提取、分离纯化及初步结构表征[D]. 新疆石河子: 石河子大学, 2013.
- [20] 刘宇, 刘春泉, 庄世文, 等. 鹰嘴豆肽清除自由基作用的研究[J]. 食品科技, 2009, 34(3): 173-176.
- [21] NDIAYE F, VUONG T, DUARTE J, et al. Anti-oxidant, anti-inflammatory and immunomodulating properties of an enzymatic protein hydrolysate from yellow field pea seeds[J]. Eur J Nutr, 2012, 51(1): 29-37.
- [22] 王德萍, 安馨, 鱼晓敏, 等. 鹰嘴豆醇提物降血糖作用研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(13): 21-25.
- [23] 薛峰. 维药鹰嘴豆化学成分及降糖活性研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2015.
- [24] 凯赛尔·阿不都克热木, 魏媛媛, 李潇, 等. 鹰嘴豆总皂苷对2型糖尿病大鼠胰岛素抵抗及糖代谢的影响[J]. 中成药, 2011, 33(8): 1405-1407.
- [25] 汪建红, 张婷, 张蔚佼. 鹰嘴豆多糖抗疲劳生物功效及其机制研究[J]. 食品工业, 2009, 30(5): 1-3.
- [26] 贾前生, 刘远洋, 李丹. 鹰嘴豆低聚肽抗疲劳活性研究[J]. 食品与机械, 2022, 38(6): 151-155.
- [27] 曹娅, 于佳佳, 冯云龙. 鹰嘴豆的营养、活性成分与功效研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(1): 204-209.
- [28] SÁNCHEZ-CHINO X, JIMÉNEZ - MARTÍNEZ C, DÁVILA - ORTIZ G, et al. Nutrient and nonnutrient components of legumes, and its chemopreventive activity: A review[J]. Nutr Cancer, 2015, 67(3): 401-410.
- [29] CHINO X M S, MARTÍNEZ C J, GARZÓN V R V, et al. Cooked chickpea consumption inhibits colon carcinogenesis in mice induced with azoxymethane and dextran sulfate sodium[J]. J Am Coll Nutr, 2017, 36

- (5): 391–398.
- [30] GUPTA N, BISEN P S, BHAGYAWANT S S. Chickpea lectin inhibits human breast cancer cell proliferation and induces apoptosis through cell cycle arrest [J]. *Protein Pept Lett*, 2018, 25(5): 492–499.
- [31] 毛雪琴, 张玲, 王梦欣, 等. 富钒鹰嘴豆芽对糖尿病大鼠血糖和血脂的影响[J]. *中华中医药杂志*, 2008, 23(6): 498–501.
- [32] DEMAISON L, MOREAU D. Dietary  $n-3$  polyunsaturated fatty acids and coronary heart disease – related mortality: A possible mechanism of action[J]. *Cell Mol Life Sci*, 2002, 59(3): 463–477.
- [33] 郭靖, 于新, 陈于陇, 等. 鹰嘴豆生物活性成分及其功能研究进展[J]. *农产品加工*, 2021(3): 76–79, 83.
- [34] 惠君玉, 熊江红, 杨安树, 等. 不同豆类蛋白组成、结构和功能特性[J]. *南昌大学学报(理科版)*, 2020, 44(6): 562–569.
- [35] DAY L. Proteins from land plants: Potential resources for human nutrition and food security[J]. *Trends Food Sci Technol*, 2013, 32(1): 25–42.
- [36] SHEVKANI K, SINGH N, CHEN Y, et al. Pulse proteins: Secondary structure, functionality and applications[J]. *J Food Sci Technol*, 2019, 56(6): 2787–2798.
- [37] BESSADA S M F, BARREIRA J C M, OLIVEIRA M B P. Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties [J]. *Trends Food Sci Technol*, 2019, 93: 53–68.
- [38] BOYE J, ZARE F, PLETCH A. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed[J]. *Food Res Int*, 2010, 43(2): 414–431.
- [39] GRASSO N, LYNCH N L, ARENDT E K, et al. Chickpea protein ingredients: A review of composition, functionality, and applications[J]. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 2022, 21(1): 435–452.
- [40] CHANG Y W, ALLI I, MOLINA A T, et al. Isolation and characterization of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed protein fractions [J]. *Food Bioprocess Technol*, 2012, 5(2): 618–625.
- [41] RACHWA – ROSIAK D, NEBESNY E, BUDRYN G. Chickpeas: Composition, nutritional value, health benefits, application to bread and snacks: A review[J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2015, 55(8): 1137–1145.
- [42] KARACA A C, LOW N, NICKERSON M. Emulsifying properties of chickpea, faba bean, lentil and pea proteins produced by isoelectric precipitation and salt extraction [J]. *Food Res Int*, 2011, 44(9): 2742–2750.
- [43] WITHANA – GAMAGE T S, WANASUNDARA J P D, PIETRASIK Z, et al. Physicochemical, thermal and functional characterisation of protein isolates from Kabuli and Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.): A comparative study with soy (*Glycine max*) and pea (*Pisum sativum* L.) [J]. *J Sci Food Agric*, 2011, 91(6): 1022–1031.
- [44] CHANG L, LAN Y, BANDILLO N, et al. Plant proteins from green pea and chickpea: Extraction, fractionation, structural characterization and functional properties[J/OL]. *Food Hydrocolloid*, 2022, 123: 107165 [2022–11–21]. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107165>.
- [45] TOEWS R, WANG N. Physicochemical and functional properties of protein concentrates from pulses[J]. *Food Res Int*, 2013, 52(2): 445–451.
- [46] KAUR M, SINGH N. Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars[J]. *Food Chem*, 2007, 102(1): 366–374.
- [47] STANTIAL S E, DALE K J, CALIZO F S, et al. Application of pulses cooking water as functional ingredients: The foaming and gelling abilities [J]. *Eur Food Res Technol*, 2018, 244(1): 97–104.
- [48] RAMANI A, KUSHWAHA R, MALAVIYA R, et al. Molecular, functional and nutritional properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein isolates prepared by modified solubilization methods [J]. *J Food Meas Charact*, 2021, 15(3): 2352–2368.
- [49] PAPALAMPROU E M, DOXASTAKIS G I, BILIADERIS C G, et al. Influence of preparation methods on physicochemical and gelation properties of chickpea protein isolates[J]. *Food Hydrocolloid*, 2009, 23(2): 337–343.
- [50] 张桦, 钟金锋, 雷凡, 等. 鹰嘴豆粉对面团流变学特性及面条品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(1): 171–176.
- [51] JIA F, MA Z, WANG X, et al. Effect of kansui addition on dough rheology and quality characteristics of chickpea – wheat composite flour – based noodles and the underlying mechanism [J/OL]. *Food Chem*, 2019, 298: 125081 [2022–11–21]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125081>.
- [52] NIKOLIC N, TODOROVIC Z B, STOJANOVIC J, et al. The fatty acids and acylglycerols in chickpea and lentil flour [J]. *Agro Food Ind Hi Technol*, 2013, 24(1): 66–68.
- [53] HASSANIEN M. Impact of adding chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour to wheat flour on the rheological properties of toast bread[J]. *Int Food Res J*, 2012, 19: 521–525.
- [54] MAN S, PĂUCEAN A, MUSTE S, et al. Effect of the chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour addition on physicochemical properties of wheat bread[J]. *Bull Univ Agric Sci Vet Med Cluj Napoca Food Sci Technol*, 2015, 72(1): 41–49.

- [55] 李佳婷, 王敏. 鹰嘴豆与豌豆复合粉对面团特性及馒头品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(5): 68-72.
- [56] PADALINO L, MASTROMATTEO M, LECCE L, et al. Optimization and characterization of gluten-free spaghetti enriched with chickpea flour[J]. Int J Food Sci Nutr, 2015, 66(2): 148-158.
- [57] GÓMEZ M, OLIVETE B, ROSELL C M, et al. Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends[J]. LWT-Food Sci Technol, 2008, 41(9): 1701-1709.
- [58] 王箬, 李梦琴, 林顺顺, 等. 鹰嘴豆全麦粉酥性饼干研制及品质分析表征[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(10): 3352-3358.
- [59] 王禹赫. 鹰嘴豆复合鱼肉香肠工艺优化及贮藏期品质特性分析[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2021.
- [60] 吴晓菊. 鹰嘴豆乳酸菌饮料的研制[J]. 新疆畜牧业, 2018, 33(12): 29-31.
- [61] 宋昊, 阙斐. 燕麦鹰嘴豆复合饮料配方优化及工艺研究[J]. 保鲜与加工, 2022, 22(5): 78-85.
- [62] 张宇, 汪立平, 李宇涛, 等. 鹰嘴豆豆奶稳定性研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2018, 49(4): 572-577.
- [63] 陈夏菁, 刘红玉, 黎雁泽, 等. 鹰嘴豆营养发酵乳生产工艺及产品特性研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(10): 184-188.
- [64] 傅樱花. 鹰嘴豆酸奶的发酵工艺优化[J]. 食品工业, 2012, 33(2): 58-60.
- [65] 范广琦, 曹家宝, 王俊彤, 等. 挤压膨化对鹰嘴豆-玉米黄粉混合物理化性质的影响[J]. 农产品加工, 2022(13): 34-37.
- [66] GUPTA S, LIU C, SATHE S K. Quality of a chickpea-based high protein snack[J]. J Food Sci, 2019, 84(6): 1621-1630.
- [67] NOORDRAVEN L E C, KIM H J, HOOGLAND H, et al. Potential of chickpea flours with different microstructures as multifunctional ingredient in an instant soup application[J/OL]. Foods, 2021, 10(11): 2622 [2022-11-21]. <https://doi.org/10.3390/foods10112622>.
- [68] KILINCCEKER O, KURT Ş. Effects of chickpea (*Cicer arietinum*) flour on quality of deep-fat fried chicken nuggets[J]. J Food Agric Environ, 2010, 8(2): 47-50.
- [69] AHMAD SOFI S, SINGH J, CHHIKARA N, et al. Quality characterization of gluten free noodles enriched with chickpea protein isolate[J/OL]. Food Biosci, 2020, 36: 100626 [2022-11-21]. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100626>.
- [70] MOKNI GHRIBI A, BEN AMIRA A, MAKLOUF GAFSI I, et al. Toward the enhancement of sensory profile of sausage "Merguez" with chickpea protein concentrate[J]. Meat Sci, 2018, 143: 74-80.
- [71] 栗俊广, 张旭玥, 陈宇豪, 等. 鹰嘴豆分离蛋白对猪肉肌原纤维蛋白乳化特性的影响[J]. 轻工学报, 2021, 36(6): 30-37.
- [72] 栗俊广, 陈宇豪, 王登顺, 等. 鹰嘴豆分离蛋白对减盐猪肉糜凝胶品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(1): 143-148.
- (上接第12页)
- [18] 陈丹. 米曲霉羧肽酶O在毕赤酵母中的表达鉴定及其脱苦效应的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2014.
- [19] 周其洋, 何文静, 童星, 等. 一种米曲霉ZA109及其应用: CN109706088B [P]. 2020-09-04.
- [20] 李慧娟, 孙云鹏, 丁鹏程, 等. 混合菌固态发酵豆粕制备大豆活性肽[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(11): 121-126.
- [21] 王君. 猴头菌发酵大豆多肽及其生理功能的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [22] 石慧, 梁运祥. 差量法测定发酵豆粕类饲料中肽氮含量的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2015(2): 58-60.
- [23] REDDY L V A, WEE Y J, YUN J S, et al. Optimization of alkaline protease production by batch culture of *Bacillus* sp. RKY3 through Plackett-Burman and response surface methodological approaches[J]. Bioresour Technol, 2008, 99(7): 2242-2249.