

杂豆在可持续膳食发展中的机遇与挑战

Opportunities and challenges of pulses in the sustainable development of diets

谭 斌 乔聪聪

TAN Bin QIAO Cong-cong

(国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037)

(Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China)

摘要: 杂豆作为一类可持续膳食, 存在自身的优势和发展机遇, 但也存在一些问题。文章探讨了可持续膳食发展的必要性及发展方向, 分析了杂豆作为可持续膳食存在的优势及问题, 展望了杂豆食品的开发方向。

关键词: 杂豆; 可持续膳食; 机遇; 挑战

Abstract: As one kind of sustainable diets, pulses have their own advantages and developmental opportunities, combined with some problems. In this review, the necessity and development direction of sustainable dietary development were discussed, and the advantages and problems of pulses as one kind of sustainable diets, and the development direction of pulses foods were summarized.

Keywords: pulses; sustainable diets; opportunity; challenge

随着中国经济水平和生活水平的提高, 传统的膳食结构逐渐被高糖、高脂肪、高肉类的膳食结构替代。而这类膳食加剧了农业温室气体的排放及自然资源的消耗, 是不可持续的^[1]。此外, 这类膳食也是不健康的, 高糖、高脂肪、高肉类的饮食增加了 2 型糖尿病、高血压、心脏病等慢性疾病的发病率。发展可持续膳食是必然趋势, 也是全球性的挑战和机遇。

杂豆是除大豆、青豆之外的小宗豆类的俗称, 主要包括绿豆、红小豆、蚕豆、豌豆、芸豆、扁豆、豇豆、鹰嘴豆等^[2]。联合国已将 2016 年命名为“国际杂豆年”, 提出了“提供丰富营养, 促进可持续发展”的口号。作为可持续膳食重要的组成部分, 杂豆越来越受到重视, 在可持续膳食发展中既存在机遇又存在挑战。文章拟对可持续膳食的发展、杂豆在可持续膳食发展中的优势及存在的问题

进行分析和探讨, 以期促进中国杂豆产业的可持续发展。

1 可持续膳食

1.1 含义

随着全球人口的不断增长, 总体粮食需求量也不断增加, 从而极大地影响了空气、水、土地以及多样化生态系统的健康。此外, 城市化及工业化水平的不断提高, 破坏了自然生态系统, 人类活动与环境之间的动态平衡受到了严峻的挑战。近年来, 随着国际社会对可持续发展的关注, 食物与可持续发展的联系更加密切。可持续膳食是可持续发展理念在饮食领域的具体表现和应用, 其中, 可持续发展被世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》中定义为“能满足当代人的需要, 又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”。将膳食与可持续发展理念相结合, 可将可持续膳食描述为: 以素食为主的、多样化的饮食结构, 既满足当代人的营养与健康需求, 又不损害后代人的饮食需求, 同时可减少温室气体的排放, 保护生态环境和自然资源的膳食模式。

1.2 发展可持续膳食的必要性

目前, 中国居民的膳食结构具有高糖、高脂肪、高肉类的特点, 这类膳食是不可持续的, 会造成环境的破坏和资源的枯竭, 且易导致高血压、糖尿病、冠心病等慢性疾病的高发。

食物的生产(包括农作物生产和畜牧业养殖)对环境产生严重的影响, 在其生长、加工、运输、储藏等生产链中会排放大量的温室气体, 约占全球温室气体排放量的 25%^[3]。研究^[4]表明, 反刍动物肉类的温室气体排放量最高, 其次是其他动物产品, 而动物性食物的温室气体排放量远高于植物性食物的; 反刍动物肉类(如牛肉、羊肉)每产 1 g 蛋白质的温室气体排放量是豆类的 250 倍, 是因为反刍类动物对饲料的转化率低, 而且反刍类动物在生长过程中释放强效的温室气体一甲烷。农业生产中, 化

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(编号: 2017YFD0401204)

作者简介: 谭斌(1972—), 男, 国家粮食和物资储备局科学研究院研究员, 博士。E-mail: tb@chinagrains.org

收稿日期: 2019-05-08

肥的大量使用加剧了 N_2O 的排放,此外,食物从田间生产到餐桌消费过程中的损失和浪费也增加了温室气体的排放。

食物的生产伴随着自然资源的消耗,其中土地资源和水资源消耗最大。不同来源的食物,其资源消耗情况有很大的差异。动物性食物消耗的土地和水资源远高于植物性食物,每生产 1 kg 牛肉需要消耗 15 497 L 水,而生产 1 kg 杂豆类仅需要消耗 359 L 水。随着城市化发展和产业结构调整,可耕地面积大幅减少,土地资源被破坏及浪费情况较严重;随着全球一体化的发展,食品的进出口贸易越来越大,而食品在运输过程中势必会造成大量的能源消耗。如何用有限的资源生产足够的食物来维持人类的发展是一个迫切需要解决的问题,因此,发展可持续膳食是极其必要的。

1.3 可持续膳食的发展方向

1.3.1 调整膳食结构,改变不合理消费 近年来,随着经济水平和生活水平的提高,肉类特别是红肉所占膳食比例大幅增加(肉类生产消耗大量资源,是最不经济的食物,且大量食用红肉不利于健康),杂粮杂豆类食品所占膳食比例下降,且过度追求精米、白面,不仅导致食物浪费,还导致人体一些慢性疾病的高发。中国居民食物消费生态环境影响的演化趋势由理性的可承载向非理性的超载方向演变,食物消费对环境的压力越来越大^[5]。为了可持续发展,需调整膳食结构,改变不合理消费。膳食结构应以素食为主,减少肉类(特别是红肉)的食用比例,增加全谷物及杂粮杂豆的消费,使膳食结构更加合理、更加健康。

1.3.2 适度消费,避免浪费 据估计,全球生产的粮食中有 1/3 被损失或被浪费^[6],这对于膳食的可持续发展是极其不利的。食物消费应本着适度 and 节约的原则,避免铺张浪费,食物消费量应以满足基本生理需要为参照,避免盲目消费和攀比消费等过度消费行为。此外,在食物的生产、加工、储藏、消费等环节,应综合考虑供给量、需求量、食物储藏特性等各方面因素,最大限度地减少食物的损失和浪费。减少食物损失和浪费可使土地资源和水资源得到有效利用,也能对气候变化及环境保护产生积极影响。

1.3.3 开发新的、可持续的食物资源 传统动植物性食物的生产需要消耗大量的资源(如土地和水),其中传统的动物性食物特别是反刍类(如牛、羊)消耗的资源量很大,且在养殖过程中产生大量的温室气体,不利于膳食可持续发展。让人类完全放弃肉食显然是不可能的,但可以发展传统肉食的替代品。近几年,“人造肉”逐渐进入公众视野,人造肉是一种肉食替代品,包括植物蛋白素肉和细胞培植肉^[7]。植物蛋白素肉由植物蛋白、大豆血红素等多种植物营养素组成,口感和气味接近于传统肉食,

但仍有差距;细胞培植肉是从动物体内提取干细胞,扩增培养成肌肉细胞,并且分化成肌肉纤维,其成本较高。相比传统畜牧业,“人造肉”可节约资源且利于环保,若生产技术更加完善、成熟,则可成为可持续膳食的来源。

在全世界范围内,昆虫作为食物已逐渐走上餐桌,常见的食用昆虫有蟋蟀、蝗虫、蜜蜂、甲虫等。资料^[7]显示,每生产 1 kg 牛肉需要消耗 10 kg 植物蛋白,而 1 kg 蟋蟀仅需 1.7 kg 饲料,资源消耗量及温室气体排放量远低于牛肉;此外,昆虫繁殖迅速,含有丰富的营养物质(如蛋白质)。在人口持续增长和资源紧张的形势下,可大力发展昆虫食品作为可持续膳食资源,但考虑到大多数人的可接受度,可将昆虫进行制粉、进一步深加工制备成各种特色食品。

2 杂豆在可持续膳食中的机遇和挑战

2.1 国内外杂豆的发展现状

豆类(大豆和杂豆)是继谷物之后的第二大食品来源,其中杂豆制品多样,资源丰富,种植区域广泛,是全球性的作物,在亚洲、欧洲、非洲、美洲等地区均有广泛种植。近些年,随着人们对豆类资源的重视,杂豆产量趋于上升,根据 FAO 数据^[8]显示,2010 年干豆产量为 2 320 万 t,而 1980 年全世界干豆产量为 1 390 万 t,增长了近 70%,其中加拿大、美国、中国、巴西、缅甸、印度等国家是杂豆主要生产国。

中国杂豆资源丰富,种植区域广泛,全国各地均有种植,但大多集中在中西部地区,常见的杂豆有绿豆、蚕豆、红小豆、豌豆、鹰嘴豆、芸豆、扁豆等。根据国家统计局数据^[9]显示,2018 年中国杂豆产量为 315 万 t。综合近 20 年杂豆产量数据,中国杂豆产量呈缓慢下降的趋势^[2]。

加拿大是世界第一大杂豆出口国,杂豆品种丰富,主要有豌豆、鹰嘴豆、小扁豆、芸豆等。综合近 20 年来杂豆产量数据,加拿大杂豆产量呈持续增长的趋势^[10]。作为第一大杂豆出口国,加拿大杂豆进出口贸易量占全球杂豆贸易总量的 1/3,出口全球 100 多个国家。中国杂豆的进出口贸易量占全球杂豆贸易总量的 1/10,主要出口的杂豆有绿豆、芸豆和红小豆等。

2.2 杂豆的发展优势

2.2.1 丰富的营养价值 杂豆类食品是膳食结构的重要组成部分,是很好的营养物质来源,特别是对发展中国家和低收入群体而言。杂豆具有高蛋白、中等淀粉、低脂肪、低致敏性,含有丰富的膳食纤维、维生素、矿物质和生物活性成分。

杂豆是很好的蛋白质来源,蛋白含量可达 16%~33%,远高于谷物中的蛋白质含量^[11],白蛋白、球蛋白和谷蛋白是杂豆中的主要蛋白质,杂豆蛋白中的必需氨基酸种类齐全,含有谷物蛋白的第一限制性氨基酸—赖氨

酸,但甲硫氨酸、蛋氨酸含量较低,可将杂豆和谷物以一定比例复配,补充两者的限制性氨基酸,提高蛋白质的生理功效^[12-13]。杂豆中碳水化合物含量约为 55%~65%,其中淀粉占 75%~80%,杂豆淀粉中抗性淀粉和缓慢消化淀粉含量高,消化性远低于谷物淀粉^[14],这对控制餐后血糖、改善人体健康具有积极的作用。杂豆富含膳食纤维,有助于控制人体血液中的血糖和胆固醇水平,促进胃肠道蠕动,改善肠道健康;脂肪含量低,仅为 1%~3%;富含硫胺素、核黄素、烟酸和叶酸等水溶性维生素,以及钙、铁、锌、镁、钾等矿物质;此外,杂豆含有多种生物活性物质。日常膳食中多食用杂豆,有益于人体健康。

2.2.2 促进人体健康 长期摄入过量高糖、高脂肪、高动物蛋白的食物以及不健康的生活方式会加剧人体血糖、血脂、胆固醇水平的升高,进而导致人体肥胖及 2 型糖尿病、心血管疾病、某些癌症等慢性疾病的高发。

杂豆中抗消化淀粉及慢性消化淀粉含量高,可以延缓餐后血糖水平的急速升高,与传统谷物食品相比,杂豆的血糖生成指数(GI) 较低,大多在 55 以下,属于低 GI 食物。研究^[15]表明,人体摄入低 GI 食物后,饱腹感增强。此外,杂豆中膳食纤维含量丰富,可控制血糖水平,降低血液中胆固醇和体脂含量。Abete 等^[16]研究发现,与摄入对照饮食的个体相比,连续 8 周、每周食用 4 份豆类食物的人体重明显减轻,可见豆类作为长期膳食具有减肥的效果。大量临床研究^[17-19]表明,长期食用富含膳食纤维的低 GI 食品(如杂豆),可降低患 2 型糖尿病的风险,亦可控制糖尿病患者的血糖水平。

流行病学和临床研究^[20]表明,心血管疾病与血清总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)存在很大的关联性。大量研究^[21-22]表明,长期食用豆类食物可降低 TC 和 LDL-C 水平。Kabagambe 等^[23]研究发现,与很少食用豆类的人相比,每天食用一份豆类食物的人患心肌梗死的风险降低 38%。其他研究^[24]也表明,长期食用豆类可降低人体患心血管疾病的风险。此外,长期摄入杂豆类食物可能会降低患结肠癌、直肠癌、胃癌等某些癌症的风险,但目前尚未得到明确的验证。总的来说,长期食用杂豆类食物,可降低糖尿病、心血管疾病等慢性疾病的发病风险,促进人体健康。

2.2.3 有利于资源和环境的可持续发展 传统农业生产和畜牧养殖过程中,伴随着自然资源的消耗及生态环境的破坏,如土地资源和水资源的消耗,农药、化肥的使用对环境的影响,这种生产模式不利于可持续膳食的发展。研究^[7]表明,相比于动物性食物及谷物类食物,每生产单位杂豆类食物所消耗的水资源和不可再生能源更低。杂豆类作物抗寒耐干旱,具有天然固氮能力,其根瘤吸收土壤中的 N₂O 等氮源合成含氮有机物,有效减少化肥的使用,减少温室气体的排放,是环境友好型作物;同时,杂豆

类有利于作物轮作,可改良土壤。杂豆的推广种植和综合利用有利于可持续膳食的发展,对农业可持续发展和环境保护有重要意义。

2.3 杂豆发展存在的问题

2.3.1 含有抗营养因子,适口性和消化性较差 杂豆类含有多种不利于营养素利用的化合物,传统上称之为“抗营养因子”,这些抗营养因子包括胰蛋白酶抑制剂、胰凝乳蛋白酶抑制剂、α-淀粉酶抑制剂、单宁、皂苷、植物血凝素(凝集素)、植酸及植酸盐、类黄酮、甲状腺素和草酸等物质^[8],表 1 为杂豆中主要抗营养因子及其生物学效应。适量的抗营养因子具有抗氧化、控制血糖及抗炎症等功效;但过量食用易引起胀气等身体不适症状,影响机体对营养物质的消化吸收,降低杂豆的营养价值。

表 1 杂豆中主要抗营养因子及其生物学效应

Table 1 Main anti-nutritional factors and their biological effects in pulses

抗营养因子	生物/生理效应
胰蛋白酶/胰凝乳蛋白酶抑制剂	降低蛋白酶的活性,降低蛋白质的消化率
植酸(植酸盐)	降低矿物质的生物利用率
酚醛树脂/单宁	通过与蛋白质结合,降低其消化率
凝集素(植物血凝素)	通过与肠黏膜内的细胞结合,减少营养吸收
皂苷	刺激胃肠道并干扰营养吸收

2.3.2 初级加工多,深加工少 目前中国杂豆的深加工利用主要是糕点、粉丝、油炸豆、豆瓣酱等传统产品。总体上看,中国杂豆深加工产品严重缺乏,绝大部分杂豆是以原料与初级加工产品的形式出口与消费。杂豆深加工的数量所占比重小,多层次开发的产品更少。

2.3.3 产品质量不稳定,部分杂豆品种退化严重 目前,中国杂豆产业的发展仍处于种植零散、品种繁杂、加工企业规模有限且管理粗放、质量参差不齐的初级阶段,整体产业化程度低,区域优势发挥不充分,品种退化较为严重,缺乏优良品种的选择和培育。单位面积产量和产品质量控制水平虽较以往快速增长,但与国际水平相比仍存在较大差距。当前中国部分杂豆品种(如芸豆)的生产面临着品种退化、产品质量下降等瓶颈问题,杂豆产品产生褪色、水锈、变形、百粒重下降等问题,严重影响农民收入和出口竞争力^[2]。以上问题,在一定程度上制约了中国杂豆的数量安全和质量安全。

2.3.4 监管环节薄弱,农药残留问题趋向严重 一直以来,中国杂豆生产大多在中西部地区,这些地区环境污染较少,杂豆一度被视为无污染的绿色食品。但随着市场需求量的增大,加之杂豆种植多采用开放式栽培,虫害、

病害较易滋生,为提高杂豆产量和质量、提升净利润,使用化学药剂进行防治成为最常见的办法^[2]。栽培过程中,农户自行购买药品,大多数农户对农药的正确使用方式不甚了解,为实现防控效果,往往盲目重复使用并增大使用剂量。中国家庭购买新鲜豆类食材的方式多为消费者对接农户的直接购买,虽存在中间商,但中间商的运作多仅限于对产品的转运和贩卖,缺乏规模化、组织化经营,难以形成对种植的统一规划和指导、对市场收购和销售的管理。以上都不可避免地成为了产生农药残留的原因。2010 年的“海南毒豇豆”事件就曾引起大面积的市场波动,原因是豇豆中查出带有中国禁用剧毒农药水胺硫磷和甲胺磷等。中国豆类原料出口时因农药残留超标而多次被挡在国际市场之外的案例也时有发生。

2.3.5 相关标准滞后、不健全 中国已发布一些杂豆制品评价标准,但统一性不强,无法完善地管控整个产业链条中的各个环节^[2]。现行标准缺少禁、限用农药的限量指标,仅在针对于绿色食品的农业标准(如 NY/T 285—2012《绿色食品 豆类》中对磷化物、氰化物、马拉硫磷、杀螟硫磷 4 项加以限定,落后于生产需求。另外,现行杂豆标准中无食品添加剂限制使用的安全指标,应提高杂豆及其制品的标准化意识,制定出适合中国国情的杂豆标准化体系。

3 杂豆食品的开发应用

杂豆营养价值高,含有丰富的蛋白质、膳食纤维、维生素、矿物质等,并且杂豆的食用方法多样,可用来焖饭、煮粥、炖菜以及加工成各种特色食品,已越来越受人们重视。自古以来人类就食用杂豆,随着食品工业的发展,杂豆食品的开发越来越多样化,如杂豆面包、杂豆面条、杂豆饼干、杂豆膨化食品等。总的来说,杂豆食品的开发主要包括以下几个方面。

3.1 杂豆类传统特色食品

中国杂豆资源丰富,利用杂豆制作的传统特色食品品种多样、营养美味。如绿豆糕、红豆糕等传统糕点;武汉豆丝、北京豆面糕、河南豌豆馅等地方风味小吃。

3.2 杂豆类主食、方便食品

杂豆类主食、方便食品可分为全豆类食品和杂豆配料类食品。全豆类食品的主料是杂豆,如各种豆类罐头;杂豆配料类食品的配料是杂豆,现如今杂豆作为配料应用于食品已越来越广泛。常见的杂豆类主食有杂豆饭、杂豆粥以及各种杂豆菜肴等。利用杂豆的加工特性,可将杂豆与传统谷物以一定比例混合制作杂豆类方便食品,如含 25% 豌豆粉的挂面、含 15% 扁豆粉的面包等。杂豆淀粉中直链淀粉含量高,淀粉糊化后形成的凝胶强度高、透明度好,利用其优良的性能可制作杂豆粉丝,如以绿豆为原料制作的龙口粉丝。

3.3 杂豆类休闲膨化食品

杂豆淀粉及蛋白质含量较高,可加工性强,适合制作休闲膨化食品。杂豆经挤压膨化加工后,抗营养因子(如凝集素、水苏糖、棉子糖等)被钝化^[25-26],口感风味和营养价值提高。Meng 等^[27]采用低物料水分、高螺杆转速、中高机筒温度挤压膨化得到了高膨胀率、低硬度的鹰嘴豆小吃。孙清瑞等^[28]采用正交试验得到了鹰嘴豆最佳挤压膨化工艺,制作了酥脆、口感好的风味即食鹰嘴豆食品。

3.4 杂豆类饮料、乳品

饮料和乳品作为日常快消品,消费量越来越大,其中植物蛋白饮料及乳品已成为行业发展的一大趋势。杂豆营养价值高,是植物蛋白饮料、乳品的重要原辅料。目前市场上已陆续涌现一些知名的杂豆类饮料、乳品,如伊利谷粒多、中绿粗粮王等。

3.5 杂豆功能性食品

杂豆含有丰富的蛋白质、抗性淀粉、膳食纤维及活性物质,将杂豆蛋白、抗性淀粉、膳食纤维等成分添加到食品中可制作杂豆功能性食品。如杂豆蛋白含有多种必需氨基酸,可作为营养强化剂添加到食品中。此外,豆类蛋白具有良好的溶解性、乳化性、发泡性、持油吸水性、凝胶成型性等加工功能特性^[29],王雪娇等^[30]将 2%~3% 的芸豆蛋白添加到香肠中,利用芸豆蛋白的持油吸水性和凝胶成型性极大改善了香肠的品质。杂豆抗性淀粉和膳食纤维添加到食品中,可降低食品的 GI 值,利于人体健康。

4 结论及展望

发展可持续膳食对人类发展具有重大意义。杂豆营养物质丰富(可与主粮食品营养互补)且对环境友好,对膳食可持续发展具有重要意义,杂豆产业发展既面临机遇,也面临挑战。目前杂豆品种多、产地广,资源还未被充分开发和利用,杂豆的相关研究还不够深入。今后应加强以下几个方面的发展:① 加强产学研多机构合作,推动杂豆产业化发展;② 研究杂豆的理化特性和加工特性,掌握不同杂豆的基本营养组成与功能性成分,明确理化特性和加工特性之间的关系;③ 研究杂豆食品豆腥味去除技术;④ 健全杂豆标准体系,引领杂豆产业发展;⑤ 加强科普宣传,强化杂豆科学健康消费。

参考文献

- [1] HOLDEN N M, WHITE E P, LANGE M C, et al. Review of the sustainability of food systems and transition using the internet of food[J]. NPJ Science of Food, 2018, 18: 1-7.
- [2] 谭斌,翟小童. 杂豆质量安全问题及对策[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(6): 7-11.
- [3] STEHFEST E. Food choices for health and planet[J]. Na-

- ture, 2014, 515(7 528): 501-502.
- [4] TILMAN D, CLARK M. Global diets link environmental sustainability and human health [J]. *Nature*, 2014, 515 (7 528): 518-522.
 - [5] 林永钦, 齐维孩, 祝琴. 基于生态足迹的中国可持续食物消费模式[J]. *自然资源学报*, 2019, 34(2): 338-347.
 - [6] 食物损失和食物浪费[EB/OL]. [2019-06-28]. <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/zh/>.
 - [7] VAN HUIS A, VAN ITTERBEECK J, KLUNDER H, et al. Edible insects: Future prospects for food and feed security[M]. [S.l.]: FAO, 2013: 59-66.
 - [8] SIDDIQ M, UEBERSAX M A. Dry beans and pulses production, processing and nutrition [M]. New Jersey: Wiley-Blackwell, 2013: 1-22.
 - [9] 黄秉信. 农业生产结构优化粮食获得较好收成[EB/OL]. (2019-01-22) [2019-07-05]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/sjjd/201901/t20190122_1646237.html.
 - [10] 李芳, 谭云. 中加杂豆开发利用对我国杂豆产业发展的启示[J]. *粮油食品科技*, 2018, 26(2): 17-20.
 - [11] LEE Y P, PUDDEY I B, HODGSON J M. Protein, fiber and blood pressure: Potential benefit of legumes [J]. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 2008, 35(4): 473-476.
 - [12] 刘明, 谭斌, 田晓红, 等. 七种食用豆化学组成及挤压加工特性研究[J]. *食品科技*, 2010, 35(8): 189-197.
 - [13] 王凤成, 王梦杰, 沈玉现. 杂豆磨粉方式与应用价值概述[J]. *河南工业大学学报: 自然科学版*, 2019, 40(1): 120-125.
 - [14] LIU Q, DONNER E, YIN Y, et al. The physicochemical properties and in vitro digestibility of selected cereals, tubers and legumes grown in China[J]. *Food Chemistry*, 2006, 99(3): 470-477.
 - [15] BORNET F R, JARDY-GENNETIER A E, JACQUET N, et al. Glycaemic response to foods: Impact on satiety and long-term weight regulation[J]. *Appetite*, 2007, 49(3): 535-553.
 - [16] ABETEA I, KONIECZNA J, ZULET M, et al. Association of lifestyle factors and inflammation with sarcopenic obesity: Data from the PREDIMED-Plus trial[J]. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 2019, DOI: 10.1002/jscm.12442.
 - [17] KRISHNAN S, ROSENBERG L, SINGER M, et al. Glycemic index, glycemic load, and cereal fiber intake and risk of type 2 diabetes in US black women[J]. *Archives of Internal Medicine*, 2007, 167(21): 2 304-2 309.
 - [18] VILLEGAS R, LIU S, GAO Y T, et al. Prospective study of dietary carbohydrates, glycemic index, glycemic load, and incidence of type 2 diabetes mellitus in middle-aged Chinese women[J]. *Archives of Internal Medicine*, 2007, 167 (21): 2 310-2 316.
 - [19] LIVESEY G, TAYLOR R, HULSHOF T, et al. Glycemic response and health-A systematic review and meta-analysis: Relations between dietary glycemic properties and health outcomes[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2008, 87(1): 258-268.
 - [20] O'DONNELL C J, ELOSUA R. Cardiovascular risk factors: Insights from Framingham heart study[J]. *Revista Espanola de Cardiologia*, 2008, 61(3): 299-310.
 - [21] ZHANG Zhi-ying, LANZA E, KRIS-ETHERTON P M, et al. A high legume low glycemic index diet improves serum lipid profiles in men[J]. *Lipids*, 2010, 45(9): 765-775.
 - [22] TRINIDAD T P, MALLILLIN A C, LOYOLA A S, et al. The potential health benefits of legumes as a good source of dietary fiber[J]. *British Journal of Nutrition*, 2010, 103 (4): 569-574.
 - [23] KABAGAMBE E K, BAYLIN A, RUIZ-NARVAREZ E, et al. Decreased consumption of dried mature beans is positively associated with urbanization and nonfatal acute myocardial infarction[J]. *The Journal of Nutrition*, 2005, 135 (7): 1 770-1 775.
 - [24] BAZZANO L A, HE J, OGDEN L G, et al. Legume consumption and risk of coronary heart disease in US men and women: NHANES I epidemiologic follow-up study[J]. *Archives of Internal Medicine*, 2001, 161(21): 2 573-2 578.
 - [25] NYOMBARE G, SIDDIQ M, DOLAN K D. Physicochemical and sensory quality of extruded light red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) porridge[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2011, 44(7): 1 597-1 602.
 - [26] BERRIOS J D J, MORALES P, CAMARA M, et al. Carbohydrate composition of raw and extruded pulse flours[J]. *Food Research International*, 2010, 43(2): 531-536.
 - [27] MENG X, THREINEN D, HANSEN M, et al. Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour-based snack [J]. *Food Research International*, 2010, 43(2): 650-658.
 - [28] 孙清瑞, 张华伟, 张连富. 风味即食鹰嘴豆加工工艺的研究[J]. *食品与机械*, 2013, 29(2): 199-201.
 - [29] 刘红, 康玉凡. 食用豆类球蛋白研究进展[J]. *粮食与油脂*, 2013, 26(5): 5-8.
 - [30] 王雪娇, 王长远, 鹿保鑫. 芸豆蛋白添加量对香肠品质的影响[J]. *农产品加工*, 2016(8): 29-32.