

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.06.011

刘佳杰, 邓淑君, 万楚筠, 等. 油莎豆非油制品加工研究进展[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(6): 88-95.

LIU J J, DENG S J, WAN C Y, et al. Research progress of non-oil products processing of tiger nut (*Cyperus esculentus* L.)[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(6): 88-95.

油莎豆非油制品加工研究进展

刘佳杰^{1,2,3}, 邓淑君^{1,2,3}, 万楚筠^{1,3}✉, 沈汪洋², 郝琴^{1,2,3}

(1. 中国农业科学院 油料作物研究所, 湖北 武汉 430062;

2. 武汉轻工大学 食品科学与工程学院, 湖北 武汉 430023;

3. 油料油脂加工技术国家地方联合工程实验室, 湖北 武汉 430062)

摘要: 油莎豆又称虎坚果, 莎草科莎草属植物, 原产于非洲, 作为一种集粮、油、牧、饲于一体的新兴农作物已被我国引进种植。油莎豆具有较高的经济价值和开发潜力, 其块茎不仅营养丰富, 还具有降血压、降血脂、降低胆固醇等医学保健功能。从油莎豆主粮制品、饮品、发酵制品和其他制品几个领域, 阐述了油莎豆非油制品加工的最新研究进展, 并对其未来发展前景进行展望, 以期为油莎豆块茎及其提油后副产物的开发利用提供参考。

关键词: 油莎豆; 面粉; 饮料; 发酵; 评价

中图分类号: TS201.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2022)06-0088-08

Research Progress of Non-Oil Products Processing of Tiger Nut (*Cyperus esculentus* L.)

LIU Jia-jie^{1,2,3}, DENG Shu-jun^{1,2,3}, WAN Chun-yun^{1,3}✉, SHEN Wang-yang², HAO Qin^{1,2,3}

(1. Oil Crops Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Wuhan, Hubei 430062, China;

2. Wuhan College of Food Science and Engineering, Polytechnic University, Wuhan, Hubei 430062, China;

3. Oil Crops and Lipids Process Technology National & Local Joint Engineering Laboratory, Key Laboratory of Oilseeds Processing, Wuhan, Hubei 430062, China)

Abstract: Tiger nut (*Cyperus esculentus* L., TN), is a perennial sedge plant of the family Salicaceae, native to Africa, and has been introduced to China as an emerging crop that integrates food, oil, pasture and forage. The tubers are not only nutritious, but also have medical health functions such as lowering blood pressure, blood lipids and cholesterol. In this paper, the latest research progress of processing non-oil products of *Olea europaea* was described from several fields, such as *Olea europaea* staple food products, *Olea europaea* beverage products, *Olea europaea* fermented products, and other products. The future of processing development was also outlined to provide reference for the exploitation and utilization of *Olea europaea* tubers and its oil extraction by-products.

Key words: tiger nut products; flour; beverage; fermentation; evaluation

收稿日期: 2022-05-12

基金项目: 中国农业科学院科技创新工程 (CAAS-ASTIP-2021-OCRI); 支持企业技术创新发展项目 (2021BLB151)

Supported by: The Technology Innovation Program of the Chinese Academy of Agricultural (No. CAAS-ASTIP-2021-OCRI); Support Enterprise Technology Innovation on and Development Project (No. 2021BLB151)

作者简介: 刘佳杰, 女, 1998 年出生, 在读硕士生, 研究方向为粮油加工与利用研究。E-mail: liujiajie1221@163.com.

通讯作者: 万楚筠, 男, 1980 年出生, 博士, 副研究员, 研究方向为农产品加工利用研究。E-mail: wanchuyun@caas.cn.

油莎豆 (*Cyperus esculentus* L.) 为莎草科莎草属, 又称虎坚果、油莎草、铁荸荠等, 原产于非洲及地中海沿岸国家, 自 20 世纪 60 年代初引入我国部分省区, 在黑龙江、北京、河北、湖南、山东、四川等地都有种植^[1,2]。油莎豆是一种优质、高产的油、粮、饲、药多用途经济作物, 亩产高达 1 000 kg (鲜重), 其茎叶可用作肥料和绿色饲料, 也是造纸、包装填充以及编织的好材料^[3]; 其根系具有清香气味, 可用于萃取精油^[4]。

对于油莎豆, 特别是其块茎进行全方位的食用产品开发已成为各国油莎豆利用研究的热点。印度、阿尔及利亚、法国、西班牙等国对油莎豆食用价值的开发研究工作起步较早, 他们已将油莎豆制成糕点、糖果、饮料等各种制品进行销售。而我国对油莎豆的开发利用工作较为滞后, 研究主要集中在栽培技术、营养分析和油脂提取等方面^[5], 对油莎豆除油用以外的食用产品开发研究还处于起步阶段。本文对油莎豆在主粮制品、饮品、发酵制品以及其他制品等领域的研究进行综述, 以期对油莎豆块茎及其提油后副产物的精深加工利用提供参考。

1 油莎豆主要营养组成

1.1 油莎豆淀粉

淀粉是油莎豆的主要组成部分, 由于油莎豆品种不同, 油莎豆淀粉产量不同, 约 14~37%不等^[6]。陈丽娜等^[7]采用双波长分光光度法测定, 对最佳波长的选择、样品前处理及不同淀粉直、支链含量进行了考察、比较, 选择直链淀粉的测定波长为 620 nm 和 470 nm, 支链淀粉的测定波长为 540 nm 和 735 nm, 得到的油莎豆中支链淀粉含量为 77.43%, 直链淀粉含量为 13.9%。油莎豆淀粉的冻融稳定性和老化性优于玉米淀粉; 蓝值显著高于马铃薯淀粉; 沉降体积小, 形成凝胶能力强; 透明度、溶解度、膨胀度较低^[8], 冻融稳定性和老化性能优良的特性使得油莎豆淀粉可以较好地应用于果冻以及添加在其他面粉中以提高品质。同时, 油莎豆淀粉在人体内消化吸收速度慢, 可维持餐后血糖稳定, 有助于预防糖尿病、肥胖等疾病, 是一种天然慢消化淀粉^[9]。因此, 油莎豆以其丰富的营养价值、独特的口感风味成为食品开发的良好原料。

1.2 油莎豆油脂

油莎豆富含油脂, 一般含量为 20%~30%, 有的

高达 36%^[10], 油莎豆出油率可达到 32.5%~38.7%, 是花生的 2 倍、油菜籽的 4 倍, 其产量是目前油料作物中最高的^[11]。油莎豆油是一种天然高油酸食用油, 油酸的含量高, 占脂肪酸成分的 75%~77%, 亚油酸和亚麻酸的含量低, 约占脂肪酸成分的 9.7%~9.9% 和 0.15%~0.45%^[11]。

1.3 油莎豆蛋白质

油莎豆蛋白质含量约为 5%~10%^[12]。油莎豆蛋白主要是由谷蛋白、白蛋白、球蛋白和醇溶蛋白组成的, 其中谷蛋白含量最高, 其次是白蛋白、球蛋白和醇溶蛋白^[4], 但不含麸质蛋白 (gluten) 或者谷胶蛋白, 导致面筋的网络筋力较弱^[3]。油莎豆蛋白营养价值高, 是一种优良蛋白, 体外模拟消化率为 76%, 低于大豆蛋白的 86%。油莎豆蛋白含有 18 种氨基酸, 总氨基酸含量为 29.882 2 g/100 g, 必需氨基酸含量较高, 占总量的 46.03%; 第一限制氨基酸为蛋氨酸和半胱氨酸, 氨基酸评分 78.9, 必需氨基酸指数 93.8, 生物价 90.54, 营养指数 28.03, 氨基酸比值系数分 82.41^[13]。

1.4 油莎豆膳食纤维

油莎豆中膳食纤维含量约为 8.9 g/100 g, 油莎豆提取后固体废物中含有高比例的总膳食纤维 (59.71 g/100 g), 主要由不溶性膳食纤维 (99.8%) 组成。与其他来源的膳食纤维比较, 油莎豆纤维素具有较高的持水能力 (8.01 g/g)、持油能力 (6.92 g/g)、低吸水性 (1.79 g/g) 和水吸附 (0.23 g/g) 能力, 其乳化能力为 70.33 mL/mL^[14]。

2 油莎豆非油制品研究现状

2.1 主粮制品

2.1.1 油莎豆面条

面条因其具有方便、快捷、种类繁多等特点深受消费者的青睐, 传统面条主要以纯小麦粉为原料, 但由于消费者对食品营养、食品种类多样化有着越来越高的要求, 原料单一的纯小麦粉面条已不能更好的满足消费者的需求^[15]。近年来杂粮混粉类面条逐步引起研究人员、消费者和相关企业的关注。油莎豆粉富含的膳食纤维^[16], 对人类健康有重要作用, 特别可以预防治疗结肠癌、心血管疾病、糖尿病、胃肠道疾病^[17]等一些疾病。颜晨阳^[18]以脱脂油莎豆粉和小麦粉为主要原料制备低 GI (glycemic index, 血糖生成指数) 面条, 探究原辅料配对对比对 GI 指数的

影响,研究表明:配方为小麦粉 70.0 g、脱脂油莎豆粉 30.0 g、谷朮粉 2.0 g、燕麦麸皮 19.0 g、大豆分离蛋白 4.5 g、玉米淀粉 6.0 g、菊粉 4.0 g 时,GI 值最低为 53.11。油莎豆粉的加入提高了面条中膳食纤维的含量,但其蒸煮损失、失水率、溶胀指数更高,导致油莎豆面条的颜色较深、质地粘稠、硬度低^[19]。Martín-Esparza^[20]研究了用 40%油莎豆粉和 1%的黄原胶替代小麦粗面粉以获得具有较好功能、结构和感官特性高纤维干粉的可行性,并对生面和熟面的烹调特性、质构、颜色和感官接受度进行了评价,对原料的化学成分和干面的微观结构进行了评估,从膳食纤维、矿物质含量、油酸和亚油酸等方面论述了其营养价值的改善。Gasparre^[21]用瓜尔胶、黄原胶、菊粉、羧甲基纤维素等胶体制作无麸质油莎豆面条,研究了面团水化对面团流变学、新鲜面条特征、烹饪质量指标和烹饪后的面条质量的影响,结果显示:水合水平显著影响面团在混合、加热和冷却中的流变性,也显著影响 ($P<0.05$) 新鲜面条的硬度和坚固性以及熟面条的粘性和坚固性;在添加 0.5%的黄原胶并调整适量水分的情况下制作的无麸质油莎豆面条性能最佳,此时烹饪损失最小且硬度最高。

2.1.2 烘焙食品

油莎豆烘焙食品主要是模仿小麦烘焙食品的制作工艺和种类,包括油莎豆面包、油莎豆馒头、油莎豆饅、油莎豆饼干和油莎豆蛋糕等。针对油莎豆粉蛋白含量高、面筋蛋白含量低、支链淀粉含量高和物料粘度高等特点,需要在加工工艺和配方上进行合理的设计与搭配,并优化操作条件。研究人员对添加和未添加油莎豆粉的饼干^[22]、面包^[23]等产品进行感官评价,发现油莎豆粉的添加对所试产品的感官品质无不良影响;由于油莎豆粉营养价值高,且含有 10%~20%的糖分,在制作糕点时可以节省 10%~20%的加糖量。这些特性都使油莎豆粉成为降低成本、改善烘焙食品口感、提高烘焙食品营养价值的良好原料。

杨端^[24]以低筋面粉和油莎豆粉为主料,添加玉米油、蜂蜜、泡打粉等辅料,通过单因素和正交实验,研究油莎豆粉用量、玉米油用量、蜂蜜用量、泡打粉用量对油莎豆饼干感官品质的影响,得到油莎豆饼干最佳工艺配方,结果表明以低筋面粉质量为基准,油莎豆粉用量 15%、玉米油用量 30%、蜂蜜用量 25%、泡打粉用量 1.0%,鸡蛋用量 8%、食盐用量 0.2%、水用量 14%时,制作出的饼干味道口

感最佳,外形最美观,感官评分最高。Olugbenga O^[25]等对油莎豆粉和大豆粉制成的饼干进行了配方优化和质量评估,发现在含有 75%的玉米粉、20%的大豆粉和 5%的油莎豆粉的复合粉可以成为全麦面粉的良好替代品,面粉的品质较好且营养价值高,可以生产出营养丰富、抗氧化性强的饼干。Zahra^[26]等比较了添加和未添加油莎豆粉的玉米饼干的品质,与仅含玉米粉的饼干相比,使用油莎豆粉制作的饼干具有更好的形状、断面面积、硬度和表面外观。Chinma^[27]等研究了不同比例的油莎豆粉对小麦蛋糕品质的影响,发现随着油莎豆粉含量的增加,蛋白质从 22.30%增加到 26.93%,脂肪从 4.17%增加到 7.21%,使能量值从 342.09 kcal 增加到 390.93 kcal;同时发现当加入油莎豆粉比例为 30%时,制成的蛋糕体积适中,面团密度、粘度适中,且与添加 100%小麦粉的蛋糕相比感官评价较高。

与麦类面粉不同的是,油莎豆粉不含有麸质蛋白或谷胶蛋白。麸质蛋白是谷物中最常见的蛋白质,然而一部分人在摄入麸质蛋白后会引起自身的免疫性疾病,也就是麸质不耐症^[28]。目前,唯一的治疗方法是通过终身无麸质饮食来解决^[29]。油莎豆粉制成的食品既可以提高纤维含量又无过敏原^[30],完美地解决了这一问题。Ikem Demirkesen^[31]研究了油莎豆粉的不同添加比例对无麸质米面包品质特性的影响,发现含量为 10%的油莎豆粉和米粉结合可以降低面包的硬度。Nicola^[32]在大米中添加 10%的油莎豆粉制得了性能良好的无麸质零食。

近年来,我国的油莎豆烘烤食品受到越来越多人的重视,烘烤食品从单一化走向多元化,并中国化。丁俊豪^[33]将不同比例的油莎豆粉添加到小麦面粉中,研究其对面团及饅品质特性的影响,发现添加油莎豆粉的饅灰分和膳食纤维含量均比空白小麦面粉的饅高,说明油莎豆粉的添加能够提高饅的营养价值。周文博^[34]研究了不同的预处理方式对面团及馒头的影响,发现相同的添加比例,添加挤压全脂油莎豆粉馒头的各项指标优于添加了脱脂油莎豆粉、全脂油莎豆粉、挤压脱脂油莎豆粉的馒头;同时随着油莎豆粉添加量的增加,面团的醒发高度越来越低,但发酵活力先减小后增大。

2.2 油莎豆饮品

2.2.1 液体饮料

油莎豆水提取物呈乳白色,有一种令人愉快的

香草和杏仁混合的特有味道^[35]。在西班牙,特别是在瓦伦西亚地区,油莎豆被广泛用于制作冷饮^[36]。油莎豆还可以用来制备 Kunnu(尼日利亚的一种饮料),Kunnu 是一种非酒精饮料,主要由谷物(如小米或高粱)通过加热并与香料(蒲公英、鳄鱼椒、生姜、甘草)和糖混合制备。这种饮品呈乳白色,类似牛奶,口味清甜,在一些欧洲国家以及拉丁美洲和美国也深受欢迎^[37]。

目前,国内外大多将油莎豆制成有保健功效的功能性乳品饮料,具体加工工艺如表1所示。油莎豆奶乳品饮料是一种由油莎豆制成的植物奶,在西班牙地区很受欢迎。与动物奶相比,植物奶尤其适合对牛奶过敏和乳糖不耐受的人群饮用。油莎豆奶经过研磨、过滤、配料添加、杀菌、均质、无菌包装、冷藏等步骤生产而成^[43]。Kizzie - Hayford^[44]试验了一种制备油莎豆奶的标准方法,该方法使用

了一种气动压榨机,在 $6.55 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ 压力和 $4 \mu\text{m}$ 过滤孔径下进行油莎豆奶的提取,研究发现研磨过程提高了油莎豆奶固形物和营养成分含量,但在豆奶提取过程中大量营养成分还是残留在压榨残渣中造成损失;适当的研磨强度会改善油莎豆奶的亮度和稳定性,降低储存期间的褐变率。但由于油莎豆微生物含量高,鲜制油莎豆奶的货架期较短,限制了其在全球范围内广泛流通。通过传统的热处理方法,如巴氏杀菌和灭菌,可缓解油莎豆乳长时间贮存变质的问题,但会导致油莎豆奶中总蛋白质、酚类和维生素等营养物质的流失^[45]。采用超高压均质^[46]、短波紫外线处理^[47]、脉冲电场处理^[48]等非热处理工艺中,也能有效抑制鲜制油莎豆奶微生物生长,延长货架期。有研究表明,以菊粉和改性油莎豆淀粉为原料,对油莎豆奶进行微胶囊化处理,也可以得到性能优良、保质期长的产品^[49]。

表1 油莎豆液体饮料配方与工艺

Table 1 Formula and technology of Tiger nut liquid beverage

序号	原料配比	添加剂配方及添加量	加工工艺	杀菌方式	参考文献
1	枸杞:油莎豆:水=1:10:70	黄原胶:单甘脂:琼脂=1.5:1:1,总添加量0.35%	去皮,打浆,0.10%抗坏血酸护色,白砂糖调糖,调pH值	105 °C, 20 min	[38]
2	油莎豆:水=1:7	银杏叶提取物、白砂糖、全脂奶粉、三聚磷酸钠、复合乳化剂[DMG:PGFE=3:7]、复合稳定剂[SA:XG=1:3],用量总配料量的10%、6%、3%、0.05%、0.3%和0.2%	清洗去杂,90 °C热烫2~4 min,脱皮,40 °C、pH7.5~8.0弱碱水浸泡4~8 h,胶体磨精磨,滤液 α -淀粉酶50~60 °C、pH=7酶解20 min,灭酶,均质,脱气	85~90 °C,20~25 min	[39]
3	花生:油莎豆=1:2;料液比=1:10	卡拉胶与黄原胶按1:1,加入量为0.05%	清洗晾干,热水漂烫,手工搓皮,温水浸泡24 h,打浆,胶体磨磨浆,过滤, α -淀粉酶酶解,灭酶,过滤调配,超高压纳米均质机均质	145 °C, 3 s	[40]
4	油莎豆:水=1:7	单甘脂、复合稳定剂(黄原胶+CMC-Na)、白砂糖,添加量0.05%、0.40%、8%	浸泡去皮,打浆过筛,磨浆,过筛,100 °C蒸煮10 min,淀粉酶酶解,灭酶,冷却,过滤,调配,加热排气	121 °C, 20 min	[41]
5	油莎豆:水=1:20	65%糖浆(白砂糖3.25%)、柠檬酸0.14、食盐0.06;单甘酯0.2%、海藻酸钠0.12%、黄原胶0.15%	清洗除杂烘干,粉碎过筛,120 °C烘烤40 min,加水打浆,过滤,55 °C糊化5 min,0.05%的 α -淀粉酶60 °C酶解40 min,灭酶,胶体磨,过滤,调配混匀,胶体磨,加热至70~75 °C,20~30 MPa均质,排气	灌装后90 °C,2 min微波杀菌	[42]

2.2.2 固体饮料

油莎豆制成粉作为固体饮料比液体饮料更易储存,运输、货架期更长。刘雷^[50]等以油莎豆、花生为原料制备速溶风味油莎豆粉,选择影响提取率及产品品质的主要因素进行了单因素实验及正交实验,给出了均质及喷雾干燥的最佳工艺条件:均质压力40 MPa,进风温度190 °C,出风温度90 °C,

此条件下制得的速溶花生风味油莎豆粉粉质松散,易分散溶解,冲调性好。田瑜^[51]以去皮油莎豆脱脂饼粕为原料,经酶解、乳化、稳定、调配、均质、冷冻干燥等工艺制备油莎豆饮料,通过单因素及正交实验确定了最佳工艺参数:淀粉酶的添加量0.8%,白砂糖的添加量为4%,单甘脂的添加量为0.07%,黄原胶的添加量为0.3%,在此条件下制成的速溶粉

粗脂肪含量 7.18%、总糖含量 60.12%、粗纤维含量 5.27%、粗蛋白含量 7.12%，最大程度上保持了油莎豆特有的香味及色泽。

2.3 油莎豆发酵制品

酒在日常生活中不可或缺，饮酒被认为可避疫瘴、祛寒湿、活血脉，且形成了悠久的酒文化^[52]。油莎豆酒通常是以油莎豆饼粕为原料，经固态发酵酿制而成的清香型白酒。但油莎豆原酒口味粗糙不够醇厚，味道比较苦涩辛辣。周兴鹏^[53]等以淀粉、还原糖、水分、酸度和酒精度等白酒理化指标和温度参数为实验指标，评价油莎豆和油莎豆渣饼 2 种原料对不同方式发酵酿制油莎豆酒品质的影响，优化得到最佳工艺为：以油莎豆渣饼为原料，固态发酵为发酵方法；以 0.2% 的活性炭处理酒样 3 d，再放置于超声波装置中处理 40 min，对油莎豆酒进行催陈处理；结果表明，油莎豆酒总酯、乙酸乙酯和乳酸乙酯含量分别提升了 0.323 8 g/L、0.296 4 g/L 和 0.021 5 g/L，感官评价也得到了大幅提升。

油莎豆酒的另一个弊端是必须经过很长时间的陈酿才能使其口感柔和，酒体丰满协调。由于自然陈酿存在成本高、周期长、贮存占地面积大等弊端，很难适应现在市场的要求^[54]。周兴鹏^[55]等采用冷冻、加热和超声催陈及活性炭处理对油莎豆原酒进行快速催陈并结合感官品质的评价得到 3 种催陈方法的最佳工艺条件，冷冻催陈在 -20 °C 下催陈 6 d，加热催陈在 40 °C 下催陈 12 d 以及超声催陈在 40 °C 下催陈 40 min。在 3 种最佳催陈条件下进行活性炭处理后结合感官品质的评价，结果显示以 0.2% 活性炭处理油莎豆酒 3 d，并在 -20 °C 下催陈 6 d 的效果最佳。

油莎豆除了酿酒以外，还常被制成发酵乳制品。Kizzie-Hayford^[56]等通过研究油莎豆蛋白与黄原胶的添加对发酵油莎豆乳微生物、理化和感官特性的影响，发现油莎豆蛋白和黄原胶富集乳蛋白可以改善发酵后的乳蛋白性能，特别是在添加乳酸菌乳蛋白后发酵，油莎豆发酵奶的活菌数略有增加，酸化率有所提高。此外，蛋白质的添加均可显著提高发酵体系的乳酸含量。Kizzie-Hayford^[57]等还研究了贮藏温度对油莎豆乳酸发酵乳中酶活性、主要成分以及发酵动力学和感官特性的影响，发现油莎豆储存温度显著影响油莎豆的蛋白质、脂肪、纤维、灰分和碳水化合物含量；冷藏后油莎豆的 α -淀粉酶和

脂肪酶活性更高，而常温或高温贮藏后的油莎豆糖含量更高；由常温保存的油莎豆制备的油莎豆乳发酵时 pH 降低速率增加，因此缩短了发酵时间。

2.4 油莎豆其他制品

2.4.1 休闲食品

油莎豆油脂含量较高，且具有坚果风味，非洲、欧洲和南美洲的一些国家用油莎豆代替扁桃仁和杏仁^[58]。因其具有高纤维，口感与甘蔗相似，因此在非洲、欧洲和南美洲等国家常被制成健康的休闲食品。将油莎豆全果略加处理后，可加工成水煮油莎豆、五香油莎豆、椒盐油莎豆、多味油莎豆、怪味油莎豆，是一种新颖的佐餐、休闲食品^[59]，也可磨碎煮制成豆浆，切片制成糖果、口嚼片等。

2.4.2 食品添加剂

在一些欧美国家，油莎豆常作为添加剂添加到各种糕点和冰激凌中。油莎豆粉作为乳化剂，与鹰嘴豆粉结合可以起到起酥油的作用，烘焙所得的面包在颜色、硬度和体积方面具有良好的烘焙特性^[60]。郑桂富^[61]等发现油莎豆分离蛋白为高起泡力的食品添加剂，用中性蛋白酶适当水解即可大大提高其起泡力，因此可应用于蛋糕和冰激凌的制作中。

3 油莎豆制品开发局限性和应用前景

随着国民经济的发展和人民的生活水平提高，消费者对于食品的选择不再简单停留于食品食用的口感，而是更注重产品的营养是否均衡。油莎豆作为一种新型的草本油料作物，具有营养价值高、保健功能强等优点，符合现代人对食品的要求，具有很好的应用前景。因此利用油莎豆的营养保健功能开发大众化、具有一定营养保健功能的油莎豆产品将是未来的发展趋势^[62]，也是油莎豆由简单加工食品向精深精加工迈进的重要一步。

我国油莎豆产业发展缓慢，受多种因素影响，其中品种单一、收获期短且没有专门的机械收获、产品开发少、知名度低、销售难等是主要制约因素^[63]。同时，在油莎豆相关产品中，除油莎豆油以外，其他油莎豆制品的品质和感官评价大都以其它原料的同类产品指标为标准，自身缺乏特定的评定和评价标准，这也是油莎豆产业发展缓慢、市场定价、销售困难的一大原因。今后在油莎豆制品开发过程中还需要对油莎豆产品建立相应的评判标准，对行业内油莎豆类感官评价进行标准化规范；与此同

时,还要加强对油莎豆的宣传与推广,提高油莎豆及其产品的知名度,提升大众的认可度,以便更好的推动油莎豆产业的健康快速发展。

参考文献:

- [1] 王盈希, 吴苏喜, 周利平, 等. 油莎豆品质分析及加工利用研究进展[J]. 食品工业, 2020, 41(10): 273-276.
WANG Y X, WU X S, ZHOU L P, et al. Research progress on quality analysis, processing and utilization of *Cyperus esculentus*[J]. food industry, 2020, 41(10): 273-276.
- [2] 杨帆, 朱文学. 油莎豆研究现状及展望[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(7): 4-6.
YANG F, ZHU W X. Research status and prospect of *Cyperus esculentus*[J]. Grains and oils, 2020, 33(7): 4-6.
- [3] 阳振乐. 油莎豆的特性及其研究进展[J]. 北方园艺, 2017(17): 192-201.
YANG Z L. Characteristics and research progress of *Cyperus esculentus*[J]. The north garden, 2017(17): 192-201.
- [4] 郭婷婷, 万楚筠, 黄凤洪, 等. 油莎豆主要营养成分及生理功能研究进展[J]. 中国油料作物学报, 2021, 43(6): 1174-1180.
GUO T T, WAN C Y, HUANG F H, et al. Research progress on the main nutritional components and physiological functions of tiger nut (*Cyperus esculentus* L.)[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2021, 43(6): 1174-1180.
- [5] 赵小庆, 刘和, 路战远, 等. 油莎豆产业发展现状、问题与建议[J]. 现代农业, 2019, (6): 11.
ZHAO X Q, LIU H, LU Z Y, et al. Current situation, problems and suggestions for the development of the *Cyperus esculentus* industry[J]. Modern Agriculture, 2019, (6): 11.
- [6] ADAMA K K, AFOLAYAN M O, OBERAFO A A. Isolation and physicochemical characterization of tigernut (*Cyperus esculentus*) starch as a potential industrial biomaterial[J]. International Journal of materials science and applications, 2014, 3(2): 37.
- [7] 陈丽娜, 石矛. 双波长法测定油莎豆直、支链淀粉含量的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(8): 325-327.
CHEN L N, SHI M. Study on the determination of amylase and amylopectin in the *Cyperus esculentus* L. by dual-wavelength spectrophotometry[J]. Food Science and Technology, 2010, 35(8): 325-327.
- [8] 于淑艳, 吴琼, 陈星, 等. 油莎豆淀粉理化性质的研究[J]. 食品科技, 2011, 36(3): 245-248.
YU S Y, WU Q, CHEN X, et al. Physical and chemical properties of *Cyperus esculentus* starch[J]. Food Science and Technology, 2011, 36(3): 245-248.
- [9] LEHMANN U, ROBIN F. Slowly digestible starch-its structure and health implications: a review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2007, 18(7): 346-355.
- [10] 王瑞元, 王晓松, 相海. 一种多用途的新兴油料作物——油莎豆[J]. 中国油脂, 2019, 44(1): 1-4.
WANG R Y, WANG X S, XIANG H. An emerging multi-purpose oilseed crop, *Cyperus esculentus*[J]. China Oils and Fats, 2019, 44(1): 1-4.
- [11] 黄明华. 主要栽培因子对油莎豆生长发育及产量品质的影响[D]. 湖南农业大学, 2013.
HUANG M H. Effect of major cultivation factors on the growth and development of *Cyperus esculentus* and their yield quality[D]. Hunan Agricultural University, 2013.
- [12] 黄思. 油莎豆茎尖培养体系的构建及高效栽培技术研究[D]. 华中农业大学, 2015.
HUANG S. Research on the construction of a stem tip culture system and efficient cultivation technology for *Cyperus esculentus*[D]. Huazhong Agricultural University, 2015.
- [13] 房芳, 敬思群, 马泽鑫, 等. 油莎豆蛋白营养评价[J]. 食品科技, 2013, 38(10): 69-73.
FANG F, JING S Q, MA Z X, et al. Nutritional evaluation of *Cyperus esculentus* protein[J]. Food Science and Technology, 2013, 38(10): 69-73.
- [14] 于红, 敬思群. 油莎豆化学成分及应用研究进展[J]. 食品工业, 2015, 36(6): 242-245.
YU H, JING S Q. Research progress of application and chemical components of *Cyperus esculentus* L.[J]. The Food Industry, 2015, 36(6): 242-245.
- [15] 王喜庆, 郭天时, 郭丽, 等. 杂粮面条的研究进展与展望[J]. 武汉轻工大学学报, 2021, 40(6): 7.
WANG X Q, GUO T S, GUO L, et al. Research progress and prospect on cereals noodles[J]. Journal of Wuhan Polytechnic University, 2021, 40(6): 20-26.
- [16] SÁNCHEZ-ZAPATA E, FERNÁNDEZ-LÓPEZ J, PÉREZ-ALVAREZ J A. Tiger nut (*Cyperus esculentus*) commercialization: health aspects, composition, properties, and food applications[J]. Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety, 2012, 11(4): 366-377.
- [17] KACZMARCZYK M M, MILLER M J, FREUND G G. The health benefits of dietary fiber: Beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer[J]. Metabolism-clinical & Experimental, 2012, 61(8): 1058-1066.
- [18] 颜晨阳, 周文博, 孙洪蕊, 等. 不同油莎豆粉对面条品质的影响[J]. 食品工业, 2021, 42(12): 5.
YAN C Y, ZHOU W B, SUN H R. Effect of different tiger nut flour on noodle quality[J]. The Food Industry, 2021, 42(12): 129-133.
- [19] ALBORS A, RAIGÓN M D, GARCÍA-MARTINEZ M D, et al. Assessment of techno-functional and sensory attributes of tiger nut fresh egg tagliatelle[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 74: 183-190.
- [20] MARTÍN-ESPARZA M E, RAIGÓN M D, RAGA A, et al. High fibre tiger nut pasta and xanthan gum: cooking quality, microstructure, physico-chemical properties and consumer acceptance[J]. Food Science & Biotechnology, 2018, 27(4): 1075-1084.

- [21] GASPARRE N, ROSELL C M. Role of hydrocolloids in gluten free noodles made with tiger nut flour as non-conventional powder[J]. *Food Hydrocolloids*, 2019, 97: 105194.
- [22] BABIKER E E, ZCAN M M, GHAFOR K, et al. Bioactive compounds, nutritional and sensory properties of cookies prepared with wheat and tigernut flour[J]. *Food Chemistry*, 2021: 129155.
- [23] ADE-OMOWAYE B, AKINWANDE B A, BOLARINWA I F, et al. Evaluation of tigernut (*Cyperus esculentus*)–Wheat composite flour and bread[J]. *Academic Journals*, 2008, 2(1): 87-91.
- [24] 杨端. 正交试验优化油莎豆饼干工艺[J]. *粮食与油脂*, 2021, 34(3): 4.
YANG D. Orthogonal test to optimize the process of *Cyperus esculentus* L. biscuits[J]. *Cereals & Oils*, 2021, 34(3): 4.
- [25] AWOLU O O, OMOBA O S, OLAWOYE O, et al. Optimization of production and quality evaluation of maize-based snack supplemented with soybean and tiger-nut (*Cyperus esculentus*) flour[J]. *Food science & nutrition*, 2017, 5(1): 3-13.
- [26] ZAHRA S, AHMED A M S H. Exploring the suitability of incorporating tiger nut flour as novel ingredient in gluten-free biscuit[J]. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2014, 64(1).
- [27] CHIEMELA, ENYINNAYA, CHINMA, et al. Effect of tigernut (*Cyperus esculentus*) flour addition on the quality of wheat-based cake[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2010, 45(8): 1746-1752.
- [28] 何林阳, 杨杨, 陈凤莲, 等. 无麸质面包品质改良研究进展[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(17): 9.
HE L Y, YANG Y, CHEN F L, et al. Research progress in the gluten-free bread quality improvement[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(17): 439-447.
- [29] SOSA M, CALIFANO A, LORENZO G. Influence of quinoa and zein content on the structural, rheological, and textural properties of gluten-free pasta[J]. *European Food Research and Technology*, 2019, 245(2): 343-353.
- [30] AGUILAR N, ALBANELL E, MIÑARRO B, et al. Effect of tiger nut-derived products in gluten-free batter and bread[J]. *Food Science and Technology International*, 2015, 21(5): 323-331.
- [31] DEMIRKESEN I, SUMNU G, SAHIN S, et al. Quality of gluten-free bread formulations baked in different ovens[J]. *Food And Bioprocess Technology*, 2013, 6(3): 746-753.
- [32] GASPARRE N, PAN J, ALVES P, et al. Tiger nut (*Cyperus Esculentus*) as a functional ingredient in gluten free extruded snacks[J]. *Foods*, 2020, 9(12): 1770.
- [33] 丁俊豪. 油莎豆粉对面团及饅品质特性的影响研究[D]. 郑州轻工业大学, 2019.
DING J H. Effect of *Cyperus esculentus* flour on quality characteristics of dough and Nang bread[D]. Zhengzhou University of Light Industry, 2019.
- [34] 周文博. 预处理和加工工艺对油莎豆馒头的影响[D]. 北华大学, 2021.
ZHOU W B. The influence of pretreatment and processing technology on the tiger nut steamed bread[D]. Bei Hua University, 2021.
- [35] PASCUAL ESPAÑA B, MAROTO BORREGO J V, LÓPEZ GALARZA S V, et al. Chufa (*Cyperus esculentus* L. var. sativus boeck.): An unconventional crop. studies related to applications and cultivation[J]. *Economic Botany*, 2000, 54(4): 439-448.
- [36] ROSELLÓ-SOTO E, POOJARY M M, BARBA F J, et al. Tiger nut and its by-products valorization: From extraction of oil and valuable compounds to development of new healthy products[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2017: S531675001.
- [37] BELEWU M A, ABODUNRIN O A. Preparation of kunnu from unexploited rich food source: tiger nut (*Cyperus esculentus*) [J]. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2008, 7(1):109-111.
- [38] 杨鹭生, 项贵香. 一种油莎豆保健饮料的制作工艺[J]. *农产品加工*, 2020(12): 4.
YANG I S, XIANG G X. Processing technology of a kind of health beverage of *Cyperus esculentus* [J]. *Farm Products Processing*, 2020(12): 29-32.
- [39] 曹凯光. 银杏叶油莎豆保健乳的研制[J]. *食品工业*, 2004(4): 39-41.
CAO K G. Preparation of health care milk from *Ginkgo biloba* leaves [J]. *The Food Industry*, 2004(4): 39-41.
- [40] 陈星, 刘雷, 吴琼. 花生-油莎豆蛋白饮料的制作工艺研究[J]. *食品研究与开发*, 2014, 35(1): 3.
CHEN X, LIU L, WU Q. Study on processing technology of peanut-cyperus esculentus protein beverage [J]. *Food Research and Development*, 2014, 35(1): 49-51.
- [41] 李国平, 杨鹭生, 卢月娇. 油莎豆饮料的制作工艺研究[J]. *广东农业科学*, 2011, 38(6): 4.
LI G P, YANG L S, LU Y J. Study on processing technology of Chufa beverage [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2011, 38(6): 103-106.
- [42] 热那汗·买买提, 敬思群. 油莎豆饮料的研制[J]. *食品与发酵工业*, 2011, 37(7): 5.
RANA ·MAMAT, JING S Q. Development of cyperus esculentus beverage [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2011, 37(7): 107-111.
- [43] CODINA-TORRELLA I, GUAMIS B, TRUJILLO A J. Characterization and comparison of tiger nuts (*Cyperus esculentus* L.) from different geographical origin [J]. *Industrial Crops & Products*, 2015, 65: 406-414.
- [44] KIZZIE-HAYFORD N, JAROS D, SCHNEIDER Y, et al. Characteristics of tiger nut milk: effects of milling [J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2015, 50(2): 381-388.
- [45] YU Y, LU X, ZHANG T, et al. Tiger nut (*Cyperus esculentus* L.): nutrition, processing, function and applications [J]. *Foods*, 2022, 11(4): 601.
- [46] CODINA-TORRELLA I, GUAMIS B G, ZAMORA A, et al. Microbiological stabilization of tiger nuts' milk beverage using ultra-high pressure homogenization. A preliminary study on

- microbial shelf-life extension[J]. *Food Microbiology*, 2018, 69: 143-150.
- [47] CORRALES M, SOUZA P, STAHL M R, et al. Effects of the decontamination of a fresh tiger nuts' milk beverage (horchata) with short wave ultraviolet treatments (UV-C) on quality attributes[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2012, 13: 163-168.
- [48] ROSELLO-SOTO E, POOJARY M M, BARBA F J, et al. Thermal and non-thermal preservation techniques of tiger nuts' beverage "horchata de chufa". Implications for food safety, nutritional and quality properties[J]. *Food Research International*, 2018, 105(3): 945-951.
- [49] JONAS J G, DA COSTA NETO T L M G. Microencapsulation of tiger nut milk by lyophilization: Morphological characteristics, shelf life and microbiological stability[J]. *Food chemistry*, 2019, 284: 133-139.
- [50] 刘雷, 邹险峰, 陈星. 速溶风味油莎豆粉的制备工艺研究[J]. *食品科技*, 2014, 39(5): 88-91.
LIU L, ZOU X F, CHEN X. Preparation of instant flavour cyperus flour[J]. *Food Science and Technology*, 2014, 39(5): 88-91.
- [51] 田瑜. 油莎豆油生产工艺及产品质量研究[D]. 河南工业大学, 2016.
TIAN Y. Study on the extraction of cyperus esculentus oil and the quality of cyperus esculentus production[D]. Henan University of Technology, 2016.
- [52] 泽君, 杨柳. 藏族酒文化[J]. *酿酒*, 2007(5): 103-104.
ZE J, YANG L. Tibetan alcoholic beverages culture[J]. *Liquor Making*, 2007(5): 103-104.
- [53] 周兴鹏, 赵华. 油莎豆制备白酒的工艺研究[J]. *食品科技*, 2020, 45(4): 84-89.
ZHOU X P, ZHAO H. Study on the technology of preparing liquor by cyperus esculentus[J]. *Food Science and Technology*, 2020, 45(4): 84-89.
- [54] KANG C, LEE H, EUN S J, et al. Saffron (*Crocus sativus* L.) increases glucose uptake and insulin sensitivity in muscle cells via multipathway mechanisms[J]. *Food Chemistry*, 2012, 135(4): 2350-2358.
- [55] 周兴鹏, 赵华. 油莎豆酒快速催陈的工艺[J]. *食品工业*, 2020, 41(7): 99-103.
ZHOU X P, ZHAO H. The technology of accelerating aging of cyperus esculentus wine[J]. *The Food Industry*, 2020, 41(7): 99-103.
- [56] ROHM, HARALD, ZAHN, et al. Effects of protein enrichment on the microbiological, physicochemical and sensory properties of fermented tiger nut milk[J]. *LWT-Food Science & Technology*, 2016, 74: 319-324.
- [57] DABIE K, KIZZIE-HAYFORD N, KYEI-ASANTE B, et al. Storage temperature of tiger nuts (*Cyperus esculentus* L) affects enzyme activity, proximate composition and properties of lactic acid fermented tiger nut milk thereof[J]. *LWT- Food Science and Technology*, 2021, 137: 110417.
- [58] CANTALEJO, MARIA J. Analysis of volatile components derived from raw and roasted earth-almond (*Cyperus esculentus* L.)[J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 1997, 45(5): 1853-1860.
- [59] 杨俊卿. 油莎豆的开发利用价值[J]. *中国乳业*, 2001, (5): 28-29.
YANG J Q. Development and utilization value of *Cyperus esculentus*[J]. *China Dairy*, 2001(5): 28-29.
- [60] ALBANELL, ELENA, AGUILAR, et al. Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread[J]. *LWT-Food Science & Technology*, 2015.
- [61] 郑桂富, 鲁绯, 许晖. 油莎豆分离蛋白流变学特性的研究[J]. *中国粮油学报*, 1999, 14(6): 4.
ZHENG G F, LU F, XU H. Study on rheological properties of protein isolate from *Cyperus esculentus* oil[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils*, 2015, 62(1): 225-232.
- [62] 郭婷婷, 万楚筠, 黄凤洪, 等. 油莎豆饼油的 SiO₂ 精炼处理研究[J]. *中国粮油学报*, 2022, 37(2): 118-122.
GUO T T, WAN C Y, HUANG F H, et al. SiO₂ refining treatment of tiger nut cake oil[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2022, 37(2): 118-122.
- [63] 刘红艳, 王丽华, 刘意元. 我国油莎豆制品开发现状[J]. *农产品加工*, 2021(14): 97-99.
LIU H Y, WANG L H, LIU Y Y. Development status of olea bean products[J]. *Farm Products Processing*, 2021(14): 97-99. 完