

不同溶解性膳食纤维的功能特性差异浅析 及其在肉制品中应用

黄良哲^{1,2}, 林欢^{1,2}, 王海滨^{1,2,3*}, 陈季旺^{1,2,3}, 胥伟^{1,2,3}

(1. 武汉轻工大学食品科学与工程学院, 武汉 430023; 2. 武汉轻工大学肉类加工与安全研究所, 武汉 430023;
3. 农产品加工湖北省协同创新中心, 武汉 430023)

摘 要: 膳食纤维是一种不能被人体消化的植物成分, 它是人类所需的第七大营养素。膳食纤维按其溶解性分为可溶性和不溶性膳食纤维两大类。一般可溶性膳食纤维对胆酸、胆固醇及有害物质有较强的吸附性能及清除自由基的能力; 不溶性膳食纤维研究较多的是粒径、温度等因素对膳食纤维的膨胀力、持水力、吸油力和结合水力的影响。可溶性与不溶性膳食纤维在制备工艺方法、得率和理化特性等方面存在差异。本文介绍了国内外将多种不同类型和来源的膳食纤维添加在肉制品(香肠、火腿、重组肉制品、凝胶肉制品、汉堡等)中的应用研究进展。目前对于不同溶解性膳食纤维的性质还没有确切科学的结论。如果能将不同膳食纤维本身的性质研究透彻, 确定什么理化特性或结构特征赋予了膳食纤维在不同功能食品中的各种功能特性, 将为商业与研究如何选择和制备合适品种的膳食纤维提供科学依据。

关键词: 可溶性膳食纤维; 不溶性膳食纤维; 制备工艺; 功能特性; 肉制品

Different features between soluble and insoluble dietary fibers and their application in meat products

HUANG Liang-Zhe^{1,2}, LIN Huan^{1,2}, WANG Hai-Bin^{1,2,3*}, CHEN Ji-Wang^{1,2,3}, XU Wei^{1,2,3}

(1. College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China; 2. Institute of Meat Processing and Safety, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China; 3. Hubei Collaborative Innovation Center for Processing of Agricultural Products, Wuhan 430023, China)

ABSTRACT: Dietary fiber is a plant ingredient, which cannot be digested by the stomach enzymes. It is also the seventh major nutrients humans needed. Dietary fiber can be divided into two categories according to their solubility: soluble and insoluble dietary fiber. Generally soluble dietary has strong adsorption properties of bile acids, cholesterol and harmful substances, as well as free radical scavenging ability; the main study of insoluble dietary fiber is about the effects of diameter, temperature and other factors on the expansive force, water holding capacity, oil hydraulic force and binding water ability of dietary fiber. There are differences in preparation method, yield and other physical and chemical characteristics of soluble and insoluble dietary fiber. This article also describes many domestic and foreign advances in applied research about different types and sources of dietary fiber, which were added into meat (sausage, ham, recombinant meat, meat gel and Hamburg). At present, about the nature of the different solubility dietary fiber there is not exactly scientific conclusions. If there is study to explain what physicochemical properties or structural features of dietary fiber linking with the

*通讯作者: 王海滨, 教授, 主要研究方向为肉制品加工技术与机理。E-mail: whb6412@163.com

*Corresponding author: WANG Hai-Bin, Professor, College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, 68 Xuefu South Road, Changqing Garden, Wuhan 430023, China. E-mail: whb6412@163.com

functional properties in different functional foods with dietary fiber, commerce and researches will know how to make the suitable selection and preparation from varieties dietary fiber. That will provide very great convenience.

KEY WORDS: soluble dietary fiber; insoluble dietary fiber; preparation process; functional characteristics; meat products

1 引言

近年来,人们的饮食习惯随着国家经济的不断发展,发生了很大的变化,由于缺乏膳食纤维而导致的“文明病”越来越危害人们的健康。膳食纤维作为人类的第七大营养素,越来越引起人们的广泛重视。人们采用科学的加工技术和方法,从不同食物原料中提取和纯化制备膳食纤维,作为功能性配料添加到普通食品中或制成膳食纤维补充剂,期望在保证食品品质和口感的同时,增加食品的营养功能,保证膳食的平衡和身体健康。

目前,世界上很多国家如美国、欧洲、日本等,早就将膳食纤维广泛添加在食品中,如肉制品、饮料、烘焙制品、乳制品,这类产品在消费者中接受度较好,因此给相关的食品厂家带来了良好的经济效益。目前,对膳食纤维的研究依然十分热门,很多影响因子很高,知名度很高的英文期刊依然不断地刊发关于膳食纤维在各种食品中的运用研究。而在我们国内,添加膳食纤维的产品非常少见,也少有知名的膳食纤维生产厂家。虽然对膳食纤维的制备和其相应的理化性质的研究不少,但大多针对的是某些特定植物膳食纤维的制备,且大多局限于实验研究阶段,用于工厂商业化生产的项目很少。不同的品质特性如不同的溶解性是如何影响添加了膳食纤维的食物的功能品质的,目前也不明确。

国内外研究表明:膳食纤维的溶解性和结构等性质不同,导致其理化性质和功能(含营养和生理功能)呈现较大差异,因此,了解不同溶解性膳食纤维的制备工艺及功能特性,是我们进行选择应用的重要基础。本文也希望通过一些国内外对不同溶解性膳食纤维功能特性的研究的归纳总结,为未来的研究提供一些参考依据。

对于肉制品而言,目前的制作工艺已经非常成熟,香肠制造商为了满足人们不断提高的品质需求,追求新的利润增长点,保住自己的市场份额和领先的优势,不断地探索创新,开发低盐、低脂和高纤维的肉制品。肉类食品富含动物蛋白质和脂肪等成分,缺少膳食纤维和维生素等营养成分,长期大量食用会导致肥胖和高血脂症等现代疾病。因此,近年来将膳食纤维添加到肉制品中,制备富含“膳食纤维”的营养健康型肉制品是一个新的研发方向,是非常创新并具有发展前景的。本文总结了一些国内外现有

的研究,将膳食纤维运用于肉制品中带来的优势与不利影响进行了归纳陈述,为制造膳食纤维香肠开发利用提供了很好的理论支持。

2 膳食纤维

2.1 定义和分类

国际食品法典委员会(Codex Alimentarius Commission, CAC)在2009年6月时给出了膳食纤维定义:指具有10个、或10个以上单体链节碳水化合物(国家管理当局,决定其是否包括3到9个单体链节),人体小肠内生物酶不能将其水解,而且囊括以下类别:可食用的碳水化合物,并天然存在于消费食物中;被物理、化学或酶法处理后,从食物原料中得到的碳水化合物;人造碳水化合物的聚合物,其生理作用有益于健康^[1]。自Trowell等在1972~1976年建立“膳食纤维假说”^[2],1985年才得出较一致的膳食纤维的定义^[3]。膳食纤维是不能被人体内源酶消化吸收的部分是最常见的定义组成部分^[4]。

膳食纤维由木质素、纤维素、半纤维素、植物胶、果胶与树胶等组成^[5]。根据溶解性不同,膳食纤维分为可溶性和不溶性膳食纤维两个基本类别^[3],由于现在国内外多用植物进行膳食纤维的制备,得到很多种产物是混合型膳食纤维(水溶性和水不溶性膳食纤维各占一定的比例)。可溶性膳食纤维生理作用比不溶性膳食纤维更广泛^[6]。

2.2 建议摄入量、理化特性及可能的副作用

根据世界粮农组织的建议,人们每天的膳食纤维摄入量应达到27 g,我国营养学会推荐成人摄入膳食纤维30 g^[7]。

近年来膳食纤维产品市场巨大而有发展潜力^[8]。膳食纤维添加,改善了食品的功能特性,增加了营养,对人体更有利^[9]。

膳食纤维具有很多理化特性,如吸水、膨胀功能、粘性、交换吸附功能、粒度、高持水性、益生素等^[10-15]。膳食纤维也具有多种生理功能,例如有利于肠道益生菌生长、改善肠道功能、吸附离子、加快排便、加快有毒有害物质的排出,有利于降低血糖、血脂等,减少多种疾病的发生率。菊粉的低能量和益生素的作用,可用于糖尿病人^[16,17],紫薯膳食纤维能防治老年习惯性便秘^[18],大豆膳食纤维降低血糖、血脂,有利于多次排便^[19],山楂膳食纤

维能促进排铅活性^[20]。

摄入膳食纤维的量过大, 会刺激肠粘膜, 发酵产生气体会增大肠压, 再加上膳食纤维本身的吸水膨胀性, 会导致腹胀等不良反应。研究表明纤维在肠道内会螯合钙和其他矿物质, 有可能造成矿物质流失。

3 几种可溶性和不溶性膳食纤维的制备研究及功能特性

3.1 可溶性膳食纤维

总膳食纤维中可溶于温水或热水的部分称为可溶性膳食纤维, 一定浓度的乙醇能将水溶液中这部分再沉淀, 其以储存和分泌物形式存在于植物细胞壁, 如果胶、树胶、葡聚糖、瓜儿豆胶、羧甲基纤维素等^[3]。而且可溶性膳食纤维生理作用比不溶性膳食纤维更广泛^[6]。

由表 1 可知, 可溶性膳食纤维主要的提取方法有酶提取法、微生物发酵法等, 借助超声波、动态超高压和离心分离技术可提高其可溶性膳食纤维的含量。

可溶性膳食纤维易形成溶胶或凝胶, 具有很强的离子吸附性, 能吸附胆酸、胆固醇及有害物质, 并可以清除自由基, 还有益生元的作用, 能降血糖、血脂。膳食纤维来源极其丰富, 组成各不相同; 得率因品种和工艺方法而有差异; 持水力、溶胀率等也因品种不同而差异很大。而且可溶性膳食纤维粘度受 pH 值、温度、和其他物质浓度变化的影响。

3.2 不溶性膳食纤维

总膳食纤维中不溶于温水或热水的纤维部分称作不溶性膳食纤维, 细胞壁主要由其构成, 包括木质素、纤维素、半纤维素和壳聚糖等。

由表 2 可知, 不溶性膳食纤维主要的提取方法有化学提取法、酸提取法等; 也有通过几种方法分阶段处理的, 得到的膳食纤维纯度不断提升。不溶性膳食纤维来源更加丰富, 还可以从各种废弃的植物残渣如壳、皮等提取。

不溶性膳食纤维主要是对食物在肠胃运行和停留的时间、排便过程等有很大的影响。借助先进的设备进行研磨, 通过膳食纤维的粒度的改变研究其对膳食纤维理化特性的影响, 发现不溶性膳食纤维受粒度大小的影响较大。膨胀力、持水力、结合水力以及吸油力随着粒度和温度的变化而呈现不同的变化趋势, 其中膨胀力和持水力直接影响膳食纤维在肠道中的功能特性。不同膳食纤维的来源, 制备不溶性膳食纤维的得率也大不相同; 持水力、溶胀率等也因品种不同而差异很大。

3.3 混合型膳食纤维

3.3.1 小麦麸皮膳食纤维

黄晟^[29]研究用复合酶解提纯, 并用冷冻粉碎和高能纳米球磨粉碎制备平均粒径为 343.5 nm 的小麦麸皮膳食纤维。纳米粉碎后, 膳食纤维的成分发生了一定的改变, 可溶性膳食纤维含量达到 11.47%, 可溶解物质含量较膳食纤维原粉增加了 116.13%。可能由于粉碎机的各种作用力的作

表 1 几种水溶性膳食纤维举例
Table 1 Examples of several soluble dietary fibers

品种	提取方法	最佳工艺条件	平均得率/%	特性	作者及参考文献
花椒籽可溶性膳食纤维	酶法提取	纤维素酶 2.0%, 胰蛋白酶 0.4%, 料液比 1:23, 酶解温度 42 ℃, 时间 13 h, pH4.33。	9.19	(1)持水力: 2.33 g/g, 膨胀率: 2.05 mL/g。 (2)棕黄色, 气味较好, 成本低。	张志清等 ^[21]
车前草可溶性膳食纤维	超声波技术	固液 1:30, 提取液 pH=4, 提取时间 25 min。	78.4	(1)抑制大鼠肝脏组织匀浆脂质 50%自氧化与 VitC-Fe ²⁺ 诱导氧化, 对应浓度(IC ₅₀)分别为 3.91 mg/mL, 2.14 mg/mL。 (2)胆酸盐平均吸附量:56 mg/g。	张建民等 ^[22]
豆渣可溶性膳食纤维	酶法制备	料水比 1:15, 纤维素酶 0.5%, 提取温度 45 ℃, pH 值 4.5, 提取时间 1.5 h。	27.27	(1)持水力: 8.25 g/g, 溶胀力: 9.38 mL/g,结合水力: 7.11 g/g。 (2)稳定剂效果优于阿拉伯胶和 CMC; 而其粘度远低于添加果胶的酸性乳饮料。 (3)促进双歧杆菌增殖。添加量越多, 胆酸钠吸附越多。 (4)明显的清除·OH 作用, 一定的清除 DPPH·和 ABTS ⁺ 作用。	刘吴飞等 ^[23]
沙棘可溶性膳食纤维	固体发酵法制备	里氏木霉菌株接种量 5 mL·100 mg ⁻¹ , 发酵温度 28 ℃, 发酵时间 6 d, 水分加入量 2 mL·g ⁻¹ 。	9.65	(1)持水力: 6.4 g/g, 膨胀力: 5.3 mL/g。 (2)粘度随纤维浓度和蔗糖浓度增加而直线增大, 受温度影响, 70 ℃后, 粘度迅速变小, pH=6, 粘度达到最大 12.5 CP, 但受食盐浓度影响较小。 (3)对 DPPH·清除作用较小。	黄鹏等 ^[24]

表 2 几种水不溶性膳食纤维举例
Table 2 Several examples of insoluble dietary fiber

品种	提取方法	最佳工艺条件	平均得率/%	特性	作者及参考文献
王草中不溶性膳食纤维	化学水解法	温度 55 ℃, 碱液浓度 40 g/L,提取时间 120 min。	46.52	(1)膨胀力:4.26 mL/g, 持水力:5.64 g/g	罗瑛等 ^[25]
茭白壳中不溶性膳食纤维	化学法	(1)料液比 1:8, NaOH(1.0 mol/L)溶液, 40 ℃处理 100 min, 洗涤至中性。 (2)pH=2 硫酸溶液中 60 ℃下浸泡 120 min, 洗涤至中性, (3)65 ℃下恒温干燥 4 h, 粉碎。	91.35	(1)37 ℃, 60 目膳食纤维持水力: 8.1109 g/g, 膨胀力 5.4mL/g, 为最佳。 (2)膨胀力、持水力和吸油力随粒度的减小而增大, 但过分粉碎会使其性能下降。 (3)结合水力随粒度的减小而始终减小。 (4)膨胀力、持水力在高温下性能较好, 而吸油力和结合水力则相反。	金建昌等 ^[26]
茶叶中不溶性膳食纤维	酸提取法	(1)pH=1、温度 90 ℃、时间 1.5 h。 (2)NaOH 溶液处理, pH=13.5、温度 90 ℃、时间 3 h。 (3)乙酰脱脂后制备。	(1)58.30 (纯度 31.27) (2)21.47 (85.25) (3)20.11 (91.32)	(1)用 H ₂ O ₂ 脱色显著改善持水力和膨胀力, 40 目到 150 目范围, 持水力增幅 96%~172%, 膨胀力增幅 3.47~4.27 mL/g。 (2)60 目的功能性不明显, 80 目的具有通便作用, 但对促进小肠蠕动功能不明显; 100 目、150 目和 200 目的纤维具有明显的通便和促进小肠蠕动作用。	宋江良等 ^[27]
胡柚皮中不溶性膳食纤维	酶-化学方法	(1)淀粉酶 0.4%, 酶解时间 55 min。 (2)NaOH(1.0 mol/L)碱解时间为 60 min。	62.33	(1)纤维颗粒大小和温度对膳食纤维的理化性质有显著影响, pH 值影响不明显。	刘玉梅等 ^[28]

用使得不溶性物质如果胶、半纤维素等分子间的连接键断裂或由于熔融现象的产生, 使得长链变短链, 不溶性的大分子变成小分子水溶性聚合物。持水力由 5.890 g/g 下降到 3.454 g/g, 保水力由 4.608 g/g 下降到 3.047 g/g, 膨胀力由 5.793 下降到 4.648。由此带来的功能性变化也非常显著。虽然 X-射线衍射显示, 膳食纤维的晶体结构和纤维晶区并未因粉碎而发生变化, 纳米粉碎后对重金属离子和胆固醇的吸附性能降低, 阳离子交换性能、NO₂⁻清除能力都不如未粉碎前的样品; DPPH[·]清除能力变弱, 而可提取酚含量提高了, 还原力、螯合铁离子能力也增强; 饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸吸附能力分别降低了 75.17%和 79.85%; 白度增加了 38.74%, 颜色变浅^[29]。

3.3.2 葡萄皮渣膳食纤维

令博^[30]等用葡萄皮渣制备膳食纤维, 并研究其特性。实验发现葡萄皮渣膳食纤维的水溶性与水不溶性膳食纤维成分, 在经过超微粉碎和挤压粉碎后, 分布明显发生变化。原样品中, 总膳食纤维含量 74.72 g/100 g, 水溶性膳食纤维 12.81 g/100 g, 水不溶性膳食纤维 60.56 g/100 g, 超微粉碎后, 水溶性膳食纤维含量增加 3%, 超微挤压后增加 4%, 总膳食纤维含量基本保持不变。葡萄皮渣膳食纤维的膨胀力、持水力和持油力因超微粉碎处理而明显减弱, 交换阳离子能力增强。而重金属离子吸附能力、特征吸收峰和纤维的结晶结构属性基本没有受到改性的影响。通过实验,

发现通过改性膳食纤维, 促进了体外发酵, 能明显抑制大鼠因糖尿病(STZ 诱导)导致的体重下降的情况, 虽然血清 T-AOC 没有显著变化, 但空腹血糖在一周后达到正常水平, 血清胰岛素、糖化血清蛋白、C 肽以及糖原也在三周后正常, 其中对糖原恢复效果更显著的是超微粉碎处理的膳食纤维。另一组高脂饲料培养的大鼠实验表明, TC 和 LDL-C 值在大鼠经过葡萄皮渣膳食纤维灌胃后明显降低, 但 TG 和 HDL-C 值无明显改变, TG/HDL-C、DL-C/HDL-C 比值以及 AI 减少不显著。说明葡萄皮渣膳食纤维只能在一定程度上预防心血管疾病。

4 肉制品中添加膳食纤维的研究进展

膳食纤维一些生理上的特性, 引起了科研和技术工作者对其强烈的研究兴趣, 因为它能带来很多健康益处, 并预防多种疾病^[31]。而且膳食纤维能强化食品, 提高膳食纤维含量, 降低食品中的热量, 胆固醇和脂肪^[32], 因此非常适宜添加在肉制品中, 许多学者就此进行了相关研究。

4.1 膳食纤维应用于肉制品有以下作用

4.1.1 替代脂肪

膳食纤维因其本身能够替代脂肪的特性, 能降低香肠制作成本, 减少香肠脂肪含量, 也相应地为追求“瘦猪肉”提供了替代方案。

黄明发等研究了添加魔芋胶的低脂肪肉制品、仿生肉、重组肉,发现魔芋胶在这方面的运用十分广泛^[33]。王海滨等在火腿肠中添加麦麸膳食纤维,得到的火腿肠脂肪和热量分别降低了50%和20%,而质构、风味、外观口感依然良好^[34]。Maja等研究用菊粉、柑橘纤维和部分大米淀粉,替代Lyon-style猪肉(25%脂肪)和肝香肠(30%脂肪)的脂肪^[35]。西班牙著名“Chorizo”香肠添加荸荠后,降低了脂肪含量^[36]。Maja等还研究了添加柠檬酸或磷酸盐、菊粉的德国Bologna香肠,菊粉(12%)替代脂肪效果明显,并能减少高达47.5%的能量^[37]。

4.1.2 提高保水、凝胶性

添加适量的一些品种的膳食纤维,能够在保持肉制品感官特征的前提下,提高肉制品的保水性、凝胶性等,保持肉的多汁性^[38]。因其增加粘性和凝胶化的特性,使加工损耗减少,产品出产率提高,口感得到改善。

Petersson等研究在低脂香肠和肉丸中添加谷物类麸皮(黑麦麸、燕麦麸和大麦纤维),研究结果表明,燕麦麸对香肠的凝胶保水性有很好的作用,因为研究表明在不加热的前提下,燕麦麸和水混合后,在不添加土豆淀粉的情况下,其本身就能形成凝胶;相比之下大麦纤维就要弱很多,而黑麦麸没有形成凝胶的特性^[39]。王锐研究得出,鸭肉凝胶的蒸煮损失及保水性,因添加了1%的可得然胶或4%的玉米麸皮而降低;经200~400 MPa的超高压处理后,添加膳食纤维的鸭肉凝胶硬度和咀嚼性很好,特别是 ≥ 300 MPa,弹性显著改善,凝聚性也呈现上升走向^[40]。

4.1.3 延长保质期

部分膳食纤维还有保鲜剂的功能,可以抑制微生物生长,发泡成分以及肉糜的稳定性得到提高。

Sayas-Barberá等研究了含有橙纤维和干酪乳杆菌CECT 475的香肠,感官评分很高,还因pH值的降低和低水活性,肠内细菌数和亚硝酸盐残留减少,保证了食品安全^[41]。黄明发等发现在肉制品保鲜中,魔芋胶也有广泛的用途^[33]。López-Vargas研究了添加百香果纤维对猪肉汉堡的影响,实验表明添加2.5%的百香果膳食纤维,有氧嗜温细菌和肠杆菌比对照样品计数低,没有发现大肠杆菌和霉菌^[42]。

4.1.4 改善感官特性

膳食纤维能改善肉制品纹理性及膨胀性。在肉制品中添加可溶性膳食纤维,增加了产品渗透压,使胶原蛋白疏松膨胀,肉质柔软、有弹性;肉制品的腥、异味被掩盖,色泽得到改善^[43]。

周亚军等将大豆、苹果制得的膳食纤维以及魔芋精粉这些不同品种的膳食纤维分别添加到香肠制品中并进行了比对,发现制备的膳食纤维香肠质地和弹性与普通香肠相比更优^[44]。周亚军等通过胶着性、咀嚼性以及内聚性等质构特性单因素试验,在保证重组牛肉丸弹性、硬度的基础

上,确定了胡萝卜添加量为12.5%^[45]。单兵等研究表明,添加了柑橘类膳食纤维的乳化型香肠,功能性质和蒸煮品质都得到了提高^[46]。Eim等研究了添加胡萝卜膳食纤维对干发酵香肠“sobrassada”的影响,结果表明胡萝卜纤维的最佳添加量为4.9%,这是保证原有香肠(不添加纤维)品质的最大添加量^[47]。Sánchez-Zapata等研究了西班牙“Chorizo”香肠添加荸荠后,减少了脂肪,增加了肉产品的多汁性,显著影响其外观颜色^[36]。

4.1.5 降低亚硝酸盐含量

人们常因在意香肠中含有大量的亚硝酸盐类物质,担心会对健康产生不利影响,更愿意选择新鲜的肉制品。而添加了膳食纤维的肉制品,亚硝酸盐含量减少,使肉制品更加健康。

张莉等将海藻水不溶性膳食纤维添加到火腿制品中,发现亚硝酸盐的含量随着膳食纤维添加量的增加而逐渐降低,香肠的风味口感和质构特征在添加10%的膳食纤维时保持得最好^[48]。Viuda-Martos等人在“bologna”香肠中添加了柑橘水洗纤维和迷迭香油,与普通样品对照值相比较,添加膳食纤维及香油后“bologna”香肠的亚硝酸盐残留水平和脂质过氧化程度降低^[49]。

4.2 膳食纤维给肉制品带来的一些不利影响

虽然膳食纤维添加在肉制品中,会带来各个方面的好处,但也会因为自身原有的品质特性,给肉制品带来一定的负面影响。

余欢欢等研究了在泡椒牛肉中添加燕麦膳食纤维对其品质的影响,虽然牛肉的嚼劲和风味都得到了改善,出品率也提高了,但牛肉硬度降低,颜色变浅^[50]。王锐研究经高压处理,添加了可得然胶或玉米麸皮的鸭肉凝胶,经高压处理得到的鸭肉凝胶,其质构等特性基本不受可得然胶浓度的影响;添加玉米麸皮大于等于4%时,凝聚性显著降低^[40]。Maja Tomaschunas等人在“Lyon-style”猪肉和肝香肠中添加菊粉、柑橘纤维和部分大米淀粉,用以替代脂肪,但也还是会降低“Lyon-style”猪肉制品的肉味,影响肉制品悠长的肉香和回味及其多汁性^[35]。

5 发展前景

国内外现在对不同来源的膳食纤维进行提取,并按提取膳食纤维的水溶性或水不溶性,进行了相应的性质研究。对不同来源提取的可溶性与不溶性膳食纤维进行比较发现,膳食纤维由于来源、溶解性质不同,功能特性差异很大,对人体健康的影响也不一样。已有研究表明,营养价值方面,可溶性膳食纤维比不溶性膳食纤维给人带来更多好处^[51]。理化特性方面的研究包括粒径、膨胀力、持水性、吸油力、结合水力、粘度、吸附离子、清除自由基、发酵性等,而在生理功能方面,主要进行了在心血管疾病、糖尿

病、癌症、改善大肠功能、抑制体重等方面的研究,最后,也有许多研究侧重于在食品中添加适量的膳食纤维,在增加营养功能性的同时,改善了食品的品质。将膳食纤维添加到肉制品中,不同性质膳食纤维的肉制品品质特性差异及其机制有待深入系统研究。产品的储藏稳定性问题,质量标准问题(特别是膳食纤维含量标准),产品标签标识问题,膳食纤维的检测方法问题等,均有待做进一步研究和技术工作配套,以便为这类营养健康型肉制品走向市场打下重要基础。

但是现在存在的问题是,研究基本针对某一种或几种膳食纤维,得出的也是个别膳食纤维的功能影响,或综述概括膳食纤维这样一个大类的品质功能特性。但膳食纤维因其性质不同,仅溶解性而言,对同一大类,如水溶性膳食纤维有什么品质特性,对人会产生什么样的影响,却都还不明确。那么具体细化到:到底是膳食纤维的什么特性或结构特征影响了添加膳食纤维食品的功能特性?也十分模糊,没有明确定论。

虽然国外很多产品都添加了膳食纤维,但国内对添加膳食纤维的食品的研究还是相当局限,大多数都是添加了某种或某几种膳食纤维,再对其产生的特性影响进行研究,却少有能对添加了膳食纤维的产品功能特性进行准确预测的,这就给膳食纤维的科学研究以及商业生产造成了一定的技术难度。如果我们能明确:是膳食纤维什么特性赋予了添加膳食纤维食品相应的功能特性,那么膳食纤维产品的研发和利用就会非常省时省力,这将是膳食纤维未来发展的重要方向。

参考文献

- [1] 扈晓杰, 韩冬, 李锋. 膳食纤维的定义、分析方法和摄入现状[J]. 中国食品学报, 2011, 11(3): 133–137.
Hu XJ, Han D, Li Z. Definition, status analysis and intake of dietary fiber [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2011, 11(3): 133–137.
- [2] 周建勇. 膳食纤维定义的历史回顾(1953–1999)[J]. 国外医学(卫生学分册), 2001, 28(1): 26–28.
Zhou JY. History of dietary fiber definition (1953 to 1999) [J]. Foreign Med Sci (Sect Hyg), 2001, 28(1): 26–28.
- [3] Dhingra D, Michael M, Rajput H, *et al*. Dietary fibre in foods: a review [J]. Food Sci Technol, 2012, 49(3): 255–266.
- [4] 李建文, 杨月欣. 膳食纤维定义及分析方法研究进展[J]. 食品科学, 2007, 28(2): 350–354.
Li JW, Yang YX. Review in defining dietary fiber and analysis methods [J]. Food Sci, 2007, 28(2): 350–354.
- [5] 郑建仙. 功能性膳食纤维[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 4–6.
Zheng JX. Functional dietary fiber [M]. Beijing: Chemistry and Chemical Publishing House, 2005: 4–6.
- [6] 雷敏, 董钊钊. 膳食纤维对健康的影响[J]. 河北医药, 2011, 33(4): 604–606.
Lei M, Dong ZZ. Effects of dietary fiber on health [J]. Hebei Med, 2011, 33(4): 604–606.
- [7] 王金亭. 膳食纤维及其生理保健作用的研究进展[J]. 现代生物医学进展, 2007, 7(9): 1414–1416.
Wang JT. The advance of dietary fiber and its functions of physiological health care [J]. Progress Mod Biomed, 2007, 7(9): 1414–1416.
- [8] Chau CF, Huang YL. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibres prepared from peel of the citrus citrus sinensis L. cv. liucheng [J]. J Agric Food Chem, 2003, 51: 2615–2618.
- [9] Hesser JM. Applications and usage of dietary fibre in the USA [J]. Int Food Inged, 1994, (2): 50–52.
- [10] Foschia M, Peressini D, Sensidoni A, *et al*. The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products [J]. J Cereal Sci, 2013, 58: 216–227.
- [11] Phillips GO. Dietary fibre: A chemical category or a health ingredient [J]. Bioact Carbohydr Diet Fibre, 2013, (1): 3–9.
- [12] 王岸娜, 朱海兰, 吴立根. 膳食纤维的功能、改性及应用[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2009, 30(2): 89–94.
Wang AN, Zhu HL, Wu LG. Function, modification and application of dietary fiber [J]. J Henan Univ Technol (Natu Sci), 2009, 30(2): 89–94.
- [13] 曾华斌. 膳食纤维的研究现状与展望[J]. 南方农业, 2012, 6(3): 81–83.
Zeng HB. Current situation and prospects of dietary fiber [J]. Southern Agric, 2012, 6(3): 81–83.
- [14] 高辰, 朱杰, 王明芳, 等. 豆渣可溶性膳食纤维的提取分析及抗氧化研究[J]. 食品研究与开发, 2013, (10): 23–27.
Gao C, Zhu J, Wang MF, *et al*. Researches on extraction, characterization and antioxidant of soluble dietary fiber from okara [J]. Food Res Dev, 2013, (10): 23–27.
- [15] 王红艳. 膳食纤维及其生理功能[J]. 宿州学院学报, 2007, 22(1): 98–100.
Wang HY. Dietary fiber and its physiological function [J]. J Suzhou College, 2007, 22(1): 98–100.
- [16] 魏凌云, 王建华, 郑晓冬. 菊粉研究的回顾与展望[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(7): 81–85.
Wei LY, Wang JH, Zheng XD. Review and prospects of the inulin research [J]. Food Ferm Ind, 2005, 31(7): 81–85.
- [17] 饶志娟, 郑建仙, 贾呈祥. 功能性食品基料——菊粉的研究进展[J]. 中国甜菜糖业, 2002, (4): 26–30.
Rao ZJ, Zheng JX, Jia CX. Development of functional food ingredient—inulin [J]. China Beet Sugar, 2002, (4): 26–30.
- [18] 揭小玲, 王则金. 紫薯全粉品质特性及紫薯饼干加工技术研究[D]. 福州: 福建农业大学, 2013.
Jie XL, Wang ZJ. Research the quality characteristics of purple sweet potato flour and purple sweet potato biscuits processing technology [D]. Fuzhou: Fujian Agricultural University, 2013.
- [19] 李荣和, 高长城, 梁洪祥. 大豆膳食纤维防治“现代生活方式疾病”的实验验证[J]. 中国食物与营养, 2010, (8): 67–69.
Li RH, Gao CC, Liang HX. Experiment of soybean dietary fiber to prevent

- and control modern lifestyle diseases [J]. Food Nutr China, 2010, (8): 67–69.
- [20] 武琳, 赵文, 臧增元. 山楂膳食纤维促排铅和润肠通便保健功能实验研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2012.
- Wu L, Zhao W, Zang ZY. Hawthorn dietary fiber laxative promotion health and excretion function experimental study [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2012.
- [21] 张志清, 宋燕, 钟玉巧. 花椒籽可溶性膳食纤维的提取工艺研究[J]. 中国油脂, 2013, 38(1): 76–80.
- Zhang ZQ, Song Y, Zhong YQ. Extraction process of soluble dietary fiber from prickly ash seed [J]. China Oils Fats, 2013, 38(1): 76–80.
- [22] 张建民, 肖小年. 车前草可溶性膳食纤维的制备及其活性研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2007.
- Zhang JM, Xiao XN. Preparation and activity of plantain soluble dietary fiber [D]. Nanchang: Nanchang University, 2007.
- [23] 刘昊飞, 程建军. 豆渣水溶性膳食纤维酶法制备及其应用[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2008.
- Liu HF, Cheng JJ. Okara soluble dietary fiber enzymatic preparation and application [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2008.
- [24] 黄鹏, 常媛. 沙棘水溶性膳食纤维固体发酵法制备的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2011.
- Huang Y, Chang Y. Solid fermentation preparation process of seabuckthorn soluble dietary fiber [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2011.
- [25] 罗瑛, 孙颖霞, 姚广龙. 王草中水不溶性膳食纤维制备工艺研究[J]. 热带作物学报, 2011, 32(3): 560–563.
- Luo Y, Sun YX, Yao GL. Wangcao grass insoluble dietary fiber preparation process [J]. Chin J Trop Crops, 2011, 32(3): 560–563.
- [26] 金建昌, 刘东红. 茭白壳中不溶性膳食纤维的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- Jin JC, Liu DH. Jiaobai shell insoluble dietary fiber [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2006.
- [27] 宋江良, 宋洪波. 高活性非水溶性茶叶膳食纤维提取及其功能性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2011.
- Song JL, Song HB. High activity of insoluble tea dietary fiber extracts and functional studies [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2011.
- [28] 刘玉梅. 胡柚皮膳食纤维的提取及理化性质的研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2013.
- Liu YM. Extraction and physicochemical properties of Huyou shell dietary fiber [D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2013.
- [29] 黄晟, 周惠明. 亚微米级小麦麸皮不溶性膳食纤维的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.
- Huang S, Zhou HM. Research submicron wheat bran insoluble dietary fiber [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2009.
- [30] 令博, 明建. 葡萄皮渣膳食纤维的改性及其生理功能和应用研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012.
- Ling B, Ming J. Modification, physiological function and application of grape pomace dietary fiber [D]. Chongqing: Southwestern University, 2012.
- [31] Mudgil D, Barak S. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review [J]. Int J Bio Macromolecules, 2013, (61): 1–6.
- [32] Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review [J]. Food Chem, 2011, 124: 411–421.
- [33] 黄明发, 鲁兴容, 刁兵. 魔芋胶的功能特性及其在肉制品中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2012, (1): 186–190.
- Huang MF, Lu XR, Diao B. The functional characteristics of konjac gum and its application in meat industry [J]. China Food Addit, 2012, (1): 186–190.
- [34] 王海滨, 李庆龙, 张彦妮, 等. 麦麸膳食纤维火腿肠的研制与营养价值评价[J]. 肉类工业, 2009, (8): 110–119.
- Wang HB, Li QL, Zhang YN, *et al*. Development and nutritional evaluation of sausages enriched with wheat bran dietary fiber [J]. Meat Ind, 2009, (8): 110–119.
- [35] Tomaschunas M, Zöhr R, Fischer J, *et al*. Changes in sensory properties and consumer acceptance of reduced fat pork Lyon-style and liver sausages containing inulin and citrus fiber as fat replacers [J]. Meat Sci, 2013, 95: 629–640.
- [36] Sánchez-Zapata E, Zunino V, Pérez-Alvarez JA, *et al*. Effect of tiger nut fibre addition on the quality and safety of a dry-cured pork sausage (“Chorizo”) during the dry-curing process [J]. Meat Sci, 2013, 95: 562–568.
- [37] Nowak B, Vonnueffling T, Grotheer J, *et al*. Energy content, sensory properties, and microbiological shelf life of German Bologna-type sausages produced with citrate or phosphate and with inulin as fat replacer [J]. J Food Sci, 2007, 72(9): 629–638.
- [38] 郑学玲. 谷物膳食纤维的开发与应用推广[C]. 膳食纤维与人体健康及应用技术研讨会论文集. 2009: 127–130.
- Zheng XL. The development promote and application of cereals dietary fiber [C]. Dietary fiber and human health and Applied Technology Symposium. 2009: 127–130.
- [39] Petersson K, Godard O, Eliasson AC, *et al*. The effects of cereal additives in low-fat sausages and meatballs. Part 2: Rye bran, oat bran and barley fibre [J]. Meat Sci, 2014, 96: 503–508.
- [40] 王锐, 陈从贵. 膳食纤维和超高压对重组鸭肉凝胶品质特性的影响[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2010.
- Wang R, Chen CG. Effects of dietary fiber and high pressure on the quality characteristics of recombinant duck gel [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2010.
- [41] Sayas-Barberá E, Viuda-Martos M, Fernández-López F, *et al*. Combined use of a probiotic culture and citrus fiber in a traditional sausage ‘Longaniza de Pascua’ [J]. Food Control, 2012, 27: 343–350.
- [42] López-Vargas JH, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JÁ, *et al*. Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained

- from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products [J]. *Meat Sci*, 2014, 97: 270–276.
- [43] 刘巍. 膳食纤维在功能性肉制品中的应用分析[J]. 中国科技博览, 2011, (31): 641.
- Liu W. Application of dietary fiber in functional meat products [J]. *China Sci Technol Expo*, 2011, (31): 641.
- [44] 周亚军, 王淑杰, 刘微, 等. 膳食纤维营养保健香肠的研制[J]. 食品工业科技, 2004, 25(2): 83–85.
- Zhou YJ, Wang SJ, Liu W, *et al*. Research and development of healthcare sausage with dietary fibre [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2004, 25(2): 83–85.
- [45] 周亚军, 李芳, 苏丹, 等. 果蔬复合重组牛肉制品加工特性与工艺优化[J]. 现代食品科技, 2011, 27(3): 287–291.
- Zhou YJ, Li F, Su D, *et al*. Processing characteristics and optimization of fruit and vegetable restructured beef meatball [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2011, 27(3): 287–291.
- [46] 单兵, 李兴民, 张昊. 柑橘类副产物在乳化香肠中的应用研究进展[J]. 肉类研究, 2013, 27(5): 22–25.
- Shan B, Li XM, Zhang H. A review on recent applications of citrus byproducts in emulsion-type sausages [J]. *Meat Res*, 2013, 27(5): 22–25.
- [47] Eim VS, Simal S, Rosselló C. Optimisation of the addition of carrot dietary fibre to a dry fermented sausage (sobrassada) using artificial neural networks [J]. *Meat Sci*, 2013, 94: 341–348.
- [48] 张莉, 许加超, 周晓东, 等. 水不溶性海藻膳食纤维对火腿制品理化参数的影响[J]. 食品工业科学, 2008, (10): 94–98.
- Zhang L, Xu JC, Zhou XD, *et al*. Effect of water insoluble dietary fibers from seaweeds on physical and chemical parameters of meat [J]. *Food Ind Sci*, 2008, (10): 94–98.
- [49] Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Fernández-López J, *et al*. Effect of adding citrus fibre washing water and rosemary essential oil on the quality characteristics of a bologna sausage [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2010, 43: 958–963.
- [50] 余欢欢, 饶先军, 卢秋红. 燕麦膳食纤维对泡椒牛肉品质的影响研究[J]. 肉类工业, 2013, (1): 23–25.
- Yu HH, Rao XJ, Lu QH. Study on effects of oat dietary fiber on quality of pickled peppers beef [J]. *Meat Ind*, 2013, (1): 23–25.
- [51] Galisteo M, Duarte J, Zarzuelo A. Effects of dietary fibers on disturbances clustered in the metabolic syndrome [J]. *J Nutr Biochem*, 2008, 19: 71–84.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



黄良哲, 硕士研究生, 主要研究方向为食品加工与安全。

E-mail: huang114666@163.com



王海滨, 博士, 教授, 主要研究方向为肉制品加工技术与机理。

E-mail: whb6412@163.com