

多糖在吞咽障碍食品中应用的研究进展

王利红¹, 窦少坤^{1,2}, 栾惠², 李宝瑞², 宗爱珍², 徐同成²

(1.河北工程大学生命科学与食品工程学院,河北邯郸 056038; 2.山东省农业科学院农产品加工与营养研究所/
山东省农产品精深加工技术重点实验室/农业农村部新食品资源加工重点实验室/
山东省特殊医学用途配方食品工程技术研究中心,山东济南 250100)

摘要:随着咀嚼和吞咽能力下降,吞咽障碍成为影响老年人身心健康的重要因素之一。吞咽障碍食品是指通过加工,包括粉碎或添加增稠剂等食品添加剂后制成的能够满足吞咽障碍人群经口进食需求的特殊食品,是吞咽障碍患者康复治疗中常用的手段。多糖基增稠剂因其具有调整食物流变特性和质构特性的能力,能够有效降低吞咽障碍患者吸入性肺炎的风险,在吞咽障碍患者的治疗和护理过程中应用广泛。基于人口老龄化的发展趋势,对吞咽障碍食品的研究现状、评价标准,以及多糖在吞咽障碍食品中的应用现状进行讨论,旨在为我国吞咽障碍患者专用食品的创制提供参考依据。

关键词:老年人;吞咽障碍食品;多糖;增稠剂;评价标准

中图分类号:TS218;R459.3 **文献标志码:**A

Research progress on the application of polysaccharides in dysphagia food

WANG Lihong¹, DOU Shaokun^{1,2}, LUAN Hui², LI Baorui², ZONG Aizhen², XU Tongcheng²

(1. School of Life Science and Food Engineering, Hebei Engineering University, Handan 056038, Hebei, China;
2. Institute of Food & Nutrition Science and Technology, Shandong Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Agro-Products Processing Technology of Shandong Province/Key Laboratory of Novel Food Resources Processing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Shandong Engineering Research Center of Food for Special Medical Purpose, Jinan 250100, Shandong, China)

Abstract: As the ability of chewing and swallowing decreased, dysphagia has become one of the important factors affecting the physical and mental health of the elderly. Dysphagia food is a mainstay of compensatory intervention for individual with swallowing disorder, which could be obtained through processing including chopping or food thickeners addition. Modification of the rheological and textural properties of food by polysaccharide-based thickener is one of the key dysphagia management strategies to reduce the risk of aspiration during swallowing, hence widely used in the treatment and care of patients with dysphagia. Trends based on population ageing, this article discusses the research status, evaluation standards, and application status of polysaccharides in dysphagia food at home and abroad. The aim is to provide reference for the creation of specialized food for patients with dysphagia in China.

Key words: Elderly; Dysphagia food; Polysaccharide; Thickener; Evaluation standard

随着老年人生理功能的减弱,咀嚼和吞咽能力受到了很大的影响,吞咽障碍已逐渐成为影响老年

人身体健康和生活质量的重大影响因素^[1]。一项针对中国老年人吞咽障碍患病率的Meta分析表明,

中国老年人吞咽障碍患病率高达 66.0%,其中 60~69 岁、70~79 岁、80 岁及以上老年人吞咽障碍患病率分别为 21.0%、28.0%、41.0%^[2]。由于难以进食和吞咽,一方面患者无法获得满足机体需求的足够能量造成营养不良,另一方面因误吸导致窒息和肺炎乃至威胁生命的并发症的现象也屡见不鲜^[3],给卫生和社会护理系统造成沉重的负担^[4]。

吞咽障碍是由老年人常见的生理变化引起的,包括脑卒中、阿尔兹海默病的影响、咽部功能的神经元的减少、牙齿的脱落和咀嚼肌力量的减少等。吞咽障碍患者需要补充膳食营养来进行康复治疗,而吞咽障碍食品质地柔软、顺滑,易于吞咽,具有较高的安全性和有效性,在促进吞咽的同时还可以起到补充营养的作用^[5]。目前市场上已商业化的应用于吞咽障碍人群的食品仍以添加增稠剂为主^[6],通过增加水、牛奶、果汁等液体类食品的内聚力来降低其在口腔和咽部的运输速度,为肌肉提供更长的反应时间,从而达到避免呛食的效果^[7]。多糖是由多个单糖分子脱水缩合而形成的高分子化合物,其来源广泛,且具备稳定的流变特性和良好的机械性能^[8-12],能够有效地降低发生吞咽障碍的风险,作为增稠剂在吞咽障碍产品中的应用潜力巨大^[13-14]。我国多糖基增稠剂在吞咽障碍食品中的应用还处于摸索阶段,市场上国产的产品有快凝宝、食纳佳、奥特顺咽、适可舒 A 等;美国进口产品有顺凝宝、凝固乐等;日本进口产品有吞乐美、舒食素 S/U、莎罗雅等。这些产品的主要成分为改性淀粉、黄原胶、瓜尔豆胶等,用于水、汤汁、匀浆等液体的增稠,在可口性、食用安全性、营养充足性等方面仍有较大进步空间。因此,本文基于我国迅速老龄化的发展趋势以及吞咽障碍食品评价标准,对多糖在吞咽障碍食品中的应用现状进行讨论。

1 吞咽障碍食品评价标准

为了科学的研究设计和开发柔软、健康的吞咽障碍食品,美国、日本等国家为食品行业建立了指导吞咽障碍食品生产的参考指南。不同国家对吞咽障

碍食品等级的划分有着不同的标准,但在总体上,液体吞咽障碍食品主要的评价指标是黏度,固体吞咽障碍食品等级则按照硬度、内聚性、黏附性等指标进行划分。不同国家吞咽障碍食品等级划分标准,见表 1。

美国将食物在 25℃ 室温,剪切速率为 50 s⁻¹ 条件下得到的表观黏度值作为评价和分类依据^[15],并以 50、350、1 750 mPa·s 为分界点,将液体食品依次分为稀薄型、花蜜型、蜂蜜型和布丁型四类^[16]。而固体食品则依据食品需要的咀嚼程度、黏度和形状分为细泥型、软质型和常规食品^[17]。与美国不同,日本的液体食品等级以 50、150、300、500 mPa·s 为分界点,分为稀稠质、一般稠质和浓稠质 3 个等级,固体吞咽障碍食品标准根据硬度、黏附性和内聚性标准分为 5 类别^[18]。

目前我国对吞咽障碍食品的界定以及食品分级的标准不统一、不完善。在中国居民膳食指南中,为保障老年人食品的营养需求和用餐安全,将具有易吞咽需求的老年人饮食分为软食、半流质和糊状三大类。为了推动我国吞咽障碍康复治疗行业的发展,中国康复医学会吞咽障碍康复专业委员会和中国营养学会老年营养分会联合起草并制定了 2019 版《吞咽障碍膳食营养管理中国专家共识》^[5],建立了中国吞咽障碍食品标准,在该标准中吞咽障碍食品被分为低稠型、中稠型、高稠型、细泥型、细馅型和软食型六个等级,并按照中国膳食习惯附加了营养管理要素(图 1A),为吞咽障碍患者的食物选择提供了一定的参考。

由于不同国家标准之间存在较大的差异,不能够用统一标准进行衡量。因此,为了统一吞咽障碍食品的评价标准,国际吞咽障碍饮食标准化创办组织(international dysphagia diet standardization initiative, IDDSI)协商制定了国际吞咽障碍食品标准,按照食品的稠度将食品从稀到稠分为 8 个等级,0~2 级为饮品,3~4 级为介于饮品和食物之间,5~7 级标记为过渡性食物。其中的每个等级都有科学准确的测试方法和工具^[19]。通过使用 IDDSI 框架对不同质地的食物进行分级,可以为吞咽障碍食品的筛选提供一个可靠的参考(图 1B)。

表 1 不同国家吞咽障碍食品等级划分标准

Table 1 Classification criteria for dysphagia foods in different countries

国家	形态	等级	质地	适合人群
美国	液体	稀薄	1~50(mPa·s)	/
		花蜜浓稠	51~350(mPa·s)	/
		蜂蜜浓稠	351~1 750(mPa·s)	/
		布丁浓稠	>1 750(mPa·s)	/

续表

国家	形态	等级	质地	适合人群
日本	固体	细泥	泥质的、同质的和有凝聚力的食物,且像布丁一样	中度至重度吞咽困难,口腔期能力差和保护能力降低
		细碎	潮湿、柔软质地、容易形成的食物	轻度至中度口腔或咽部吞咽困难
		软质	质地近乎规则的食物	轻度口腔和或咽部吞咽困难
		常规	常规的食物	/
	液体	稀稠质	50~150(mPa·s)	/
		一般稠质食品	150~300(mPa·s)	/
		浓稠质食品	300~500(mPa·s)	/
	固体	0	果冻状:具有黏附性、内聚性和硬度的均匀果冻状食物; 黏稠状:具有黏附性、内聚性和硬度的均匀粘稠液体	/
		1	果冻状:具有黏附性、内聚性和硬度、无需咀嚼的果冻、布丁和慕斯式的食物 I:光滑、不黏、易粘连、均匀的泥状、糊状和混合食物,容易粘连;	/
		2	II:含有软颗粒的不均匀的果泥、糊状和混合食物	/
3		易碎型食物,形成的食团容易吞咽,经过咽部不易分散	/	
4		不易粘住或分开,很柔软,不需要牙齿咀嚼,可以被筷子或勺子切开	/	
中国	液体	低稠度	50~150(mPa·s)	轻度吞咽障碍患者
		中稠度	150~300(mPa·s)	治疗性经口进食初期患者
		高稠度	300~500(mPa·s)	重度吞咽障碍患者
固体	细泥型	均质、光滑、易聚集,可用汤匙舀起	不需咀嚼能力,但需具有运送食物能力,可经口进食者	
	细馅型	有一定形状,但容易压碎	舌与上下腭能压碎食物可通过舌运送食物者	
	软质型	质软、不易分散、不易粘连	存在误吸风险的吞咽功能及咀嚼功能下降者	
国际	液体	稀薄	如水般流动,流动迅速	能安全饮用各类液态饮品人群
		轻微稠	比水稍微浓稠	适用于婴幼儿群体的增稠饮品
		稍微稠	汤勺中迅速倒出	适用于舌部控制功能较弱的人群
		液态型中度稠	质地顺滑没有颗粒感	需要较长的口腔控制时间和一定的舌部推力的人群
	细泥型高度稠	用汤匙食用,不需要咀嚼		
固体	细馅型	能轻易被餐叉压力碾碎,有足够的凝结对在汤匙上保持形状	适合缺少牙齿或者佩戴不合适假牙的人群	
	软质型及一口量	可被餐叉、汤匙或筷子施压碾碎;无需咬合,需要咀嚼		
	常规型	能以任何方式食用,食物质地不限	咀嚼所有质地的食物,安全地吐出骨头或软骨	

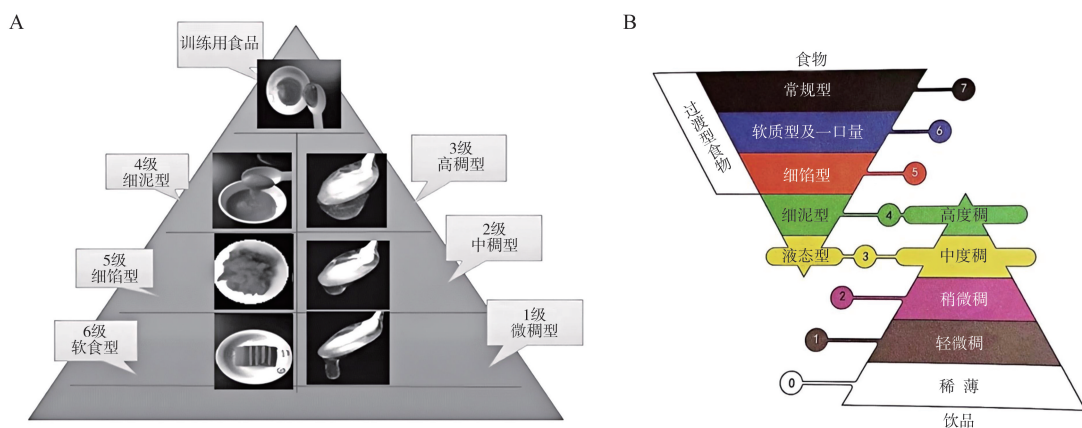


图1 吞咽障碍食品分级

A: 针对吞咽障碍患者制定的食品分级金字塔,2019版《吞咽障碍膳食营养管理中国专家共识》;B: 国际吞咽困难饮食标准化倡议中文版本框架,2016。

Figure 1 Levels of dysphagia food

A: Food grading pyramid for patients with dysphagia, "Chinese Expert Consensus on Dietary Nutritional Management of Dysphagia", 2019 version; B: International dysphagia diet standardization initiative, 2016 Chinese version.

2 多糖在吞咽障碍食品中的应用

多糖是多个单糖由糖苷键连接组成的结构复杂庞大的高分子碳水化合物。多糖大多存在于高等植物体内,在藻类和动物体内也很常见^[20]。多糖应用在吞咽障碍食品中时,具有安全高效、方便快捷、稳定性强等特点,市场前景广阔^[21]。通过多糖基增稠剂的添加,与流体食品中的水分子相互作用形成稳定的三维网络结构,从而改变流体食品的黏度,能够为患者预留充裕的时间吞咽,打开进食通道关闭呼吸通道,避免呛食。市售的吞咽障碍食品的多糖基增稠剂主要包括两大类:胶基增稠剂和改性淀粉基增稠剂。不同之处在于,胶基增稠剂如黄原胶增稠主要依靠溶解时的羟基与水形成的网状结构,而改性淀粉基增稠剂主要依靠淀粉在液体中的膨胀糊化^[22]。

2.1 胶基增稠剂

2.1.1 黄原胶

黄原胶是商业上使用最广泛的微生物多糖,由 2β -(1 \rightarrow 4)-D-吡喃葡萄糖葡聚糖骨架和交替残基上的(1 \rightarrow 3)- α -D-吡喃甘露糖-(2 \rightarrow 1)- β -D-葡萄糖醛酸-(4 \rightarrow 1)- β -D-吡喃甘露糖侧链组成,如图 2A 所示。黄原胶具有黏度高、水合性好、口感爽滑,对淀粉酶、温度、pH 不敏感等特性^[23]。黄原胶在饮料生产中能够发挥稳定剂的作用,在果冻生产中能够增强果冻的口感和持水性^[24]。全上颌骨切除手术后食用黄原胶液体增稠剂的实验组患者与未食对照组患者相比,实验组的 FOSS、MDADI、ICW 等指标评分明显高于对照组,这表明术后使用增稠剂有助于维持细胞内水、细胞外水和全身水,改善了患者的生活质量,吞咽能力得到了提高^[25]。以老年脑卒中吞咽障碍患者为对象的研究中发现,食物中含有黄原胶增稠剂的观察组与只进行常规治疗的对照组相比,观察组误吸程度评分、体质量等指标显著提升,总有效率提高 12.5% ($P < 0.05$),这表明食用添加黄原胶的补充剂能够显著改善患者吞咽功能和营养状况^[26]。此外,根据多糖不同的流变特性可以选择黄原胶增稠剂与其他多糖进行复配,来开发吞咽障碍食品,满足不同人群的需要。黄原胶和瓜尔豆胶复配体系具有独特的流变特性,开发的胶基增稠剂具有 pH 和热稳定性强的特点,在蛋白热饮中表观黏度高于 59.74 mPa·s,属于低稠度液体,适合轻度吞咽障碍人群食用^[27]。

2.1.2 卡拉胶

卡拉胶是一种从海藻中提取的多糖,由半乳糖和葡萄糖苷单位的线性聚合物链组成。半乳糖单位上的硫酸盐酯基团的数量和位置决定了卡拉胶可以形成黏性液体、弱凝胶或是强凝胶,根据酯硫酸盐基团和 3,6-脱水半乳糖分布的不同,可以把卡拉胶分为 k-卡拉胶, λ -卡拉胶和 ι -卡拉胶等,图 2B 是 k-卡拉胶和 ι -卡拉胶的结构式。卡拉胶常应用在乳制品的制作中来提高黏度,如鲜奶油、冰淇淋或可挤压酸奶^[28]。卡拉胶是凝胶型多糖的一种,卡拉胶制成的凝胶富有弹性,保水性、增稠性强,在低温时可以形成热可逆凝胶。使用脱脂奶粉、木薯淀粉和 k-卡拉胶制作 3D 打印凝胶,与干热处理的木薯淀粉相比, k-卡拉胶在凝胶质构改变上占据了主要因素,0.3% 卡拉胶对凝胶质地影响最大, k-卡拉胶的加入使得牛奶基凝胶适合吞咽障碍人群食用且不会影响人体对食物中矿物质的消化吸收^[29]。使用 3 种多糖(琼脂、卡拉胶和明胶)制备不同硬度的软香蕉凝胶甜品,三种多糖制备的凝胶甜品的流变学参数 δ 值均在 0.1~1.0 安全吞咽范围,均符合吞咽障碍食品的要求,没有发生窒息的危险^[30]。向 LRS(莲藕淀粉)中掺入卡拉胶可提高 LRS/卡拉胶二元水凝胶的黏弹性、表观黏度,还使得 LRS 水凝胶更容易变形,这可能有助于人体的咀嚼和吞咽。根据 IDDSI 测试,LRS/卡拉胶二元水凝胶被划分为第 4 级,属于吞咽障碍食品^[31]。然而,卡拉胶作为食品增稠剂时有一定的缺陷。将卡拉胶增稠剂加入到胡萝卜泥中,制作的胡萝卜泥的结构非常坚硬,容易碎裂,强而脆的凝胶结构会导致食物难以吞咽。因此,不能够作为吞咽障碍食品^[32]。

2.1.3 海藻酸钠

海藻酸钠是一种从褐藻类或马尾藻中提取的多糖,由 β -D-甘露糖醛酸(β -D-mannuronic, M)和 α -L-古洛糖醛酸(α -L-guluronic, G)按照 1-4 糖苷键连接单元组成的线性聚阴离子共聚物,海藻酸钠结构式如图 2C 所示。海藻酸盐是一种安全的、天然、低成本的食品成分,天然存在的每个成分残基中具有羧基的多糖。如图 3 所示,海藻酸钠分子结构中含有大量的羧基,对 Ca^{2+} 等具有较强的结合能力,正常情况下一个 Ca^{2+} 与相邻多糖链中解离的羧基之间的离子交联,形成稳定的“蛋-盒模型”三维网络结构^[33]。海藻酸钠是热不可逆性凝胶,在低浓度

时就有较高的黏度,可作为啤酒、饮料的稳定剂,也能在乳制品中发挥乳化剂的功能,具有稳定性好、低热、口感好的特点。 Ca^{2+} -海藻酸钠交联可延缓食物进入咽部并延长其在口腔的停留时间。此外,海藻酸钠可在胃内容物表面形成泡沫状凝胶,保护食管和上呼吸道黏膜免受酸性物质反流的破坏。因此,采用海藻酸钠增稠是常用于胃反流治疗和吞咽障碍患者营养支持的有效手段^[34]。在经过超高压处理的水稻淀粉中加入海藻酸钠,能够形成质地柔软的凝胶,可用于开发新的吞咽障碍食品(IDDSI 第五级),并且拥有晶体结构,能有效防止储存过程中发生过度硬化现象^[35]。

2.2 改性淀粉基增稠剂

改性淀粉基增稠剂通常是玉米淀粉、木薯淀粉、芋头淀粉、麦芽糊精等通过糊化工艺获得,抗性淀粉结构式如图 2D 所示。预糊化淀粉具有成本低、对环境不敏感、吸水保水能力强、黏弹性高等特点,能够起到增稠、稳定、改善口感等作用^[36]。改性淀粉可以作为焙烤食品,改善饮料、糖果、肉制品、乳制品等的口感,延长保质期。三种液体(蒸馏水、运动饮料和橙汁)在添加改性木薯淀粉后,所有的增稠液体均具有良好的流变和质构特性。但传统加工获得的改性淀粉往往存在淀粉

味,而且经长时间搅拌和加热可能出现回生,其质地呈颗粒状或浆状,且外观浑浊,导致消费者接受程度较低^[37]。在含有 20%~30% 水的乙醇中加热玉米淀粉(20%, 160 °C~175 °C, 2~5 min),可以获得颗粒状冷水膨胀性玉米淀粉,增稠效果显著提高^[38]。以预糊化淀粉为主要原料制备的增稠剂(3.0 g/包),增稠后食品每次稠度提升仅需 0.5 包增稠剂,并且食品的硬度、黏度等质构特性提升明显。预糊化淀粉增稠剂用量小、成本低;受 pH、离子强度、蛋白质含量等因素的影响不显著^[39]。此外,与胶基增稠剂不同,淀粉类增稠剂的黏度会受到唾液和 pH 值的影响,口腔中的唾液淀粉酶会使得淀粉转化为麦芽糖,提高食品的黏度同时还会使得食物变稀薄,反而增加了吞咽障碍患者发生误吸的风险^[40]。因此,为了确保安全,淀粉常与其他多糖增稠剂复配使用。使用视频透视吞咽造影(Videofluoroscopic swallowing study, VFSS) 技术评估由黄原胶和改性淀粉配制的新型增稠剂对吞咽障碍患者的治疗效果,使用新型增稠剂的安全吞咽的剪切黏度范围为 250~1 000 mPa·s,在老年人群、帕金森病和中风患者中治疗效果很好。该新型增稠剂不会增加咽部残留物,且黏度不受 α -淀粉酶的影响^[41]。

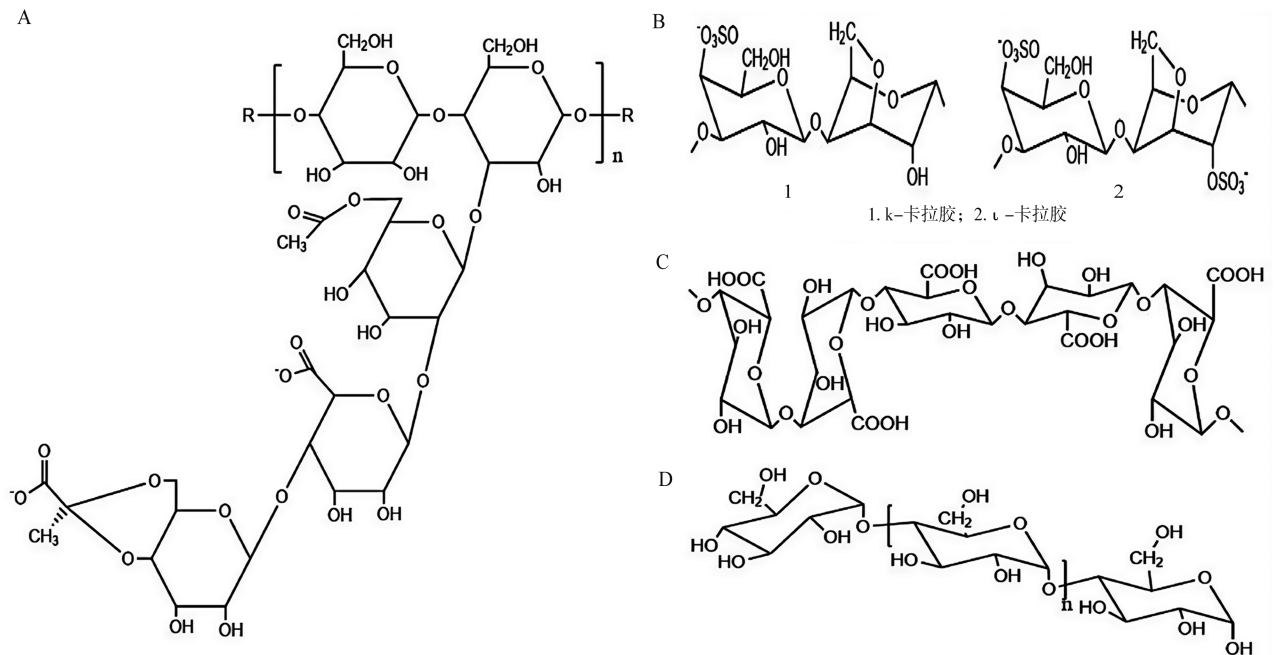
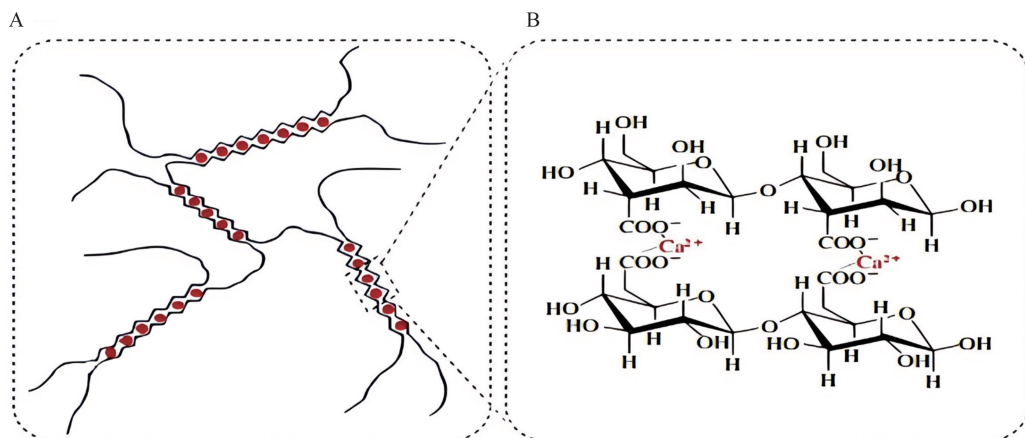


图 2 多糖结构式

A: 黄原胶结构式; B: k-卡拉胶和 ι-卡拉胶结构式; C: 海藻酸钠结构式; D: 改性淀粉结构式。

Figure 2 Structure of polysaccharides

A: Structure of xanthan gum; B: Structure of k-carrageenan and ι-carrageenan; C: Structure of sodium alginate; D: Structure of modified starch.

图3 海藻酸钠“蛋-盒模型”^[33]Figure 3 “egg-box model” of sodium alginate^[33]

3 展望

吞咽障碍会引起老年人营养不良、误吸等问题, 这些问题会造成心理上的严重影响, 显著降低了生活质量。调整食物的质地和性状是确保吞咽障碍患者能够安全、有效进食的重要条件。多糖基增稠剂来源广泛、绿色安全, 可以根据其特性来调节食品黏度, 满足老年人的进食需求。随着食品行业的发展和老龄化程度加深, 吞咽障碍食品得到了国内外专家学者的高度重视, 多糖基增稠剂在临床上使用日益广泛。然而, 目前我国对吞咽障碍食品的研究还在起步阶段, 市场上专供吞咽障碍患者食用的多糖基增稠剂种类较少, 主要是由于多糖结构复杂、食品种类繁多、缺乏具体的实施标准导致的, 而且不同的吞咽障碍症状并不能通过在食物中添加一种或几种多糖增稠剂完美解决, 迫切需要开发新型多糖基增稠剂来满足不同吞咽障碍人群的需求。此外, 无论是黄原胶、卡拉胶、海藻酸钠和改性淀粉都因其独特的性质, 造成多糖增稠剂在应用场景和方案设计等方面大相径庭。因此, 需要对多糖增稠剂的使用条件进行进一步研究, 并通过对多糖浓度、离子、温度或 pH 值等因素的调控来优化多糖的结构, 阐明加工过程中多糖间及与其他营养组分(蛋白、脂肪、矿物质和维生素)的互作机制, 创制出种类丰富、营养全面、安全稳定, 且满足老年吞咽障碍患者需求的高品质产品。

参考文献:

[1] 董梦晗, 王旭莲, 刘倩, 等. 老年特殊食品的研究现状与设计策略[J]. 中国食品学报, 2023, 23(12): 349-

361. doi:10.16429/j.1009-7848.2023.12.035.

DONG Menghan, WANG Xulian, LIU Qian, et al. Research status and design strategy of special food for the elderly[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2023, 23(12): 349-361. doi:10.16429/j.1009-7848.2023.12.035.

[2] 刘雅鑫, 蒋运兰, 黄孝星, 等. 中国老年人吞咽障碍患病率的 Meta 分析[J]. 中国全科医学, 2023, 26(12): 1496-1502, 1512. doi:10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0639.

LIU Yaxin, JIANG Yunlan, HUANG Xiaoxing, et al. The prevalence of dysphagia among Chinese older adults: a meta-analysis[J]. Chinese General Practice, 2023, 26(12): 1496-1502, 1512. doi:10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0639.

[3] 中国康复医学会吞咽障碍康复专业委员会. 中国吞咽障碍康复管理指南(2023版)[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2023, 45(12): 1057-1072.

[4] Abu-Ghanem S, Chen S, Amin MR. Oropharyngeal dysphagia in the elderly: evaluation and prevalence[J]. Curr Otorhinolaryngol Rep, 2020, 8(1): 34-42.

[5] 中国吞咽障碍膳食营养管理专家共识组. 吞咽障碍膳食营养管理中国专家共识(2019版)[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2019, 41(12): 881-888.

[6] Liu SH, Qiao DL, Cheng ZH, et al. Towards designing dysphagia foods: recent advances in influencing factors and computer modeling for the swallowing of thickened fluids[J]. Trends Food Sci Technol, 2023, 137: 17-30. doi:10.1016/j.tifs.2023.05.008.

[7] Vieira JM, Oliveira FD Jr, Salvaro DB, et al. Rheology and soft tribology of thickened dispersions aiming the development of oropharyngeal dysphagia-oriented products[J]. Curr Res Food Sci, 2020, 3: 19-29. doi:10.1016/j.cfrs.2020.02.001.

[8] Funami T, Ishihara S, Nakauma M, et al. Texture design

- for products using food hydrocolloids [J]. *Food Hydrocoll*, 2012, 26(2): 412-420.
- [9] Martínez O, Vicente MS, De Vega MC, et al. Sensory perception and flow properties of dysphagia thickening formulas with different composition [J]. *Food Hydrocoll*, 2019, 90: 508-514. doi:10.1016/j.foodhyd.2018.12.045.
- [10] Hou YJ, Zhao JY, Yin JY, et al. The synergistic gelation of *Dendrobium officinale* polysaccharide (Dendronans) with xanthan gum and its rheological and texture properties [J]. *Food Hydrocoll*, 2023, 141: 108674. doi:10.1016/j.foodhyd.2023.108674.
- [11] Vieira JM, Mantovani RA, Raposo MFJ, et al. Effect of extraction temperature on rheological behavior and antioxidant capacity of flaxseed gum [J]. *Carbohydr Polym*, 2019, 213: 217-227. doi: 10.1016/j.carbpol.2019.02.078.
- [12] Torres O, Yamada A, Rigby NM, et al. Gellan gum; a new member in the dysphagia thickener family [J]. *Bio-tribology*, 2019, 17: 8-18. doi: 10.1016/j.biotri.2019.02.002.
- [13] Sopade PA, Halley PJ, Cichero JAY, et al. Rheological characterization of food thickeners marketed in Australia in various media for the management of dysphagia. III. Fruit juice as a dispersing medium [J]. *J Food Eng*, 2008, 84(4): 553-562.
- [14] Moret-Tatay A, Rodríguez-García J, Martí-Bonmatí E, et al. Commercial thickeners used by patients with dysphagia: Rheological and structural behaviour in different food matrices [J]. *Food Hydrocoll*, 2015, 51: 318-326. doi:10.1016/j.foodhyd.2015.05.019.
- [15] McCallum SL. The National Dysphagia Diet: implementation at a regional rehabilitation center and hospital system [J]. *J Am Diet Assoc*, 2003, 103(3): 381-384. doi:10.1053/jada.2003.50074.
- [16] Schmidt H, Komerowski MR, Steemburgo T, et al. Influence of thickening agents on rheological properties and sensory attributes of dysphagic diet [J]. *J Texture Stud*, 2021, 52(5/6): 587-602. doi:10.1111/jtxs.12596.
- [17] Yang Y, Xu J, Sang TT, et al. A review and evidence based recommendations on starch- and gum-based thickeners for dysphagic patients [J]. *J Food Meas Charact*, 2022, 16(4): 3140-3152. doi: 10.1007/s11694-022-01418-x.
- [18] Dysphagia Diet Committee of the Japanese Society of Dysphagia Rehabilitation, Kayashita J, Fujishima I, et al. The Japanese dysphagia diet of 2021 by the Japanese society of dysphagia rehabilitation [J]. *Jpn J Compr Rehabil Sci*, 2022, 13: 64-77. doi:10.11336/jjcrs.13.64.
- [19] Cichero JA, Lam P, Steele CM, et al. Development of international terminology and definitions for texture-modified foods and thickened fluids used in dysphagia management: the IDDSI framework [J]. *Dysphagia*, 2017, 32(2): 293-314.
- [20] 黄远标. 多糖在食品工业中的应用现状 [J]. *现代食品*, 2017, 7(14): 23-25.
HUANG Yuanbiao. Application status of polysaccharide in food industry [J]. *Mod Food*, 2017, 7(14): 23-25.
- [21] 王子朝, 郑欣欣, 余晓雪, 等. 多糖对食品物性及功能影响的研究进展 [J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2023, 44(1): 126-134.
WANG Zichao, ZHENG Xinxin, YU Xiaoxue, et al. Research progress on the effect of polysaccharide on physical property and function of food [J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2023, 44(1): 126-134.
- [22] 钟磊, 吴柳拿, 周烈, 等. 吞咽障碍者增稠流体食品流变学研究进展 [J]. *食品科学*, 2018, 39(1): 313-319.
ZHONG Lei, WU Liuna, ZHOU Lie, et al. Progress in rheology of thickened liquid foods for dysphagic patients [J]. *Food Science*, 2018, 39(1): 313-319.
- [23] Cho HM, Yoo B. Rheological characteristics of cold thickened beverages containing xanthan gum-based food thickeners used for dysphagia diets [J]. *J Acad Nutr Diet*, 2015, 115(1): 106-111.
- [24] 张丽静, 王远亮, 王传花. 黄原胶在食品工业中的应用 [J]. *农产品加工(下半月)*, 2020(11): 77-79.
- [25] Sezgin B, Durusoy D, Demirci MS, et al. The effect of "xanthan gum-based fluid thickener" on hydration, swallowing functions and nutritional status in total maxillectomy patients [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2018, 275(12): 2997-3005.
- [26] 孙彦君, 张静, 乔冉冉, 等. 黄原胶类增稠剂对老年脑卒中后吞咽功能障碍的临床研究 [J]. *中华保健医学杂志*, 2021, 23(4): 362-365.
SUN Yanjun, ZHANG Jing, QIAO Ranran, et al. Clinical study of xanthan gum thickener on dysphagia after stroke in elderly patients [J]. *Chinese Journal of Health Care and Medicine*, 2021, 23(4): 362-365.
- [27] 颜准, 谭荣华, 艾连中, 等. 溶液环境对吞咽障碍食品胶基增稠剂流变学性质的影响 [J]. *食品与发酵工业*, 2022, 48(19): 99-107.
YAN Zhun, TAN Ronghua, AI Lianzhong, et al. The effect of solution environment on the rheological properties of gum-based thickener for dysphagia [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2022, 48(19): 99-107.
- [28] Błaszak BB, Gozdecka G, Shyichuk A. Carrageenan as a functional additive in the production of cheese and cheese-like products [J]. *Acta Sci Pol Technol Aliment*, 2018, 17(2): 107-116.
- [29] Bitencourt BS, Guedes JS, Saliba ASMC, et al. Mineral

- bioaccessibility in 3D printed gels based on milk/starch/ κ -carrageenan for dysphagic people[J]. *Food Res Int*, 2023, 170: 113010. doi: 10.1016/j.foodres.2023.113010.
- [30] Suebsaen K, Suksatit B, Kanha N, et al. Instrumental characterization of banana dessert gels for the elderly with dysphagia[J]. *Food Biosci*, 2019, 32: 100477. doi:10.1016/j.fbio.2019.100477.
- [31] Jiang XY, Li L, Yan JN, et al. Binary hydrogels constructed from lotus rhizome starch and different types of carrageenan for dysphagia management: Nonlinear rheological behaviors and structural characteristics[J]. *Food Chem X*, 2024, 22: 101466. doi:10.1016/j.fochx.2024.101466.
- [32] Sharma M, Kristo E, Corredig M, et al. Effect of hydrocolloid type on texture of pureed carrots: Rheological and sensory measures[J]. *Food Hydrocoll*, 2017, 63: 478-487. doi:10.1016/j.foodhyd.2016.09.040.
- [33] 李秀秀, 尚静, 杨曦, 等. 多糖的增稠、胶凝及乳化特性研究进展[J]. *食品科学*, 2021(15): 300-308.
LI Xiuxiu, SHANG Jing, YANG Xi, et al. A Review on Thickening, Gelling and Emulsifying Properties of Polysaccharides. [J]. *Food Sci*, 2021(15): 300-308.
- [34] Laguna L, Sarkar A. Influence of mixed gel structuring with different degrees of matrix inhomogeneity on oral residence time[J]. *Food Hydrocoll*, 2016, 61: 286-299. doi:10.1016/j.foodhyd.2016.05.014.
- [35] Rivero-Ramos P, Valdez MI, Sanz T, et al. Rice starch-alginate systems gelatinised by high hydrostatic pressure (HHP) as dysphagia-oriented matrices[J]. *Food Hydrocoll*, 2024, 151: 109793. doi:10.1016/j.foodhyd.2024.109793.
- [36] Chakraborty I, Pooja N, Mal SS, et al. An Insight into the Gelatinization Properties Influencing the Modified Starches Used in Food Industry: a review[J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2022, 15(6): 1195-1223. doi: 10.1007/s11947-022-02761-z.
- [37] Yang HW, Lin Y. Effect of thermal processing on flow properties and stability of thickened fluid matrices formulated by tapioca starch, hydroxyl distarch phosphate (E-1442), and xanthan gum associating dysphagia-friendly potential[J]. *Polymers*, 2021, 13(1): 162. doi:10.3390/polym13010162.
- [38] Methacanon P, Gamonpilas C, Kongjaroen A, et al. Food polysaccharides and roles of rheology and tribology in rational design of thickened liquids for oropharyngeal dysphagia: a review[J]. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 2021, 20(4). doi:10.1111/1541-4337.12791.
- [39] 李晓敏, 董阳, 陈云, 等. 黄原胶及预糊化淀粉在老年吞咽助剂中的应用研究[J]. *中国食品添加剂*, 2023, 34(11): 139-144.
LI Xiaomin, DONG Yang, CHEN Yun, et al. Application of xanthan gum and pre-gelatinized starch in swallowing aids for Elders[J]. *China Food Additives*, 2023, 34(11): 139-144.
- [40] Liu T, Zheng JH, Du J, et al. Food processing and nutrition strategies for improving the health of elderly people with dysphagia: a review of recent developments[J]. *Foods*, 2024, 13(2): 215. doi:10.3390/foods13020215.
- [41] Ortega O, Bolívar-Prados M, Arreola V, et al. Therapeutic effect, rheological properties and α -amylase resistance of a new mixed starch and xanthan gum thickener on four different phenotypes of patients with oropharyngeal dysphagia[J]. *Nutrients*, 2020, 12(6): 1873. doi: 10.3390/nu12061873.

(编辑:李伟)