

## 特殊人群的饮食能力与特殊食品的质构设计

刘倩, 陈勇\*, 陈建设

(浙江工商大学食品与生物工程学院 食品口腔加工实验室 杭州 310018)

**摘要** 特殊人群由于个体的生理能力和营养需求不同于普通人群,在进食过程中可能会出现呛咳、窒息等饮食风险。饮食能力的精确评估不仅对特殊人群的膳食指导有重要意义,而且对食品工业研发特殊食品和质构设计有重要参考价值。然而,目前针对特殊人群的饮食能力评估尚无系统方法,导致无法根据特殊人群的饮食能力进行特殊食品质构等级的详细划分,从而严重阻碍了特殊食品的发展。鉴于此,本文详细分析特殊人群可能存在的饮食风险,提出特殊人群饮食安全的概念,重点综述国内外针对饮食能力的评估方法,为特殊食品的质构设计以及建立质构标准提供参考。

**关键词** 食品质构; 饮食能力; 饮食安全; 特殊人群; 特殊食品

**文章编号** 1009-7848(2023)02-0422-12 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2023.02.040

特殊人群饮食的安全风险,具体表现为特殊人群的饮食能力与食品质构特性的不匹配,容易导致进食过程发生呛咳、误吸,甚至窒息等饮食安全问题,且在婴幼儿、老年人以及术后康复病人中频发。这一方面由于特殊人群在饮食能力上存在缺陷或尚未发育完全,导致无法正常、有效地处理食品,使其达到可安全吞咽的状态;另一方面,针对特殊人群的饮食能力设计符合其质构需求的特殊食品也严重匮乏。本文依据口腔生理学和食品物理学原理,从特殊人群饮食的安全风险、特殊人群的饮食能力及其评测方法以及特殊食品的质构设计 3 个方面展开论述,着重阐述特殊人群饮食能力及其评价方法,阐明饮食能力与食品质构的关系,为特殊食品的质构设计提供参考。

### 1 特殊人群饮食的安全风险

传统的食品安全问题研究主要是基于“食品”的材料学特性,在食品成分、结构以及食品加工、储藏方式等方面开展科学研究,研究食品从生产到消费整个过程可能存在的生物、物理、化学等食品安全风险,以保障消费者的身体健康和生命安全。2009年,Chen<sup>[1]</sup>首次提出的食品口腔加工概念,强调了饮食过程中口腔生理功能的重要性。

2015年,Laguna等<sup>[2]</sup>进一步提出了“饮食能力”的概念,用于表达在处理 and 享用食物过程中身体、生理和认知方面的综合能力表现,以达到量化测量个体在食品处理和口腔加工中的能力。研究表明,特殊人群由于个体的生理能力和营养需求不同于普通人群,在进食过程中可能会出现呛咳窒息等饮食风险<sup>[3]</sup>。

#### 1.1 婴幼儿的饮食安全

婴幼儿的口腔以及消化道尚未发育完全,在进食过程存在饮食风险,特别是高危早产儿,由于其面临呼吸衰竭、肺出血及败血症等健康风险,可直接或间接地导致婴儿在喂养的过程中出现无法进食的问题<sup>[4]</sup>。据统计,正常出生的婴幼儿发生喂养和吞咽困难的概率为 25%~54%,而发育异常的高危早产儿的出现喂养困难的概率高达 80%,并且概率持续攀升<sup>[5]</sup>。因此,针对婴幼儿的饮食安全需要提供合适的喂养指导,从传统的医疗照顾模式到以婴幼儿为主导的喂养模式,例如根据以婴幼儿为主导的喂养量表<sup>[6]</sup>来判断其进食行为,进而采用合理的喂养模式,以降低婴幼儿的饮食安全风险。

#### 1.2 老年人群的饮食安全

根据我国最新的人口普查数据,60岁及以上的老年人口高达 2.6 亿,占总人口的 18.7%,预测 2050 年我国老年人口将会达到 4.98 亿<sup>[7]</sup>。目前各国人口老龄化现象十分严峻,老年人受到牙齿脱落,咬合力下降,唾液分泌量减少,口腔面部肌肉

收稿日期: 2022-04-10

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(32001830)

第一作者: 刘倩,女,硕士

通信作者: 陈勇 E-mail: chenrong@zjgsu.edu.cn

力量的不足,肌肉束之间协调协同能力下降等因素的影响<sup>[8]</sup>,在其进食过程中可能会出现呛食、噎食的现象,甚至会导致吸入性肺炎等,严重影响老年人群身心健康。研究表明,养老院老年人吞咽障碍的发生率高达 32.5%,且发生率与老年人的年龄有显著的正相关性<sup>[9]</sup>。此外,通过对居家老年人进行调查,发现居家老年人群中发生吞咽障碍的概率亦达到 10.63%<sup>[10]</sup>。因此,老年人群的饮食能力衰退过程带来的饮食风险应当引起足够重视。

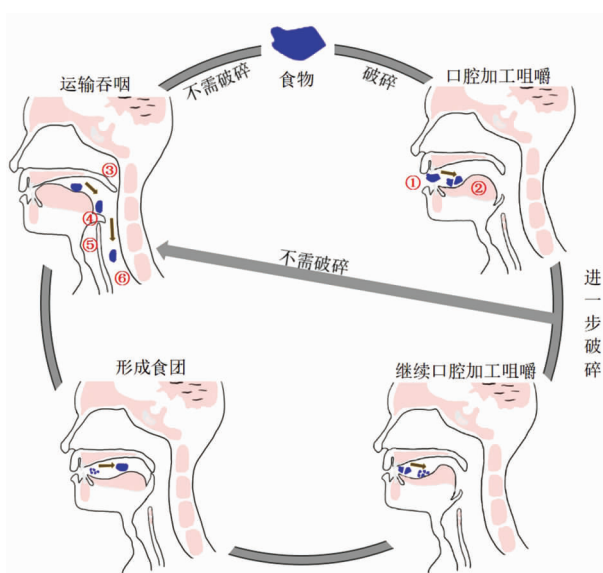
### 1.3 吞咽障碍人群的饮食安全

由于疾病(脑卒中和老年痴呆)或术后(口咽部癌症),导致进食受限的人群存在严重的饮食安全风险。据统计,在国外脑卒中引起吞咽障碍的发生率为 37%~78%<sup>[11]</sup>,而在国内一般为 26%~65%<sup>[12]</sup>。吞咽障碍患者饮食过程面临的主要风险是吸入和窒息,吸入是由食物残渣意外进入喉管引起的,窒息是由于吞咽的食团过大,大食物颗粒堵塞气道引起导致窒息等致命后果。对于术后康复人群,进食严重受限,基本上只能通过插管的方式摄入营养。此外,术后康复人群由于身体虚弱,生理机能尚未完全恢复,进食受限的同时,心理上 also 面临较大的健康问题。Shimizu 等<sup>[13]</sup>从心理健康角度出发对因各种疾病居住在医院并且处于康复中的老年人进行调查,发现食物质构的改变可在一定程度上提升患者术后的进食愉悦感,非常规饮食过程严重影响康复人群对食物的享受。特殊人群长期存在的饮食安全风险,会造成食品摄入减少,营养弱化,体重降低等生理现象,亦会造成情绪低落,不愿参加社交活动,以至产生严重的心理健康风险。

## 2 特殊人群的饮食能力及其评测

“食品口腔加工”概念的提出,把看似简单的饮食过程扩展为第一口咀嚼至吞咽的系列口腔行为,成为涉及到食品物理学、口腔生理学、感官心理学、大脑神经科学等多学科交叉研究<sup>[1]</sup>。饮食能力是保障饮食安全的必要条件,Laguna 等<sup>[2]</sup>将饮食能力系统性的概括为 4 个可量化的参数:食品体外操控(手动能力)、口腔加工能力、感官能力以及认知能力,其中口腔加工是特殊人群饮食能力研究的重点。食物的口腔加工主要涉及到口腔面部

肌肉、嘴唇、脸颊、牙齿、舌头和上颚的协调运动,并受到中枢神经系统的严密控制,从而产生有效的咀嚼运动<sup>[14]</sup>。其过程(图 1)涉及嘴唇、牙齿、唾液分泌、舌头以及其它口腔肌肉的相互合作,研究表明,除了牙齿状况,咬合力、舌肌力和唇封力均是影响口腔操纵能力的关键因素<sup>[15]</sup>。因此,采用适当的方法或仪器来测量个体的饮食能力生理参数,从而对其饮食能力进行评估,尤其是在老年人饮食能力的研究中,可尽早发现其存在的吞咽障碍风险,减少呛食、噎食的发生,保障老年人的饮食安全。



注:①代表牙齿破碎;②代表舌头;③代表软腭(吞咽时提高软腭,封闭呼吸道);④代表会厌(吞咽时倾斜会厌,封闭气管);⑤代表气管;⑥代表食道。

图 1 口腔加工示意图<sup>[16]</sup>

Fig.1 Schematic diagram of oral processing<sup>[16]</sup>

### 2.1 咬合力

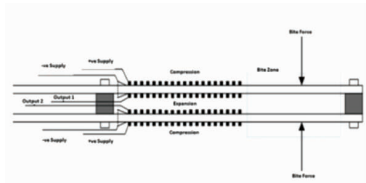
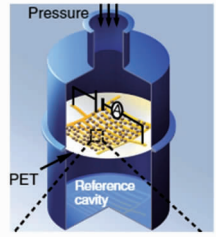

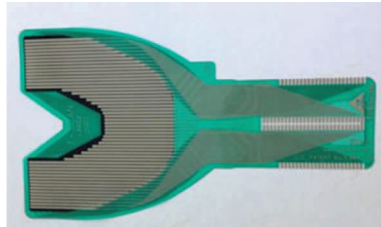
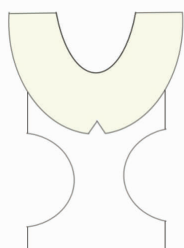
咀嚼在进食过程中对食物的破碎起着重要作用,咀嚼能力受损严重影响个体的饮食能力,进而影响饮食过程的感官愉悦,甚至导致营养不良。研究指出,牙齿状况以及咬合力是影响老年人进食困难的主要因素,由于牙齿的脱落或松动,造成老年人无法咀嚼质地较硬的食物或延长了食物的咀嚼时间,导致进食量减少,最终导致营养不良<sup>[15]</sup>。因此,咬合力的测量在饮食能力评估中具有重要意义,而选择合适的测量方法/装置是精确测量的

关键。本文根据已报道的文献,将咬合力的测量方法及其原理总结于表1,其中由薄膜制成的传感

器例如 Flexiforce 在测量咬合力时具有较优的抗干扰特性,是目前较为常用的咬合力测量传感器。

表1 咬合力测量方法及其原理

Table 1 Bite force measurement method and principle

类型	原理图	设备	优点	应用
应变传感器		Dentoforce2 <sup>[17]</sup> IDDK <sup>[18]</sup>	小体积 轻质量 强适应 高精度 高灵敏度 大测量范围	Garcia 等 <sup>[18]</sup> 研究唇腭裂儿童咬合力
压阻传感器		FSR151 <sup>[19]</sup> Flexiforce <sup>[20]</sup>	低成本 轻质量 传感器薄 高灵敏度	Furlan 等 <sup>[19]</sup> 研究颅面形状不同的女性最大咬合力
压力传感器		GM10 <sup>[21]</sup>	便携 安全性高 咬合元件柔软	Iwasaki 等 <sup>[22]</sup> 研究咬合力和衰老的关系
压电式传感器		T scan <sup>[23]</sup>	高精确性 定量测定 传感器超薄 咬合元件柔软	Serdar 等 <sup>[24]</sup> 研究咬合力分析对颞下颌关节疾病的应用
压力感应薄膜		Dental Prescale <sup>[25]</sup>	低干扰 传感器薄 咬合位置精确	Hasan 等 <sup>[26]</sup> 对比无牙和种植义齿患者的咬合力

## 2.2 舌肌力

舌头具有很强的灵活度,在口腔加工过程起到操纵和运输食物的机械作用,在形成可吞咽食团中发挥重要作用<sup>[27]</sup>。舌肌力是评估饮食能力的主要指标之一,可通过测量舌腭挤压气囊传感器所产生的压力值来定量表示。爱荷华口腔测试仪

器(IOPI 舌压仪),是最早用于舌肌力测量的商业产品(图2a)。随后开发出了一款与 IOPI 相似的装置——JMS 自动增压系统(图2b)。Yoshikawa 等<sup>[28]</sup>通过对比分析发现 IOPI 测量的最大舌压值要显著大于 JMS 测得的结果,究其原因可能与气囊形状有关<sup>[28]</sup>。在最新的研究中,Liu 等<sup>[29]</sup>基于气囊压力

传感器设计的新型舌压测量仪(TPWA),采用可视化界面和蓝牙功能可调节和准确定位气囊位置(如图 2c),弥补了 IOPI 和 JMS 存在的气囊球移位的问题。然而,上述装置均存在测试装置较大,在一定程度上影响舌头的活动以及舒适度的问题。传感器片(图 2d)由 5 个测量点组成,这些测量点用义齿黏附片直接附着在上腭黏膜上,由于传感片极薄,对舌头的运动以及进食影响较小,可用于测量咀嚼和吞咽过程的舌压变化以及舌头的运动情况<sup>[30]</sup>。舌压测量原理基本都是利用压力传感器,使液体或气体压力转换为电信号输出。Wang 等<sup>[31]</sup>采用压阻式传感器设计了一款微型舌压仪(图 2e),但测量稳定性有待考究,后续需通过优化结构,设计更小体积和高精度的传感器。

### 2.3 唇封力

嘴唇在摄取食物后的咀嚼和吞咽过程中起着关键作用。例如,在正常咀嚼时,口腔内的压力升高,需要通过封闭嘴唇防止下颌骨向下运动时食物从口腔漏出,而且在吞咽时要保持嘴唇紧密闭合。研究表明,唇压较低可能会导致进食过程中噎食的情况<sup>[32]</sup>。Trotman 等<sup>[33]</sup>研究指出唇封力可通过上、下唇的闭合力大小来衡量。唇封力的测定广泛应用于唇裂手术和正颌外科术后恢复情况观察,而随着食品口腔加工研究的发展,唇封力的测试也被应用于评估饮食能力。目前已有的唇封力测量设备和方法以及应用见表 2 所述。

### 2.4 咀嚼能力

良好的咀嚼功能不仅对固体食物的充分破碎十分重要,且是安全吞咽的重要保障。“咀嚼能力”,被定义为个体感知或主观评估的咀嚼功能<sup>[37]</sup>。咀嚼能力通常采用问卷的形式进行评估和量化,达到咀嚼障碍筛查或食物摄取能力的分析。目前已有的咀嚼能力主观评估方法见表 3。咀嚼功能的主观评价是一种非客观的测量手段,主要从患者自身心理上对咀嚼过程的感知和适应的角度出发,节省评估咀嚼功能的成本和时间。然而,该方法存在一定的局限性,由于问卷设计的强制性,导致其回答在受试者之间可能不存在显著性差异,此外,需考虑在不同的国家和不同的社会经济背景下设计适合的特定食物类型的问卷。

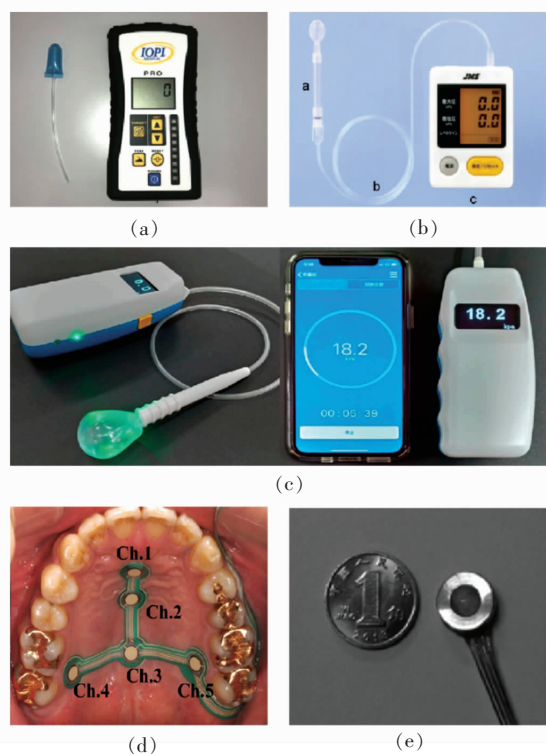


图 2 舌压测量方法<sup>[28-31]</sup>

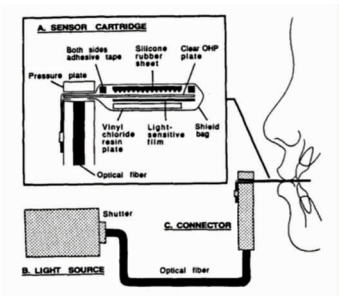
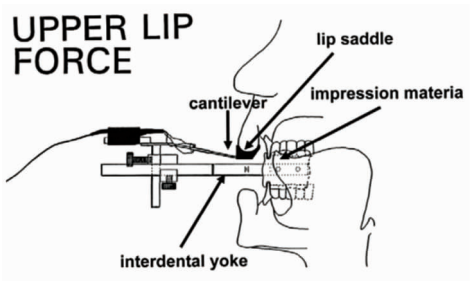

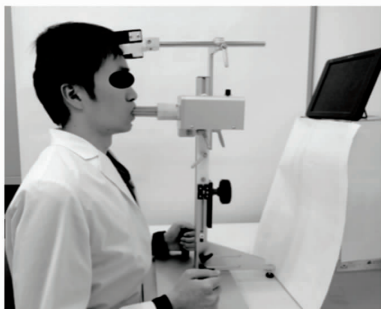
Fig.2 Tongue pressure measurement method<sup>[28-31]</sup>

### 2.5 食团吞咽能力

吞咽是指将可吞咽食团从口腔通过口腔-咽-食道运送到胃的运输过程,其中形成可吞咽食团的关键因素已在前部分内容阐述,本节主要讲述吞咽能力的评估方法。临床研究中常使用视频透视<sup>[43]</sup>、纤维内窥镜<sup>[44]</sup>以及超声波诊断法<sup>[45]</sup>来客观评估吞咽能力。视频透视法虽可以作为吞咽形态动力学研究的参考检查,但由于其暴露在辐射之下,存在安全性问题。纤维内窥镜法是将鼻喉镜放置在口咽部深处,来实时获取进食过程的食团吞咽路径,但该方法存在的异物感会影响正常吞咽。超声波诊断法通过颈部超声扫描评估检测吸入和咽部残留物,虽对舌头以及其它肌肉的力量,还有食团的运动均不会造成影响,但是图像的获取及评估需要较长时间。此外,通过吞咽不同浓度的增稠液体判断其吞咽能力,被称为体积-黏度法(Volume-viscosity swallow test),是临床较简便的方法<sup>[46-47]</sup>。洼田饮水试验是测量吞咽能力的经典方法<sup>[48]</sup>,通过观察患者在饮水吞咽的状态进行吞咽

表2 唇封力测量设备及方法

Table 2 Lip sealing force measuring equipment and methods

研究时间/年份	设备/方法	组成	应用
1996		设备基于光学压力转换,采用3个组成部分:A.传感器墨盒,B.光源,C.连接器。	结果显示为嘴唇压力分布图像,根据图像对称性判断唇部闭合情况 <sup>[34]</sup>
2007		设备将载荷敏感的悬臂安装在牙间轭上,可测量上、下唇的强度。	结果可记录最大力,反应时间、上升时间、峰值力和目标力 <sup>[33]</sup>
2012		装置由传感器、嘴唇适配器和数字显示器组成,在传感器上装有4个应变计,并将测量值转换为负荷值(N)	通过连接至计算机相应软件,结果显示为波形,结果的最大值和最小值分别定义为唇封力的最大值和最小值 <sup>[35]</sup>
2021		装置由一个测量装置,一台控制箱和计算机组成	结果显示在连接的计算机软件上,定量测定唇部多个方向的力 <sup>[36]</sup>

能力分级,便于快速检测,但仅适用于有自主意识的人群,其结果主观性较强。

### 3 特殊食品的质构设计

#### 3.1 建立特殊食品的质构标准

特殊食品的概念起源于西方发达国家,我国

对特殊食品的设计研发起步较晚。随着我国人口老龄化问题的日趋突显,近年来特殊食品在我国的市场需求激增,尤其是康复病人和老年人群对特殊食品的需求非常大,进而得到了广泛的研究关注。研究指出,特殊食品的标准(图3)主要分为营养需求方面的标准以及质构特性需求的标

表 3 咀嚼能力主观评估方法

Table 3 Subjective evaluation method of masticatory ability

评估方法	评估内容	优点	应用范围
咀嚼功能质量评估表 (QM-FQ) <sup>[38]</sup>	问卷内容由 26 个问题组成, 评估咀嚼的频率和强度, 包括食物与咀嚼、喜好、肉类、水果和蔬菜 5 个领域	具有内在一致性 在信度和鉴别效度方面具有可接受的测量特性	评估不同人群和咀嚼/吞咽障碍的患者、义齿佩戴者等
咀嚼功能问卷评估表 (CFQ) <sup>[39]</sup>	问卷内容由 10 个问题组成, 通过咀嚼不同类型的食物, 评估咬合和咀嚼困难程度、安全性等	良好的心理测量特性	评估修复患者的咀嚼功能
老年人咀嚼功能评估表 (SMDOA) <sup>[40]</sup>	问卷内容由 9 个问题组成, 通过咀嚼变化的结果评估咀嚼功能	简单且快速 良好的精度有效性	评估老年人的咀嚼功能
摄食能力问卷评估表 (FIA) <sup>[41]</sup>	问卷内容由 25 个问题组成, 评估咀嚼不同食物的困难等级, 分为 5 个等级	简单便捷性 消除食品偏好的影响 检测咀嚼功能下降	全口义齿佩戴者咀嚼功能
国际口腔功能、残疾和健康分类 (ICF) <sup>[42]</sup>	描述人体结构, 身体功能, 活动和参与方面的功能	普遍性, 适用于所有人	适用于所有人群, 主要评估社会心理状态对口腔健康影响

准<sup>[49]</sup>。相较而言, 特殊食品应满足的营养需求已有明确规定, 而特殊食品的质构参考范围仍缺乏相应的标准。因此, 食品工业在设计开发特殊食品时

由于没有科学且合理的质构标准作为参考, 特殊食品的发展受到阻碍。

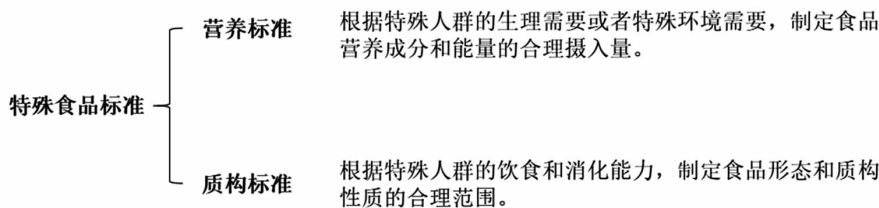


图 3 特殊食品标准主要考虑参数<sup>[49]</sup>

Fig.3 Main parameters considered in special food standards<sup>[49]</sup>

2013 年, Cichero 等<sup>[50]</sup>对比研究了不同国家使用的膳食质构分类术语的相似性和差异性, 发现不同国家对固体/液体食品质构分级存在较大差别, 多数国家都有 3~5 不同的级别, 只有少数国家对于固体和液体食物分级较为简单。例如, 澳大利亚的液体食品分类标准将其分为 4 类: 常规液体, 100 等级; 普稠型液体, 400 等级; 高稠型液体和 900 等级; 极稠型液体。瑞典只分为低稠度液体和高稠度液体。以牛奶和酸奶为例, 在澳大利亚的食

品分类标准中可以准确将其区分为常规液体和普稠型液体, 而在瑞典均统称为低稠度液体, 因此粗略的食品质构分类在某种程度上无法对特殊食品进行详细完整的描述与分类。此外, 由于质构分类术语的差异, 导致不同国家对特殊食品的质构标准不一致, 一定程度上影响了特殊食品在不同国家间的适用性。鉴于此, 2016 年国际吞咽障碍者膳食标准行动委员会 (IDDSI), 以吞咽障碍患者为主要关注的特殊人群, 制定并公布了首个适用于

吞咽障碍者的特殊食品的国际质构标准(简称IDDSI 国际标准),该标准已经过三年多的全球实践与推广。IDDSI 于2019年推出了IDDSI 质构框架2.0版<sup>[51]</sup>(图4),该框架结合各国的食品分类标准将吞咽困难饮食应分为8个级别(0~7),液体食物从0~4级别衡量,而固体食物从3~7级别衡量。一项基于IDDSI 质构框架的研究表明,4~7级的食物被认为是最适合吞咽困难患者的产品<sup>[52]</sup>。另一方面, IDDSI 框架根据吞咽障碍患者在咀嚼和吞咽过程可能出现的风险,在为其提供合理的膳食质构指导建议的同时,也为食品工业设计特殊食品提供了科学指导与理论基础。2021年2月22日,中国营养学会采纳了IDDSI 中对食物性状的检测方法,并发布了《易食食品》团体标准,以引导和规范咀嚼吞咽人群食用食品市场的发展。综上,建立科学、合理的特殊食品质构标准对研发设计特殊食品具有非常重要的指导意义,而目前我国针对特殊食品的质构标准仍需进一步研究和发

### 3.2 合理调整特殊食品的质构

虽然目前特殊食品缺乏明确的质构标准,但相关领域的专家,尤其是康复医学方面的临床医师,已在如何合理调整特殊食品质构特性方面开展了许多研究和探索,本节基于最新的研究进展,总结特殊食品质构设计的质构学依据及原则,为合理调整特殊食品的质构提供参考。

国际标准机构(International Organization for Standardization)把质构定义为:通过机械的触觉的、有时包含视觉和听觉感受到的所有有关一个产品的机械的、几何的和表面的性质特征<sup>[53]</sup>。最早用于描述材料的质地感官特性。基于质构的定义,食品质构可描述为消费者通过嗅觉、视觉、听觉等一系列方法感知食物的质地和功能性特征。对于特殊食品而言,由于质构特性直接影响到特殊人群的吞咽安全问题,使得合理调整特殊食品的质构特性对特殊人群的饮食安全具有重要意义。

Szczesniak 将食品的质构特性分为机械特性、几何特性和其它特性(表4)<sup>[54]</sup>。一般对特殊食品质构属性的修饰语主要包括:硬度、黏度、黏附性以及内聚性等<sup>[55]</sup>,特殊食品质构特性的常用术语多为软、糊状、黏等。这些性质特征也已经用于某些



图4 IDDSI 质构框架2.0版<sup>[51]</sup>

Fig.4 IDDSI texture framework version 2.0<sup>[51]</sup>

国家的特殊食品质构标准。食品质构属性的修饰语调整和细化,是合理调整/设计特殊食品质构的重要参考依据。新西兰的养老机构,根据不同老年人的身体状况合理调整膳食的质构特性已经成为一种必要的措施,该措施不仅能够保障老年人的膳食质构需求,而且能够很大程度上保证老年人的营养摄入<sup>[56]</sup>。目前国内的养老院,老年人对于膳食质构几乎没得选择,养老院提供的膳食质构单一,且通常是“就低”原则,即膳食质构的设计是以饮食能力较弱的人群为主,而无法满足饮食能力较优的老年人的膳食质构需求。

根据中国居民膳食指南,我国老年人的膳食主要分为软食,半流质和糊状3大类(表5)。对于老年人而言,不正常的咀嚼和吞咽过程使得其对食品的质构有特殊需求,主要是改善固体食物质地和液体食物的黏稠度,确保满足老年人营养需求以及饮食安全<sup>[57]</sup>。因此在开发设计特殊人群食品例如老年人食品时,需要遵循几点原则<sup>[49]</sup>:1)调整固体食物硬度以及脆性,使其适应老年人的口腔肌肉和舌肌力量达到安全咀嚼,且需要避免固体食物的颗粒过大,造成给后期的吞咽困难;2)增加液体食物的黏稠度,避免因食物流动过快造成呛食;3)减少纤维产品的应用,提高食物在口腔中的消化速度。

## 4 总结与展望

随着人口老龄化等问题日趋凸显,饮食能力

表 4 食品质构性质分类<sup>[54]</sup>Table 4 Classification of textural characteristics<sup>[54]</sup>

特性	一级表征	二级表征	常用术语
机械特性	硬度		软、硬
	内聚性	酥脆性	酥、脆、碎
		咀嚼性	软、韧、硬
		胶黏性	粉末状、糊状
	黏度		稀、稠
	弹性		塑性、弹性
	黏附性		黏的、胶黏的
几何特性	颗粒大小		砂质、颗粒感、粗粒感
	形状		纤维状、细胞状、结晶状
	方向		
其它特性	水分含量		干、湿、多水
	油脂含量	油状	油性
		油腻性	油腻

注:加粗字体为特殊食品常涉及的质构特性术语。

表 5 我国老年人膳食分类

Table 5 Dietary classification of the elderly in China

膳食分类	适合人群	描述
软食	轻度咀嚼障碍的人群	食物细软、不散、不黏,食物颗粒 $\leq 1.5\text{ cm}\times 1.5\text{ cm}$ ;容易咀嚼,或用牙龈嚼
半流质	中度咀嚼障碍或轻度吞咽困难的老年人	食物湿润有形状,即使没有牙齿也可用舌头压碎,且容易形成食团,在咽部不会分散开,容易吞咽
糊状	明显吞咽困难的老年人	食物粉碎成泥状,无需咀嚼,易吞咽;通过咽和食管时易变形且很少在口腔内残留

存在问题的特殊人群也逐渐攀升, 饮食安全风险不仅影响特殊人群的营养摄入, 也对其心理健康造成严重影响。本文提出的饮食安全概念, 并非传统食品安全领域的化学、重金属、微生物等造成的安全问题, 而是强调个体饮食能力与食品物理特性不匹配导致的饮食安全风险。特殊人群的饮食安全风险, 主要源于个体饮食能力无法正常处理普通食品, 以至于吞咽过程易出现饮食安全问题。针对特殊人群的饮食能力, 设计适合其食用的特殊食品已成为食品工业面临的新挑战和新机遇。特殊食品的质构合理设计, 关键点在于建立合理的特殊食品质构标准, 难点在于如何实现饮食能力与质构等级的合理匹配。因此, 特殊食品的开发仍需食品科学的科研工作者和食品工业的共同努力, 来保障特殊人群的饮食安全。

## 参 考 文 献

- [1] CHEN J S. Food oral processing - A review [J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(1): 1-25.
- [2] LAGUNA L, CHEN J S. The eating capability: Constituents and assessments [J]. Food Quality & Preference, 2016, 48(Part B): 345-358.
- [3] 陈建设, 陈勇. 基于食品物理学的老年饮食能力评价与膳食质构等级评测[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2019, 41(12): 945-948.  
CHEN J S, CHEN Y. Evaluation of dietary ability and dietary texture grade of the elderly based on food physics[J]. Chinese Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2019, 41(12): 945-948.
- [4] ZIMMERMAN E. Do infants born very premature and who have very low birth weight catch up with their full term peers in their language abilities by



- early school age?[J]. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2018, 61(1): 53–65.
- [5] ARVEDSON J C. Assessment of pediatric dysphagia and feeding disorders: Clinical and instrumental approaches[J]. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 2010, 14(2): 118–127.
- [6] GIANNÍ M L, SANNINO P, BEAZE E, et al. Usefulness of the infant driven scale in the early identification of preterm infants at risk for delayed oral feeding independency[J]. *Early Human Development*, 2017, 115: 18–22.
- [7] 陈艳玫, 刘子锋, 李贤德, 等. 2015–2050年中国人口老龄化趋势与老年人口预测[J]. *中国社会医学杂志*, 2018, 35(5): 480–483.
- CHEN Y M, LIU Z F, LI X D, et al. China's population aging trend and elderly population forecast from 2015 to 2050[J]. *Chinese Journal of Social Medicine*, 2018, 35(5): 480–483.
- [8] 陈建设, 吕治宏. 老年饮食障碍与老年食品: 食品工业的挑战与机遇[J]. *食品科学*, 2015, 36(21): 310–315.
- CHEN J S, LÜ Z H. Dietary disorders and food for the elderly: Challenges and opportunities for the food industry[J]. *Food Science*, 2015, 36(21): 310–315.
- [9] 韩维嘉, 孙建琴, 谢华, 等. 老年吞咽障碍者营养与生活质量的现状[J]. *中国老年学杂志*, 2014, 34(12): 3438–3440.
- HAN W J, SUN J Q, XIE H, et al. Status of nutrition and quality of life in elderly patients with dysphagia[J]. *Chinese Journal of Gerontology*, 2014, 34(12): 3438–3440.
- [10] 阮顺莉, 郭菊红, 陈茜, 等. 1025名居家60岁以上老年人吞咽障碍现状及其影响因素分析[J]. *护理学报*, 2017, 24(20): 41–44.
- RUAN S L, GUO J H, CEHN Q, et al. Status and influencing factors of dysphagia in 1025 elderly people over 60 years old at home[J]. *Journal of Nursing*, 2017, 24(20): 41–44.
- [11] MARTINO R, FOLEY N, BHOGAL S, et al. Dysphagia after stroke: Incidence, diagnosis, and pulmonary complications [J]. *Stroke*, 2005, 36(12): 2756–2763.
- [12] 孙娟, 梁庆成. 脑卒中后吞咽障碍的研究进展[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2015, 13(18): 2077–2079.
- SUN J, LIANG Q C. Research progress of dysphagia after stroke [J]. *Chinese Journal of Integrative Medicine on Cardio/Cerebrovascular Disease*, 2015, 13(18): 2077–2079.
- [13] SHIMIZU A, FUJISHIMA I, MAEDA K, et al. Texture-modified diets are associated with poor appetite in older adults who are admitted to a post-acute rehabilitation hospital[J]. *Journal of the American Medical Directors Association*, 2021, 22(9): 1960–1965.
- [14] KOSHINO H, HIRAI T, ISHIJIMA T, et al. Tongue motor skills and masticatory performance in adult dentates, elderly dentates, and complete denture wearers[J]. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 1997, 77(2): 147–152.
- [15] LAGUNA L, HETHERINGTON M M, CHEN J S, et al. Measuring eating capability, liking and difficulty perception of older adults: A textural consideration[J]. *Food Quality and Preference*, 2016, 53: 47–56.
- [16] HE Y, WANG X M, CHEN J S. Current perspectives on food oral processing[J]. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2022, 13: 167–192.
- [17] VERMA T P, KUMATHALLI K I, JAIN V, et al. Bite force recording devices – A review[J]. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 2017, 11(9): ZE01–ZE05.
- [18] GARCIA M A, RIOS D, HONÓRIO H M, et al. Bite force of children with repaired unilateral and bilateral cleft lip and palate[J]. *Archives of Oral Biology*, 2016, 68: 83–87.
- [19] FURLAN B P, REIS V, RODRIGUES G. Craniofacial morphology affects bite force in patients with painful temporomandibular disorders[J]. *Brazilian Dental Journal*, 2016, 27(5): 619–624.
- [20] KRUSE T, HELLER R, WIRTH B, et al. Maximum bite force in patients with spinal muscular atrophy during the first year of nusinersen therapy – A pilot study[J]. *Acta Myologica: Myopathies and Cardiomyopathies: Official Journal of the Mediterranean Society of Myology*, 2020, 39(2): 83–89.
- [21] SERRA C M, MANNS A E. Bite force measurements with hard and soft bite surfaces[J]. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2013, 40(8): 563–568.
- [22] IWASAKI M, YOSHIHARA A, SATO N, et al. A

- 5-year longitudinal study of association of maximum bite force with development of frailty in community-dwelling older adults[J]. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2018, 45(1): 17-24.
- [23] MANSOUR K, ASSERY, HANNA S, et al. Bite force and occlusal patterns in the mixed dentition of children with down syndrome[J]. *Journal of Prosthodontics*, 2020, 29(6): 472-478.
- [24] SERDAR G. JVA, mastication and digital occlusal analysis in diagnosis and treatment of temporomandibular disorders[M]. Turkey: IntechOpen, 2018: 127-159.
- [25] OUEIS H. Factors affecting masticatory performance of Japanese children[J]. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 2009, 19(3): 201-205.
- [26] HASAN I, MADARLIS C, KEILIG L, et al. Changes in biting forces with implant-supported overdenture in the lower jaw: A comparison between conventional and mini implants in a pilot study[J]. *Annals of Anatomy-anatomischer Anzeiger*, 2016, 208: 116-122.
- [27] 王兴群, 陈建设. 食品口腔加工过程中舌头的功能[J]. *中国食品学报*, 2020, 20(6): 304-311.  
WANG X Q, CHEN J S. Function of tongue during food oral processing[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2020, 20(6): 304-311.
- [28] YOSHIKAWA M, FUKUOKA T, MORI T, et al. Comparison of the Iowa oral performance instrument and JMS tongue pressure measurement device [J]. *Journal of Dental Sciences*, 2021, 16(1): 214-219.
- [29] LIU H Y, CHEN C H, KUO C H, et al. A novel tongue pressure measurement instrument with wireless mobile application control function and disposable positioning mouthpiece [J]. *Diagnostics*, 2021, 11(3): 489.
- [30] KAZUHIRO H, TAKAHIRO O, KENICHI T, et al. Newly developed sensor sheet for measuring tongue pressure during swallowing [J]. *Japan Prosthodontic Society*, 2009, 53(1): 28-32.
- [31] WANG S, HUANG Y, ZHANG R, et al. A piezoresistive sensor for measuring tongue pressure[J]. *Chinese Journal of Electronics*, 2016, 25(1): 77-80.
- [32] TAMURA F, FUKUI T, KIKUTANI T, et al. Lip-closing function of elderly people during ingestion: Comparison with young adults [J]. *The International Journal of Orofacial Myology: Official Publication of the International Association of Orofacial Myology*, 2009, 35: 33-43.
- [33] TROTMAN C A, BARLOW S M, FARAWAY J J. Functional outcomes of cleft lip surgery. Part III: Measurement of lip forces[J]. *The Cleft Palate-craniofacial Journal*, 2007, 44(6): 617-623.
- [34] UMEMORI M, SUGAWARA J, KAWAUCHI M, et al. A pressure-distribution sensor (PDS) for evaluation of lip functions [J]. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 1996, 109(5): 473.
- [35] UEKI K, MUKOZAWA A, OKABE K, et al. Changes in the lip closing force of patients with Class III malocclusion before and after orthognathic surgery[J]. *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 2012, 41(7): 835-838.
- [36] HIJIYA K, MASUDA Y, MIYAMOTO T, et al. Age-related differences in maximum voluntary lip-closing force and ability to control lip-closing force [J]. *Journal of Oral Biosciences*, 2021, 63(2): 210-216.
- [37] STJERNFELDT P E, FAXÉN-IRVING G, WÅRDH I. Masticatory ability in older individuals: A qualitative interview study [J]. *Gerodontology*, 2021, 38(2): 199-208.
- [38] MARIBEL H M, SOUZA B, CLAUDIA F, et al. Validity and reliability of the quality of masticatory function questionnaire applied in Brazilian adolescents[J]. *Communication Disorders, Audiology and Swallowing*, 2019, 28(2): 149-154.
- [39] SANJA P, ANTONIJA P, TOMISLAV B, et al. Development of a new chewing function questionnaire for assessment of a self-perceived chewing function[J]. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 2013, 41(6): 565-573.
- [40] CAVALCANTI R V A, JUNIOR H V M, PERNAMBUCO L D A, et al. Screening for masticatory disorders in older adults (SMDOA): An epidemiological tool [J]. *Journal of Prosthodontic Research*, 2020, 64(3): 243-249.
- [41] HISASHI K, TOSHIHIRO H, YOSHIFUMI T, et al. Development of new food intake questionnaire method for evaluating the ability of mastication in complete denture wearers[J]. *Japan Prosthodontic Society*, 2008, 7(1): 12-18.

- [42] DOUGALL A, MOLINA G F, ESCHEVINS C, et al. A global oral health survey of professional opinion using the international classification of functioning, disability and health[J]. *Journal of Dentistry*, 2015, 43(6): 683–694.
- [43] FRATICELLI P, PISANI A M, BENFAREMO D, et al. Videofluorography swallow study in patients with systemic sclerosis: Correlation with clinical and radiological features [J]. *Clinical and Experimental Rheumatology*, 2019, 37 Suppl 119(4): 108–114.
- [44] KLEINDIENST A, MARIN F, FRANK D S. Dysphagia diagnosed by fiberoptic endoscopy is common and transient in critical illness polyneuropathy: Are there any clinical implications? [J]. *Critical Care medicine*, 2015, 43(2): 492.
- [45] MIURA Y, TAMAI N, KITAMURA A, et al. Diagnostic accuracy of ultrasound examination in detecting aspiration and pharyngeal residue in patients with dysphagia: A systematic review and meta-analysis[J]. *Japan Journal of Nursing Science*, 2021, 18(2): e12396.
- [46] CLAVÉ P, ARREOLA V, ROMEA M, et al. Accuracy of the volume–viscosity swallow test for clinical screening of oropharyngeal dysphagia and aspiration[J]. *Clinical Nutrition*, 2008, 27(6): 806–815.
- [47] JRGENSEN L W, SNDEGAARD K, MELGAARD D, et al. Interrater reliability of the Volume–Viscosity Swallow Test; screening for dysphagia among hospitalized elderly medical patients[J]. *Clinical Nutrition ESPEN*, 2017, 22: 85–91.
- [48] VERMAIRE J A, TERHAARD C H J, LEEUW I M V, et al. Reliability of the 100 mL water swallow test in patients with head and neck cancer and healthy subjects[J]. *Head & Neck*, 2021, 43(8): 2468–2476.
- [49] 陈建设. 特殊食品质构标准的口腔生理学和食品物理学依据[J]. *中国食品学报*, 2018, 18(3): 1–7.  
CHEN J S. Oral physiology and food physics basis of special food texture standard[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2018, 18(3): 1–7.
- [50] CICHERO J, STEELE C, DUIVESTEIN J, et al. The need for international terminology and definitions for texture–modified foods and thickened liquids used in dysphagia management: Foundations of a global initiative[J]. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*, 2013, 1(4): 280–291.
- [51] CICHERO J, LAM P, CHEN J, et al. Release of updated International Dysphagia Diet Standardisation Initiative Framework (IDDSI 2.0)[J]. *Journal of Texture Studies*, 2020, 51(1): 195–196.
- [52] SUNGSINCHAI S, NIAMNUY C, WATTANAPAN P, et al. Texture modification technologies and their opportunities for the production of dysphagia foods: A review[J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2019, 18(6): 1898–1912.
- [53] International Organization for Standardization. Sensory analysis: Vocabulary: ISO 5492: 2008[S/OL]. (2018–03–20) [2021–09–10]. <https://www.iso.org/standard/38051.html>.
- [54] SZCZESNIAK A S. Classification of textural characteristics[J]. *Journal of Food Science*, 2010, 28(4): 385–389.
- [55] 陈伟, 陈建设. 食品的质构及其性质[J]. *中国食品学报*, 2021, 21(1): 377–384.  
CHEN W, CHEN J S. Texture and properties of food[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2021, 21(1): 377–384.
- [56] ANNA M, LIANG V, JULIA S, et al. Texture - modified diets in aged care facilities: Nutrition, swallow safety and mealtime experience [J]. *Australasian Journal on Ageing*, 2020, 39(1): 31–39.
- [57] JULIE A Y C, LAM P, CATRIONA M S, 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): 1–22.

## Eating Capability of Special Consumers and Texture Design of Special Food

Liu Qian, Chen Yong\*, Chen Jianshe

(School of Food Science and Biotechnology, Zhejiang Gongshang University,  
Food Oral Processing Laboratory, Hangzhou 310018)

**Abstract** Eating capability (EC) is a term used to represent individual's ability in food consumption. Consumers with weakened capabilities of eating and drinking may suffer various difficulties during food oral processing. Sometimes specific environmental conditions may also create difficulties of food consumption. Eating difficulty may lead to aspiration, coughing, choking and other health risks. Therefore, foods specially designed according to consumer's EC are required imperatively in order to ensure safe eating. It is now generally accepted that proper evaluation of EC is very meaningful not only in helping dietary selection to special consumers, but also in guiding food industry in texture design of special food. Unfortunately, no appropriate method and/or technique is currently available for such purpose and texture grading of special food becomes groundless. Therefore, this review aimed to provide new directions and new thinking to the food industry in designing foods for special consumers, by summarizing various health risks of eating and drinking. A concept of 'Eating Safety' was specifically proposed. Furthermore, it was hoped that the review would give useful guidelines to the food industry in establishing texture standard and designing texture of special food.

**Keywords** food texture; eating capability; eating safety; special consumers; special food