

婴幼儿配方奶粉喜好度影响因素探究

苏玉芳¹，迟雪露²，王建峰²，杨梦圆²，孙宝国²，艾娜丝^{2*}

(1.国家乳业技术创新中心，内蒙古呼和浩特 010100；2 北京工商大学老年营养与健康教育部重点实验室，北京 100048)

摘 要：婴幼儿配方奶粉（以下简称“婴配粉”）作为母乳替代品，在某些特殊情况下是婴幼儿唯一的食物来源，其安全性、营养价值及感官品质尤为重要。婴配粉的风味对消费者偏好和购买决策有决定性影响。婴儿早期味觉发育与食物接触程度密切相关，并可能对儿童期食物接受度及成年期饮食行为产生长期影响。本研究从婴配粉的关键组分、加工工艺、贮藏条件等方面综述婴配粉感官品质的影响因素，同时探讨面部表情分析技术、脑电技术等智能感官分析技术在婴幼儿对婴配粉喜好度评价研究中的应用，以期为婴幼儿喜好度研究提供更加智能化的方法和思路，同时为改善婴配粉感官品质提供技术支持和策略参考。

关键词：婴幼儿配方奶粉（婴配粉）；感官评价；喜好度；脑电分析；面部表情分析

文章编号：1671-4393（2026）01-0118-08

DOI:10.12377/1671-4393.26.01.17

Investigation of Factors Affecting the Preference for Infant Formula

SU Yufang¹，CHI Xuelu²，WANG Jianfeng²，YANG Mengyuan²，SUN Baoguo²，AI Nasi^{2*}

(1.National Technology Innovation Center for Dairy，Hohhot Inner Mongolia 010110；2.Key Laboratory of Geriatric Nutrition and Health（Beijing Technology and Business University），Ministry of Education，Beijing 100048)

Abstract: Infant formula is used as a substitute for breast milk for infants. In certain special circumstances, it is the sole food source for infants. Its safety, nutritional value, and sensory quality are particularly important. The flavour of infant formula has a decisive influence on consumer preferences and purchasing decisions. The development of taste in early infancy is closely related to the degree of exposure to food during this period. The development of an

基金项目：婴幼儿面部表情识别与喜好情绪研究-建立婴幼儿喜好情绪表情图库（2023-KFKT-20）；国家自然科学基金面上项目-丁酸在牛乳风味感觉形成中的分子机制研究（31801571）

作者简介：苏玉芳（1970-），女，内蒙古呼和浩特人，硕士，高级工程师，研究方向为乳品感官品质；
迟雪露（1992-），女，吉林长春人，博士，研究方向为乳品风味化学；
王建峰（1997-），男，甘肃庆阳人，博士研究生，研究方向为乳品风味化学；
杨梦圆（2000-），女，山东滨州人，硕士研究生，研究方向为乳品风味化学；
孙宝国（1961-），男，山东招远人，博士，教授，研究方向为食品香料香精和风味化学。

***通信作者：**艾娜丝（1986-），女，新疆塔城人，博士，教授，研究方向为乳品风味化学。

infant's sense of taste is closely related to the extent of food exposure, and it may have long-term effects on a child's food acceptance during childhood and their dietary behaviour in adulthood. This study comprehensively reviewed the influencing factors of the sensory quality of infant formula from aspects such as key components, processing techniques and storage conditions. In addition, it explored the application of intelligent sensory analysis technologies, such as facial expression analysis and electroencephalography in the research on infants' preference for infant formula, aiming to provide more intelligent methods and ideas for the study of infants' preference, and to provide technical support and strategic references for improving the sensory quality of infant formula.

Keywords: infant formula; sensory quality; preference; EEG analysis; facial expression analysis

婴幼儿时期是生命体免疫力以及对外界环境耐受能力最薄弱的阶段,其自身代谢系统并不完善,需要全面而均衡的营养补给。婴幼儿时期机体生长发育迅速,需摄入大量营养物质,在该时期,婴幼儿接触的食品在质量和数量上都会对机体后续发育有显著影响。母乳成分在婴儿出生后的前6个月内呈动态变化,其中初乳(产后1~5天)和过渡乳(产后6~14天)富含免疫球蛋白和生长因子,成熟乳(产后15天后)的营养成分逐渐趋于稳定^[1, 2]。产妇可能由于多种因素导致母乳分泌不足或缺失,此时婴儿配方奶粉(以下简称“婴配粉”)作为母乳替代品应运而生。其设计旨在满足婴幼儿特殊的营养需求,并在某些特定的情况下成为婴儿唯一的食物来源。母乳是新生婴儿最理想的食物,一切婴配粉都是以母乳为最佳标准研发的。婴配粉最早被称为母乳化奶粉,是以满足婴幼儿基本营养需求、促进婴幼儿体重增长为目标的基本营养型配方奶粉,以牛乳为基础,在其中添加谷粉、白砂糖、饴糖等以增加能量^[3, 4]。随着对婴幼儿营养需求的不断探索,进而研发出营养加强型配方奶粉,着重添加微量营养素,调整 α -乳清蛋白比例并强化维生素、矿物质指标,部分中高端婴配粉添加二十二碳六烯酸(DHA)、二十碳四烯酸(ARA)等活性物质,促进婴幼儿大脑及神经系统的生长发育^[5, 6]。目前,通常将婴配粉按营养需要差异分为3个阶段,0~6月龄为婴配粉,6~12月龄为较大婴儿配方奶粉,12~36

月龄为幼儿配方奶粉^[6]。

目前,针对婴配粉的研究主要聚焦于营养成分分析,重点对比研究国产和进口奶粉在实验动物上引发的营养生物学效应差异。在符合《GB 10765—2021 食品安全国家标准 婴儿配方食品》规定的前提下,国产与进口奶粉的基础营养指标(如蛋白质、脂肪、碳水化合物)在动物实验中未表现显著差异^[7, 8]。国产婴配粉是根据国人营养需要和生理特点为基准研发,因此某些本土品牌奶粉相比于进口奶粉更适于中国婴幼儿^[9, 10]。

除质量安全外,感官品质也是影响消费者选择婴配粉的重要因素。婴幼儿时期是生长发育的第一个关键时期,伴随体格生长,除乳类摄入外,需逐渐引入辅食以补充营养需求。临床实践常观察到在婴儿期引入食物出现困难的问题^[11, 12]。通过婴幼儿面部运动单位编码系统(Baby FACS)对婴幼儿时期味觉发育进行研究,可量化其表情,发现其早期味觉发育与母孕期及哺乳期食物的构成、婴幼儿期接触食物的程度以及儿童期对食物的接受能力密切相关。人类在胎后期可通过羊水接受味觉刺激^[13~15],有研究通过动物实验证实,个体在出生后发育早期的味觉经历会对其后续生理和行为模式产生一定影响。具体而言,婴幼儿通过羊水、母乳和婴儿配方奶粉中获得的味觉体验,可对其未来食物接受程度产生特殊引导作用,有助于提升其在断奶期对新味觉接受的适应性。

1 婴配粉中关键组分对感官品质的影响

婴配粉的成分较复杂，其中挥发性风味组分的释放和各组分间的相互协调作用密切相关，而风味及感官品质会影响消费者偏好及购买决策（表1）。

1.1 蛋白质对婴配粉感官品质的影响

婴儿期蛋白质摄入需求较高，但婴儿肠胃消化系统及肾脏排泄机制发育尚不完全，无法承受过

量的蛋白质^[16]。母乳中的蛋白质有27%是α-乳清蛋白，因此婴配粉常通过添加α-乳清蛋白调节蛋白质比例，提供与母乳接近的氨基酸组合，提高蛋白质的生物利用度，降低蛋白质总量，减轻肾脏的负担^[17]。同时α-乳清蛋白含有调节睡眠的神经递质等功能活性物质，有助于婴儿大脑发育，对婴儿生长发育和免疫等具有调节作用^[18]。

蛋白质具有一定起泡性，并在脂类分散体系中

表 1 婴配粉关键组分对感官品质的影响

Table 1 The Impact of Key Components in Infant Powder on Sensory Quality

关键组分	感官影响指标	影响机制与表现
蛋白质	风味	乳清蛋白 / 酪蛋白比例：影响风味强度，过高酪蛋白可能引起轻微“粉感”或“陈旧”味 水解蛋白：产生苦味肽，水解度越高，苦味风险越大
	质地	形成凝胶结构，影响粘度和口感顺滑度；乳清蛋白热稳定性较差，可能影响高温加工后质地
	色泽	参与美拉德反应（与还原糖），影响褐变程度
	整体接受度	温和的乳香是理想风味；强烈异味（如来自大豆蛋白的豆腥味）或苦味会显著降低接受度
脂肪	风味	脂解氧化：不饱和脂肪酸氧化产生哈败味、油漆味、金属味等不良风味 脂肪酸组成：影响风味的丰富度和乳脂感；短链脂肪酸贡献乳香，但过量可能刺激 熔点：影响口腔融化特性和后味；高熔点脂肪可能导致蜡质感
	质地	提供润滑感、饱满度和奶油感，降低黏度，改善口感顺滑度
	色泽	脂肪球大小和乳化状态影响光散射，从而影响产品白度和光泽度
	整体接受度	良好的乳脂风味和顺滑口感是积极因素；任何氧化哈败味会严重降低接受度
乳糖	风味	提供温和甜味和清爽感 参与美拉德反应（与蛋白质），产生焦香 / 蒸煮味，过度反应则产生不良焦苦
其他糖类	风味	蔗糖、果糖等甜度高于乳糖，提供更明显甜味 麦芽糊精等寡糖甜度低，主要提供能量和调节渗透压
益生元（如 GOS/FOS）	风味	通常无明显风味，高添加量可能引起轻微异味或影响甜味感知
	质地	影响产品黏度和溶解性
	整体接受度	温和的甜味是婴幼儿普遍偏好的基础味道
常量元素（Ca, P, K, Na, Cl）	风味	钠盐 / 钾盐：贡献咸味，过量产生苦涩味或金属味 钙盐 / 磷酸盐：过量可能引起粉感、砂砾感或轻微苦涩味
	风味	铁：极易催化脂质氧化产生金属味、哈败味；本身也带金属味
微量元素（Fe, Zn, Cu, Mn, I, Se）	色泽	铁：氧化态变化或催化褐变反应，可能导致产品颜色变深、变暗或出现斑点
	质地	某些矿物质盐（如磷酸钙）溶解度低，可能导致沉淀或砂砾感
	整体接受度	矿物质，尤其是铁，是导致婴配粉与母乳感官差异（如金属味）的重要因素

表现出显著的乳化稳定效应。蛋白质几乎没有味道,但是通过与风味化合物的结合和/或吸附进而影响婴配粉整体风味。由于婴配粉经过热加工处理,其挥发性风味组分中含有大量醛酮类化合物,这类化合物可与蛋白质的疏水基团发生共价结合,从而影响食品体系中挥发性风味化合物的释放。蒸煮味是由 β -乳球蛋白、乳脂球膜(MFGM)及含硫氨基酸等风味前体变化产生的硫化氢、二甲基硫化物、甲硫醚等含硫风味物质引起,有时也称蒸煮味为含硫味或卷心菜味^[19]。脂类物质存在的情况下,风味化合物在蛋白质溶液中的保留更显著,例如油水界面中 β -乳球蛋白使疏水性风味化合物从油相向水相转移的阻力增加,从而减弱风味的释放^[20~23]。不愉快风味的醛类物质与蛋白质氨基不可逆结合,会生成感官中性物质,减弱含脂食品体系中不良风味。Chávez-Servín等^[20]在乳粉挥发性成分研究中发现,当关键风味物质保留率提升20%时,感官评分差异可达显著性水平($P<0.05$)。

1.2 脂肪对婴配粉感官品质的影响

脂质为婴儿提供能量、必需脂肪酸及脂溶性维生素。乳脂肪对牛乳风味贡献较大,通常情况下乳脂肪含量越高,牛乳的香气越浓郁。在加热过程中,乳脂肪易受热分解释放游离脂肪酸,游离脂肪酸进行自动氧化、脱水、脱羧、还原、水解等反应形成羰基化合物、酸类、烃类等化合物,是牛乳中氧化风味的主要来源^[24]。

乳脂肪是乳粉氧化风味最主要的风味前体,乳粉加工和储存过程中乳脂肪会发生氧化反应,从而产生哈喇味。乳脂肪中的脂肪酸组成直接影响乳及乳制品的脂质氧化程度,乳脂肪中的不饱和脂肪酸与空气中的氧原子或乳体系中的溶氧接触,自动氧化会生成脂肪的氢过氧化物,由于氢过氧化物不稳定,易发生分解和聚合等复杂反应,进而影响乳粉风味^[25~27]。乳脂肪中的 β -羟基酮酸和 β -酮酸决定脂肪酸 β -氧化生成的甲基酮类风味物质,其中不饱和脂肪酸的自动氧化反应速度与双键数量有关^[28],通常双键数量多,氧化速度快。含有双键的脂肪酸易

氧化形成直链的烷烃、醛、酮或还原成相应的醇,降低牛乳的风味质量和储存时间^[25]。

乳状液中脂肪含量与风味释放呈线性下降趋势,这主要是由挥发性风味组分在体系中的溶解性决定的^[29]。脂类物质与风味化合物之间的氢键强度、脂质相中的最大风味组分的浓度、挥发性风味组分从脂质相到水相的传递速率,以及从脂质相释放到气相的能力都会影响食品的香气释放及感官品质^[30]。n-3系的DHA和n-6系的ARA是母乳中天然存在的非常重要的不饱和脂肪酸,被认为是婴幼儿发育的必需营养素,对婴幼儿的视力和大脑发育有非常重要的生物学功能。单体的DHA和ARA极易氧化,易受氧气和其他具有强氧化性的物质影响。婴配粉中普遍添加的微量元素以及矿物质等生物活性物质可能促进DHA和ARA氧化,但铁、铜等过渡金属离子可能催化不饱和脂肪酸氧化^[31, 32],氧化后表现出浓重的腥味,对婴配粉的感官品质影响较大。因此需进行微胶囊包埋处理。

1.3 碳水化合物对婴配粉感官品质的影响

乳糖和低聚糖是母乳中的主要碳水化合物。乳糖可水解为葡萄糖和半乳糖,葡萄糖是重要的能量来源,而半乳糖是婴儿大脑发育必需的物质^[33]。碳水化合物通过影响婴配粉的质地和黏度,改变其风味及感官品质。气味分子通过嗅觉上皮细胞响应和传递产生嗅觉,这一过程受食物结构分解所消耗时间,以及口腔中混合物的黏度等因素影响^[34]。

碳水化合物的物理状态是影响风味的重要参数。香味释放机制较为复杂,且食物是一种多组分介质,其中大分子间的相互作用通过改变游离结合位点的性质和数量来改变香味化合物对食物基质的亲和力^[35]。随着食物基质黏度的增加,香气释放和感知强度均有不同程度降低。

1.4 矿物质和维生素对婴配粉感官品质的影响

原料乳中的矿物质和维生素的含量较低,生产加工成乳粉后并不能满足婴幼儿的生长发育需求,因此需要在婴配粉中强化微量元素至母乳水平,同时维持正常的渗透压^[36]。

抗坏血酸可以协同生育酚作用，抑制氧化，但是作用机制复杂并且受环境影响。抗坏血酸作为水溶性维生素，主要通过修复生育酚或清除封闭体系中的自由氧起作用^[37]。维生素C不稳定，其降解产物会对美拉德反应有促进作用，同时也会使一些蛋白质难消化，降低一些必需氨基酸的生物利用率，形成羟甲基赖氨酸等不良复合物^[38]，带给婴配粉不愉快的风味。

2 加工储藏对婴配粉感官品质的影响

2.1 生产工艺对婴配粉感官品质的影响

婴配粉的生产工艺主要有干法、湿法及干法湿法复合工艺。湿法工艺是先将配方成分液化后按比例混合，经过巴氏杀菌、均质、蒸发等步骤对乳液进行浓缩，再进行喷雾干燥脱水得到婴配粉^[39]。营养成分在液体状态下进行混合可保证其在产品中分布较均匀，巴氏杀菌过程可清除全部原料及加工过程中感染的致病菌。喷雾干燥过程可控制粉末的溶解度等指标。但湿法工艺生产周期长，操作较复杂，能源消耗大，耗费成本较高。并且在均质加工过程中，高压产生的巨大剪切力会对油脂膜结构造成一定破坏，油脂与氧气或其他活性成分接触机会增大，易造成奶粉变质。

干法工艺是将固态原料经过粉碎、过滤后用物理方式进行混合，同时添加营养强化剂，对原辅料的个体大小和比重要求严格^[39]。该工艺不含将乳清粉复溶、喷雾干燥的过程，降低了能耗及生产成本，操作相对简单，避免了加热营养强化剂的过程，造成维生素B、维生素C、叶酸等热敏性维生素以及不饱和脂肪酸的损失较小，从而保证婴配粉的全价营养效能。然而，添加至婴配粉中的各种营养强化剂的成分及密度不同，产品在运输过程中颗粒易分级或发生破损分解，进而导致产品中的营养成分含量不均一。

婴配粉中添加功能性生物活性物质普遍具有热敏感性，其中未经抗氧化保护处理的DHA和ARA油脂需在-20℃以下储存，直接接触空气或水分极易造

成氧化变质^[40~42]。因此，需对其进行微胶囊包埋处理，而DHA和ARA微胶囊的包埋材料主要成分为蛋白质，湿法工艺的高温步骤会导致包埋材料变形并影响其稳定性，同时造成显著的油脂氧化。干法湿法复合工艺，首先生产基本成分的基料粉，随后与热敏性营养强化剂进行充分均匀混合。该工艺有利于在生产过程中维持所添加营养素的稳定性。

喷雾干燥是生产工艺中重要的加工阶段，在此阶段形成的乳粉颗粒大小、形状、空隙及组成分布等状态，尤其是乳粉颗粒的表面特性，会显著影响其功能特性^[42]。乳粉颗粒表面脂肪的存在增加了乳粉的疏水性，降低了润湿性、分散性和流动性；然而，该组分会使乳粉更易发生氧化反应，同时，热加工过程中的高温条件会加速这一反应，进而引发腐败变质、产生不良风味。若乳粉储藏条件控制不当，储藏温度较高或者乳粉吸湿致使水分含量升至5%以上时，易迅速发生褐变反应，同时产生陈腐味^[43, 44]。

2.2 包装储藏对婴配粉感官品质的影响

在婴配粉储存过程中，乳脂肪发生氧化反应会产生不愉快的哈喇味，是主要的异味来源。乳粉储藏过程中风味变化与脂质氧化反应密切相关，己醛、2-庚酮、庚醛、1-辛烯-3-醇、壬醛、辛醛等化合物的浓度随贮藏时间延长而显著升高，其中，直链醛是主要的挥发性风味组分^[32]。乳粉在储存过程中，自由基、游离巯基、过氧化值等可反映乳粉的氧化程度，加热、干燥等乳粉热处理工艺对乳粉氧化风味的形成有潜在影响^[45]。不同加工工艺生产的乳粉颗粒大小、粒径分布、水分含量等差异明显，同时受乳粉的包装材料、储存温度、光照等因素影响。光氧化是牛奶中乳脂肪氧化的主要诱因之一。乳脂中的色素吸收可见光或紫外光后，可引发乳脂肪发生光氧化作用。因此，环境光照强度是导致乳脂肪光氧化的主要环境因素^[46]。此外，乳糖等碳水化合物经过美拉德反应发生褐变及吸潮，可引发乳粉的颜色变为黄褐色或棕黑色。同时，在微生物代谢活动和营养成分变化的作用下，乳粉中添加的营

养强化剂可能发生降解和分解反应，进而引发异味的产生。

婴配粉的真空包装或充氮包装有利于降低乳脂肪的氧化速率。在储存和销售过程中，应尽量避免接触使其氧化酸败的太阳光、人造白炽光等光源^[46]。

3 婴配粉喜好度的评价方法

传统感官评价方法通常是通过调查问卷、专业评价小组研究，同时结合9点喜好标度获得消费者对产品的总体偏好^[47]。然而，专业评价小组成员需要经过筛选、培训和定期考核，相关成本较高。问卷调查等方法虽适用于消费者偏好研究，但受个体差异影响较大。随着研究的深入，多种感官评价方法被引入感官试验，其中，基于脑电分析、面部表情分析等测量指标的感官生理学研究方法，通常能够对目标数据进行更客观有效的测试和分析（图1）。

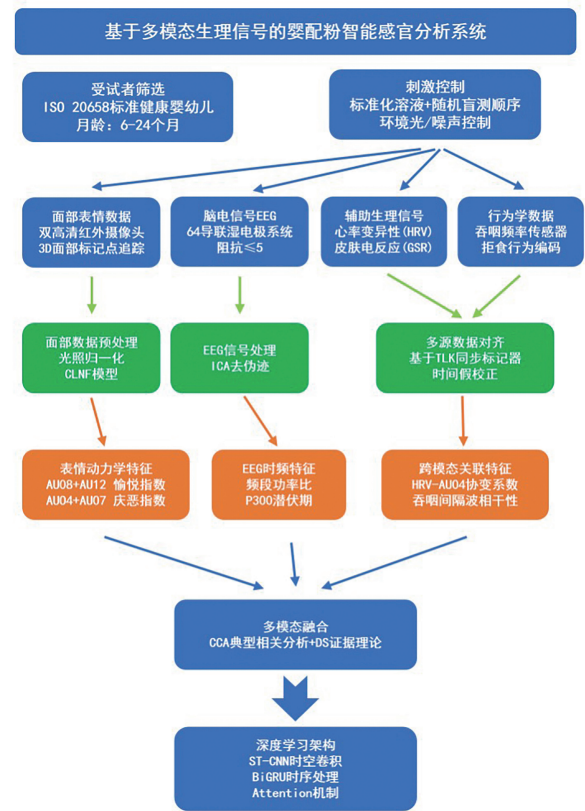


图1 基于多模态生理信号的婴配粉智能感官分析系统架构图

Figure 1 Architecture Diagram of the Intelligent Sensory Analysis System for Infant Formula Based on Multimodal Physiological Signals

3.1 面部表情分析

面部表情分析是结合了心理学、计算机科学和数据科学的跨学科技术。婴幼儿在食用婴配粉时，展现的一系列面部表情、动作行为及声音等均是喜好情绪的体现^[48]。面部表情分析采用高清摄像头采集婴幼儿在食用婴配粉过程中的面部表情信息，并通过面部表情分析系统（FaceReader）进行分析，该系统是用于自动分析面部表情的专业软件，能够准确、可靠识别面部表情。FaceReader软件以Viola-Jones算法为基础，以5 Hz频次捕捉面部信息。识别面部信息后，基于AAM（Active AppearanceModel）建立3D面部模型，标记面部超过500个肌肉关键点。面部表情分类基于超过10 000个专家分类的表情图像数据库开展。面部表情数据可以分为7种基本表情：中立、喜悦、悲伤、愤怒、惊讶、恐惧、厌恶^[48]。此外，每种情绪依据其强度变化由缺失至充分体现进行量化分级，表情唤醒度从不活跃至活跃状态分级，情绪效价由负向情绪向正向情绪分级。同时，语音分析系统可为研究者提供更详细的情绪状态数据，甚至在婴幼儿尚未通过面部表情显露或试图掩饰其真实感受之前即可捕捉相关情绪信息。通过整合面部表情和语音分析，可进一步检验婴幼儿声调是否与其表情相一致，从而获得更稳健、更可靠的研究数据。

面部表情分析系统能够从面部测量心率、心率变异性、呼吸频率，无需额外设备，可有效避免给婴幼儿造成不适。此类生理学指标的监测可直观反映婴幼儿的状态，便于识别其是否有疲劳、紧张或兴奋等情绪表现，并进一步分析这些状态与面部表情间的匹配度^[49]。该系统能够自动分析表情，清楚反映不同刺激对情绪的影响，具有操作简便、效率高、资源消耗低的特点，并可与眼动、生理信号等相关数据快速整合与分析。

3.2 脑电信号分析

在大脑活动时，神经元不断与细胞外环境持续进行离子交换。数量众多的神经元发生充电放电活动会在大脑皮层产生随时间和空间变化的电势差，

通过记录下这些随时间变化的微弱电压,即可获得脑电信号。脑电图(Electroencephalography, EEG)是一种无创性神经电生理技术,能够实时记录大脑神经元的电活动,反映大脑对外部刺激的即时反应,脑电信号承载着丰富的神经活动信息,其研究有助于解读多种心理和生理状态的神经机制^[50]。相较于依赖记忆和认知处理后的主观描述,EEG能提供更为直接且客观的生理指标。在试验前,婴幼儿需提前适应脑电帽的佩戴,待其无明显排斥反应后正式开展试验。婴幼儿在食用婴配粉过程中,佩戴脑电帽采集完整脑电信号,后续对脑电信号进行多维度特征提取,包括时间阈特征、频域特征、谱特征、熵特征提取等,进而实现基于生理信号的婴幼儿情绪识别^[50]。将脑电分析应用于婴幼儿对婴配粉喜好度的评价是一种创新尝试,通过捕捉婴幼儿在食用婴配粉过程中的神经元放电活动,能够获得更客观、更真实的婴幼儿感知和反应数据。采用内隐性的脑电分析技术能够获得婴幼儿食用不同婴配粉时展现出的独特感知反应模式,引发的脑电活动强度差异等,为探究婴幼儿神经感知机制提供科学依据,同时为婴幼儿偏好预测开辟新方向。

4 展望

消费者在选购婴配粉时,除需确保产品安全性和营养成分符合标准外,其风味也是一个重要的考量指标。婴儿早期味觉发育与妊娠期及哺乳期膳食结构、婴幼儿期食物接触频率及儿童期食物接受程度均密切相关。儿童饮食偏好与摄食行为的形成始于婴儿期,并且成人期的饮食行为模式是建立在婴儿期饮食行为的基础之上。

基于此,本研究系统综述了婴配粉的关键组分、加工工艺、贮藏条件对其感官品质的影响,并探讨了面部表情分析技术、脑电技术等智能感官分析技术在婴幼儿对婴配粉喜好度评价研究中的应用潜力。研究表明,智能感官分析技术可有效应用于婴幼儿食品偏好研究,为该领域提供更加智能化的方法和思路,同时为提升婴配粉感官品质提供技术

支持和策略参考。

参考文献

- [1] 李宁,孙宝国.乳品风味物质研究进展[J].食品与发酵工业,2016,42(8):240-251.
- [2] 刘阳,戴志勇,李梦怡,等.不同月龄婴幼儿肠道微生物差异及益生菌对相关疾病预防/治疗的研究进展[J].食品安全导刊,2019(21):175-178.
- [3] 何平,汪志明.婴幼儿配方奶粉的发展趋势和最新动态[J].中国供销商情(乳业导刊),2005(8):25-27.
- [4] 高伟民.婴幼儿配方奶粉发展现状及分析[J].饮料工业,2011,14(8):3-6.
- [5] 姜中航,何卫加,付国红,等.模拟母乳及婴儿配方奶粉的研究[J].中国乳品工业,2002(5):100-102.
- [6] 李玮.婴幼儿配方奶粉营养素稳定性评估[J].上海轻工业,2024(4):130-132.
- [7] 许崇辉,潘芳,易蓉,等.国产和进口奶源婴儿配方奶营养效应的比较[J].食品科学,2014,35(9):269-273.
- [8] 许崇辉,温巧玲,潘芳,等.奶源不同或销售地区不同的同一品牌配方奶粉对实验动物生长发育的影响[A].中国毒理学会,广东省疾病预防控制中心.中国毒理学会第六届全国毒理学大会论文摘要[C].广东检验检疫局技术中心,2013.
- [9] 刘宁玉,夏明,王慧铭,等.国产与进口婴儿配方奶粉的营养成分比较分析[J].中国食物与营养,2013,19(4):70-72.
- [10] 夏明,管婧婧,刘宁玉.情绪因素对中国消费者婴儿配方奶粉购买意向的影响[J].中国畜牧杂志,2015,51(4):53-57.
- [11] 章岚,冷黎,陈英才.早产适于胎龄儿婴儿期追赶生长特点和2至3岁生长偏离的队列研究[J].中国循证儿科杂志,2016,11(5):332-336.
- [12] Mbiene J P. Taste placodes are primary targets of geniculate but not trigeminal sensory axons in mouse developing tongue[J]. Journal of Neurocytology, 2004, 33(6): 617-629.
- [13] Yang P, Liu C, Song H, et al. Sensory-directed flavor analysis of off-flavor compounds in infant formula with deeply hydrolyzed milk protein and their possible sources[J]. LWT, 2020(119): 108861.
- [14] Clarke H J, Mannion D T, O'Sullivan M G, et al. Development of a headspace solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry method for the quantification of volatiles associated with lipid oxidation in whole milk powder using response surface methodology[J]. Food Chemistry, 2019, 292: 75-80.
- [15] Behrendt L, Alcolombri U, Hunter J E, et al. Microbial dietary preference and interactions affect the export of lipids to the deep ocean[J]. Science (American Association for the Advancement

- of Science), 2024, 385 (6714): 1182.
- [16] 袁婷兰.母乳脂的中长链甘油三酯组成及其代谢特征[D].无锡: 江南大学, 2021.
- [17] 夏袁.人乳脂化学组成及其影响因素的研究[D].无锡: 江南大学, 2015.
- [18] 李晓东, 潘悦, 刘璐, 等.乳脂肪球膜的特性、开发及在模拟母乳脂肪球结构中的应用[J].食品科学, 2021, 42 (21): 372-379.
- [19] 王芳, 包怡红, 兰慧娟.婴幼儿配方奶粉在不同贮藏条件下维生素D3稳定性的研究[J].中国乳业, 2022 (7): 65-69.
- [20] Chávez-Servín J L, Castellote A I, López-Sabater M C. Volatile compounds and fatty acid profiles in commercial milk-based infant formulae by static headspace gas chromatography: Evolution after opening the packet[J]. Food Chemistry, 2008, 107 (1): 558-569.
- [21] 姜旭.婴幼儿配方奶粉粉体特性研究及模型的建立与应用[D].杭州: 浙江科技学院, 2022.
- [22] 江晓丽, 危娟, 汤苏文, 等.不同包装内袋对奶粉基粉稳定性影响的研究[J].中国奶牛, 2023 (3): 34-37.
- [23] 郑娜.牛乳脂肪球膜对婴配奶粉应用特性的影响研究[D].天津: 天津科技大学, 2021.
- [24] 李晓东, 常淤浩, 潘悦, 等.不同脂肪来源婴儿配方奶粉与母乳的甘油酯组成差异[J].食品科学, 2021, 42 (20): 197-202.
- [25] 韦伟, 张星河, 金青哲, 等.人乳脂中甘油三酯分析方法及组成的研究进展[J].中国油脂, 2017, 42 (12): 35-39.
- [26] 乌江雨, 廖长保, 尹静, 等.高湿对婴幼儿配方奶粉中脂肪、维生素C、碘的影响研究[J].中国乳业, 2019 (1): 63-65.
- [27] 陶妃妃, 张永利.婴幼儿配方奶粉中脂肪过氧化值的检测及其意义[J].现代食品, 2018 (24): 131-132, 135.
- [28] 刘彪, 叶文慧, 郭顺堂.母乳及市售婴儿配方奶粉中脂肪酸结构分析[J].中国食品学报, 2018, 18 (10): 246-251.
- [29] 于华宁, 郭本恒, 刘振民, 等.初乳清粉的货架期预测和贮藏稳定性[J].乳业科学与技术, 2013, 36 (4): 14-18.
- [30] 蔡佳昂.奶粉包装内外传质及其货架期预测的研究[D].无锡: 江南大学, 2022.
- [31] 李琳瑶, 华家才, 康巧娟, 等.婴儿配方奶粉中脂肪酸的研究[J].中国乳品工业, 2022, 50 (6): 39-43.
- [32] Hedegaard R V, Kristensen D, Nielsen J H, et al. Comparison of descriptive sensory analysis and chemical analysis for oxidative changes in milk[J]. Journal of Dairy Science, 2006, 89 (2): 495-504.
- [33] 张太, 刘伊索, 王鹏杰, 等.乳清蛋白对直接超高温乳贮存稳定性的影响研究进展[J].食品安全质量检测学报, 2022, 13 (23): 7637-7644.
- [34] Estay K, Zhong F, Guinard J X. Food neophobia in early childhood: A cross cultural study[J]. Food Quality and Preference, 2023, 111: 105001.
- [35] 彭秋琦, 于景华, 马晓明, 等.乳源N-聚糖的结构与功能研究进展[J].中国乳品工业, 2023, 51 (11): 34-39.
- [36] 梁宸, 陈龙, 卢宇喆, 等.干法婴幼儿配方奶粉货架期内维生素衰减研究[J].现代食品, 2024, 30 (13): 222-224.
- [37] 姜艳喜, 华家才, 张建友, 等.婴幼儿配方奶粉货架期内营养成分变化规律[J].中国乳品工业, 2018, 46 (2): 29-32.
- [38] 戴智勇, 张岩春, 刘跃辉, 等.婴幼儿配方乳粉中蛋白质、脂肪及碳水化合物的调整[J].中国乳业, 2011 (4): 58-61.
- [39] 危娟.干湿法复合工艺对婴幼儿配方奶粉品质特性影响的研究[D].福州: 福建农林大学, 2023.
- [40] 吕倩, 吴颖, 邓泽新, 等.添加DHA、ARA粉剂干法生产的婴儿配方奶粉稳定性研究[J].中国乳业, 2018 (10): 57-61.
- [41] 刘奕博.婴幼儿配方奶粉中维生素C稳定性研究[D].长沙: 中南林业科技大学, 2013.
- [42] 王旭菲.配方奶粉储藏过程中营养物质及挥发性物质的变化分析[D].石河子: 石河子大学, 2022.
- [43] 贾宏信, 苏米亚, 陈文亮, 等.婴幼儿配方乳粉贮存过程中品质劣变的研究进展[J].食品工业科技, 2017, 38 (23): 330-334.
- [44] 李延华.牛乳加热及乳粉加工中热相关工艺对氧化风味的影响研究[D].哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [45] Reicks M, Ballejos M E, Goodell L S, et al. Individual and family correlates of calcium-rich food intake among parents of early adolescent children[J]. Journal of the American Dietetic Association, 2011, 111 (3): 376-384.
- [46] Jo Y, Carter B G, Barbano D M, et al. Identification of the source of volatile sulfur compounds produced in milk during thermal processing[J]. Journal of Dairy Science, 2019, 102 (10): 8658-8669.
- [47] 刘明.感官分析、风味化学与智能感官技术评价白酒香气的研究[D].南京: 南京农业大学, 2012.
- [48] 黄翠, 武运, 薛洁, 等.基于面部表情分析技术的葡萄酒中关键香气与饮用舒适度相关性评价[J].食品与发酵工业, 2024, 50 (8): 146-157.
- [49] 李婧.基于脑电、外周生理信号和面部表情的多模态情感识别研究[D].南京: 南京邮电大学, 2023.
- [50] 李娜.基于图模型的脑电情感识别研究[D].南京: 南京邮电大学, 2022.