

辅食溶豆的制备、物理性质及货架期内营养素的衰减

董福月¹, 王文凤^{1*}, 陈思¹, 丁丽丽¹, 邓淑玲², 李森¹

(1 威海紫光优健科技股份有限公司, 山东 威海 264206; 2 威海紫光科技园有限公司, 山东 威海 264206)

摘要 为探讨辅食溶豆性质及加速试验期间营养素的衰减,以乳粉、乳清蛋白粉、营养素为主要原料,淀粉、单、双甘油脂肪酸酯、果胶、海藻糖等为辅料,通过冷冻真空干燥、充氮包装等制作了辅食溶豆,并研究了其性质(硬度、脆度、比重和复水时间与市售产品对比)和在加速试验状态下,产品中营养素的稳定性情况.结果表明:辅食溶豆性质与市售竞品接近;在温度(37±2) °C、相对湿度RH为75.00%±5.00%、避免光线直射条件下,6个月内辅食溶豆中营养素均有一定程度的衰减,但营养素含量均在标准范围内.这预测了辅食溶豆货架期的营养素变化规律,为其产品研发提供了有用的参考.

关键词 溶豆;辅食标准;真空冷冻干燥;加速试验;稳定性

中图分类号 TS216 文献标志码 A 文章编号 1672-4321(2025)03-0327-07

doi:10.20056/j.cnki.ZNMDZK.20240728

Preparation, physical properties and nutrient decay during shelf life of supplementary food melts

DONG Fuyue¹, WANG Wenfeng^{1*}, CHEN Si¹, DING Lili¹, DENG Shuling², LI Sen¹

(1 Weihai Ziguang Youjian Technology Co., Ltd., Weihai 264206, Shandong China; 2 Weihai Ziguang Technology Park Co., Ltd., Weihai 264206, Shandong China)

Abstract In order to investigate the properties of a complementary food melt and the nutrient decay during the accelerated test, complementary food melts were prepared by freeze vacuum drying using milk powder, whey protein powder and nutrients as the main raw materials and starch, monoglyceride and diglyceride fatty acid ester, pectin and trehalose as the auxiliaries. The food package was filled with nitrogen and the properties, including hardness, brittleness, specific gravity, and rehydration time compared with commercial products, and the stability of nutrients in the product under accelerated tests were studied. The results showed that the properties of the supplementary food melts were close to those of the competitive products in the market. Under a temperature of (37±2) °C, a relative humidity 75.00%±5.00%, and under the condition of avoiding direct sunlight, the nutrients in the supplementary food melts declined to a certain extent during 6 months, but the nutrient content was still within the standard. It revealed the changes of nutrients in the supplementary food melts during the shelf life, and provided useful reference for its research and development.

Keywords melts; supplementary food standard; vacuum freeze-drying; accelerated testing; stability

婴幼儿阶段是人体的器官和系统快速生长、发育和成熟的重要生命阶段,该时期所消耗的营养物质的数量和质量,会对人体组织和器官产生永久性和巨大的影响^[1].婴幼儿新生后的六个月内,母乳内

其含有多种生物活性物质及营养成分,可为婴幼儿提供充足的营养和健康保护,被视为该时期最佳营养来源^[2].超过6个月后,母乳的营养来源已无法满足婴幼儿快速生长和发育的机体营养需求,需要按

收稿日期 2023-10-16

* 通信作者 王文凤(1981-),男,高级工程师,研究方向:保健食品、特殊膳食用食品及功能性食品的研发,E-mail: kkwf@163.com

基金项目 山东省创新基金资助项目(201940510002)

照科学的方法及时为其提供一定量的辅食,避免影响婴幼儿发育^[3,4]。有研究发现:在我国贫困地区,由于经济落后导致营养摄入不充足或不均衡,使进入辅食喂养阶段的婴幼儿出现严重的生长迟缓、营养不良、贫血等重大健康问题^[5-6]。

溶豆是一种新兴婴幼儿辅助食品形式,通过将乳粉、酸奶、蛋白和淀粉等融为一体,运用高温烘焙、真空干燥、冷冻干燥等技术手段,去除物料中水分,使其口感酥脆多孔,入口即溶,适合未出牙或出牙前期的婴幼儿食用^[7,8]。

目前,市场在售的溶豆种类较多,但多以果蔬、酸奶、蛋清等为原料通过烘焙或真空冷冻干燥制得^[9-11],虽具有入口即溶、香气浓郁等优点,但无法满足辅食喂养阶段婴幼儿的营养需求,本文在传统溶豆配方的基础上,添加符合《GB 22570—2014 食品安全国家标准 辅食营养补充品》要求的营养素,通过真空冷冻干燥技术及充氮包装,确保货架期内营养成分稳定,制备符合辅食标准的溶豆产品,并对制得的溶豆产品物理性质(硬度、脆度、体积密度和复水时间与市售产品对比),在加速试验状态下产品中营养素成分的稳定性情况进行研究。该辅食标准溶豆产品兼具辅食标准食品和溶豆类食品口感好、营养全面等优势,具有较好的市场前景,并为这两类型食品加工领域的推广及应用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 样品、试剂和仪器

全脂乳粉(新西兰,恒天然);无水葡萄糖(符合 GB/T 20880—2018 标准);海藻糖(符合 GB/T 23529—2009 标准);单、双甘油脂肪酸酯(符合 GB 1886.65—2015 标准);营养素(符合 GB 26687—2011 标准);果

胶(符合 GB 25533—2010 标准);DL-苹果酸(符合 GB 25544—2010 标准);浓缩乳清蛋白粉(美国普洛钦)和纯净水等。

冷冻干燥机(GIPP-50FG,上海继普电子科技);双极直连旋片式真空泵(BSV30,宁波鲍斯能源装备);电子天平(常州市奥豪斯仪器);电动打蛋器(DDQ-B01K1,小熊电器);质构仪(TA.XT.Plus,英国 SMS);试验筛($\phi 200 \times 50-2.8/1.12$,新乡市康达新机械);步入式恒温恒湿实验室(THA-8100,陕西欧凯机电科技);气相色谱仪 7890A、高效液相色谱仪 1260、液质联用仪 AB(安捷伦科技);原子吸收光谱仪(Z-2000,日本日立);微波消解仪(MARS6,美国 CEM);紫外分光光度计(UV-2600,日本岛津)。

1.2 试验方法

1.2.1 辅食溶豆的制作工艺流程及要点

(1)溶解:称取 60 °C 纯净水,加入单、双甘油脂肪酸酯、果胶、淀粉等增稠剂,手动搅拌使增稠剂充分溶解。

(2)一次打发:溶解后使用电动打蛋器对溶液进行搅拌打发,至有类似于奶油纹路后停止。

(3)二次打发:溶液中加入全脂乳粉、无水葡萄糖、海藻糖、苹果酸、浓缩乳清蛋白、营养素(碳酸钙、乙二胺四乙酸铁钠、氧化锌、醋酸维生素 A、胆钙化醇、盐酸硫胺素、核黄素、氰钴胺、叶酸)等,再次进行打发,至溶液体积膨胀,快速垂直向上抬起,呈鸡尾状,无下垂现象,光泽度较高,气孔分布较细腻,打发比重为 0.50~0.53 g·cm⁻³。

(4)挤出定型:使用奶油袋将溶豆挤出定型至烘焙托盘上,后放入真空冻干机中进行冻干。

(5)出盘、包装:冻干结束后取出托盘,轻晃托盘使溶豆脱模,并根据规格定量充氮包装。

辅食溶豆制作工艺如图 1 所示。

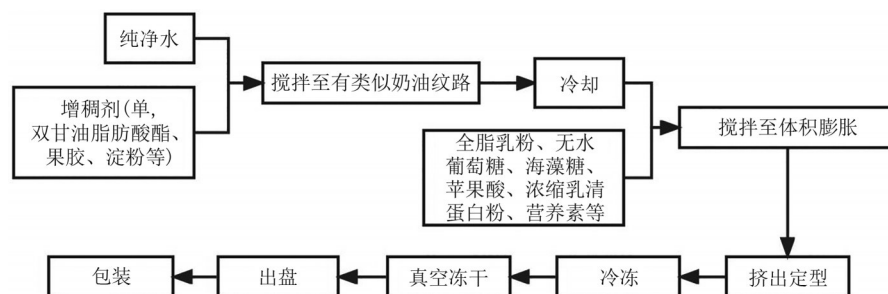


图1 辅食溶豆制作工艺流程图

Fig. 1 Process flow diagram for the production of supplementary food melts

1.2.2 水分含量的测定

测定依据为 GB 5009.3—2016 直接干燥法。取

样、称重不同样品于 105 °C 烘箱内干燥至恒重,试验重复 3 次。水分含量的计算公式如下:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \times 100, \quad (1)$$

式中: X 为样品中水分含量, $\text{g} \cdot (100 \text{ g})^{-1}$; m_1 为样品和称量瓶的质量总和, g ; m_2 为燥后的样品和称量瓶的质量总和, g ; m_3 为称量瓶的质量, g .

1.2.3 比重的测定

依据 GB/T 20981—2007 中的小米排体积法对溶豆的比重进行测定,将溶豆样品称重后,放入一定体积的容器,使用粒径为 0.9~1.1 mm 的小米对容器进行填充,至完全覆盖并摇实填满,测量填充使用的小米的体积,试验重复 3 次.溶豆样品的比重计算公式如下:

$$V = \frac{M}{V_0 - V_1}, \quad (2)$$

式中: V 为溶豆的比重, $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$; M 为溶豆的质量, g ; V_0 为溶豆放入容器后的体积, cm^3 ; V_1 为填充使用的小米的体积, cm^3 .

1.2.4 复水时间的测定

复水时间能够在一定程度上反映溶豆类产品的速溶程度及其于口腔中与唾液的水和能力.参考劳艳艳的方法^[12]对溶豆的复水能力进行测定,复水装置由下到上分别为装有 100 mL 37 °C 蒸馏水的 250 mL 烧杯、玻璃板、玻璃盖,测定时样品放于玻璃板上,后快速移除玻璃板.复水时间以溶豆下表面刚接触蒸馏水到上表面完全被水浸没的时间,取不同体积的溶豆,试验重复 3 次.

1.2.5 硬度和脆度的测定

使用质构仪测定硬度、脆度.仪器模式选择饼干穿刺模式、平底圆柱 P/2 探头(面直径 2.0 mm), 1.0 mm·s⁻¹测前速度,0.5 mm·s⁻¹测试速度,10.0 mm·s⁻¹侧后速度,60% 压缩率,5.0 g 测量触发力^[13].使用 Exponent 软件对测试结果进行计算支持.每组溶豆重复测定 5 次,取平均值.

1.2.6 筛下物的测定

使用 GB/T 23787—2019 中的方法,将总量不少于 100 g 的整包装试样拆除包装后,用感量 0.1 g 的天平称其质量(m_1),置于符合 GB/T 6003.1 中规格为 $\phi 200 \times 50-2.8/1.12$ 的连同接收盘和盖一起使用的试验筛中,每次放入试验筛的试样不得超过试验筛体积的 1/3,双手握试验沿水平方向操动 8 圈至 10 圈(频率约每分钟 80 圈,摇动直径约 250 mm),倒掉筛上物,按以上要求继续筛分余下的试样,当全部试样经过筛分后称其筛下物的质量(m_2)按式(3)计算筛下物.

$$X = \frac{m_2}{m_1} \times 100\%, \quad (3)$$

式中: X 为筛下物含量, $\%$; m_1 为试样质量, g ; m_2 为筛下物质量, g .

1.2.7 加速试验条件及周期

参照《特殊医学用途配方食品稳定性研究要求》(2017 修订版),加速试验条件及“考察时间为产品保质期的 1/4,且不得少于 3 个月”的要求,将溶豆产品置于温度(37±2) °C、湿度 RH 75%±5% 条件下,于 0、1、2、3、6 月时对实验样品的营养素进行全项检测.

1.2.8 营养素的检测

根据《GB 22570—2014 食品安全国家标准 辅食营养补充品》中规定的检测方法对三批次试验样品蛋白质、脂肪、维生素和矿物质进行检测,如有检测方法更新则使用最新标准进行检测.

1.2.9 衰减率计算

以试验开始前即 0 月的检测数值为初始值,将加速试验的 1、2、3、6 月的检测数值分别与 0 月初始值进行衰减率计算:

$$\text{衰减率}(\%) = \frac{T_1 - T_x}{T_1} \times 100\%, \quad (4)$$

式中: T_1 为 0 月时各营养素检测数值; T_x 为 1、2、3、6 月时各营养素检测数值.

1.2.10 数据处理

利用 Excel 2016、SPSS 对数据进行处理和统计分析,结果表示为重复试验的平均值±标准偏差.通过 Duncan 检验在 95% 置信水平($P < 0.05$)进行显著性差异分析.Origin Pro 2016 对实验图表进行绘制.

2 结果与讨论

2.1 辅食溶豆物理性质分析

2.1.1 辅食溶豆水分、比重、复水时间分析

比重可以反映样品的多孔结构,并与被测样品的复水能力相关^[14].不同溶豆水分含量、比重、复水时间比较结果见表 1.由表 1 可见:辅食溶豆的比重与市售三款溶豆竞品无显著差异($P > 0.05$),水分含量与竞品 2、竞品 3 无显著差异($P > 0.05$).说明通过真空冷冻干燥技术,可将辅食溶豆内的水分冷冻成冰晶后以升华的方式基本完全除去,并使除去水分后的辅食溶豆内部形成多孔、疏松的结构.

复水时间能在一定程度上反映溶豆产品在口腔中的湿润分散特性.由表 1 可见:辅食溶豆与竞

表1 不同溶豆水分含量、比重、复水时间

项目	水分含量/[g·(100 g) ⁻¹]	比重/(g·cm ⁻³)	复水时间/s
辅食溶豆	2.15±0.16 ^a	0.38±0.03 ^{ab}	21.87±1.05 ^a
竞品1	2.83±0.02 ^b	0.42±0.02 ^b	30.82±0.84 ^c
竞品2	2.12±0.31 ^a	0.39±0.06 ^{ab}	24.82±0.66 ^b
竞品3	2.25±0.15 ^a	0.37±0.05 ^a	21.53±1.06 ^a

注:表中同一列的不同上标字母表示差异显著($P<0.05$).

品3的复水时间无显著差异($P>0.05$),且复水时间与溶豆产品的比重有关,复水时间越短的产品对应的比重越小.可能的原因是比重较小的辅食溶豆样品经真空冷冻干燥处理失水后,内部的结构变得疏松,并形成了蜂窝状孔隙结构,接触水时水分更易经孔隙通道进入溶豆内部,进而更易在口腔中融化,具有更好的湿润分散性,食用时表现出更好的口感.

2.1.2 硬度、脆度和筛下物

质构测定能够将固态样品感官特性精确量化,其中硬度、脆度是反映溶豆类样品感官特性的两项重要指标^[15].硬度是直接反映口感的第一指标,是食品保持形状的内部结合力和衡量食品贮藏形状的重要指标,与食品受力能力相关^[16];食品脆度可描述为食品的易碎程度^[17].

不同溶豆硬度、脆度和筛下物对比结果见图2.由图2可见:4组样品的筛下物均小于5%,辅食溶豆和竞品3的硬度、脆度以及筛下物均较小且无显著差异($P>0.05$),表明两样品的感官特性基本相同,但与竞品1、竞品2相比硬度、脆度存在明显差异($P<0.05$),表明辅食溶豆与竞品1、竞品2的感官特性同样存差异.可能的原因是,辅食溶豆与竞品3原料均

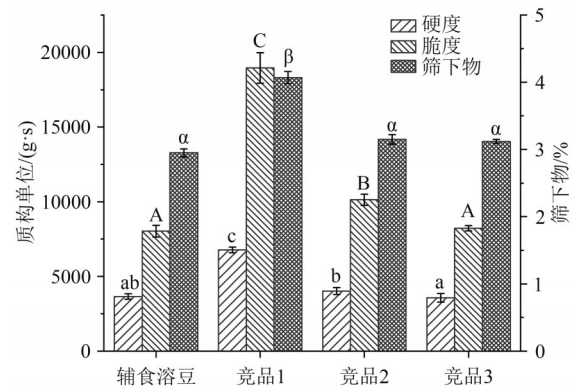


图2 不同溶豆硬度、脆度和筛下物对比

Fig. 2 Comparison of hardness, brittleness, and sieve content of different melts

(图中同一指标不同字母表示存在显著性差异, $P<0.05$)

为乳基且工艺相近,执行标准同样为辅食标准,导致其产生同样酥脆质地的感官表现;竞品1、竞品2原料为果蔬,原料、执行标准与辅食溶豆和竞品3不同,所以产生硬脆质地的感官表现.此外,还可见同一产品脆度越大其筛下物所占比例越高,易碎程度越大,过大的脆度会导致筛下物比例升高,进而使产品在运输过程由于搬运、颠簸等外力条件下难以保持产品外观完整产生破碎,影响产品的销售属性.

2.2 辅食溶豆加速试验

2.2.1 全项检测结果

表2为3批辅食溶豆加速实验考察期间全项检测结果和相对标准偏差(RSD).由表2可见:三批次辅食溶豆样品的各营养素检测结果相对标准偏差(RSD)均在5.00%以内,根据《混合均匀性取样和评价指南(FDA)》中规定,同一产品配方不同批次的营养素指标RSD在5.00%以内,说明该配方产品稳定性好^[18].

表2 辅食溶豆加速试验全项检测结果

Tab. 2 Accelerated testing results of supplementary food melts for all items

检测项目	试验开始/0个月				试验结束/6个月			
	第一批	第二批	第三批	RSD/%	第一批	第二批	第三批	RSD/%
蛋白质含量/%	29.15	30.35	28.95	2.57	27.62	26.99	27.88	1.66
脂肪含量/%	15.12	15.05	15.23	0.60	14.15	14.55	13.99	2.03
钙含量/(mg·日份 ⁻¹)	236	239	224	3.41	215	227	211	3.83
铁含量/(mg·日份 ⁻¹)	7.51	7.54	7.46	0.54	6.82	6.77	6.99	1.68
锌含量/(mg·日份 ⁻¹)	4.22	4.35	4.16	2.29	3.91	3.88	3.95	0.90
VA含量/(μg·日份 ⁻¹)	255	262	255	1.57	220	224	218	1.38
VD含量/(μg·日份 ⁻¹)	6.65	6.75	6.51	1.82	5.76	5.69	5.89	1.76
VB1含量/(mg·日份 ⁻¹)	0.64	0.65	0.65	0.89	0.53	0.55	0.54	1.85
VB2含量/(mg·日份 ⁻¹)	0.65	0.66	0.64	1.54	0.55	0.54	0.55	1.06
VB12含量/(μg·日份 ⁻¹)	0.6	0.61	0.63	2.49	0.56	0.56	0.57	1.02
叶酸含量/(μg·日份 ⁻¹)	84	85	83	1.19	78	80	75	3.24

从表2中还可可见:加速试验起始到结束期间,各营养素的检测结果均在符合《GB 22570—2014食品安全国家标准 辅食营养补充品》中营养成分含量要求范围内,且符合GB 13432—2013中“产品保质期内,营养素的实际含量不应低于标示值的80.00%”的要求。

2.2.2 加速试验期间除维生素外营养素衰减情况

通过高于样品正常存储条件(温度、湿度)的加速试验可确认产品的稳定性情况,该实验也可为产品配方设计及工艺流程在非适宜贮存条件下是否仍能保持其质量稳定性提供依据,同时也能够判定或预测产品在长期贮存条件下的稳定周期^[19]。

蛋白质及脂肪的摄入对婴幼儿的机体及神经的发育、食欲及激素的调节都具有十分重要的意义^[20]。且婴幼儿每千克体重所需的蛋白质及脂肪的量也高于成人^[21-22]。钙铁锌的摄入会提高婴幼儿的

免疫系统、神经系统等方面的发育,对婴幼儿的成长同样具有重要意义^[23]。

表3及图3为辅食溶豆样品在加速试验期间除维生素外营养素的含量变化及衰减率,表4为除维生素外营养素衰减率于加速时间皮尔逊相关性分析。由图表可见:辅食溶豆中铁元素由7.50 mg·日份⁻¹衰减到6.86 mg·日份⁻¹,衰减率为9.01%;钙元素由233 mg·日份⁻¹衰减到232 mg·日份⁻¹,衰减率为8.90%;锌元素由4.24 mg·日份⁻¹衰减到3.91 mg·日份⁻¹,衰减率为6.90%。由此可知:加速一个月后,各营养素均有一定程度的衰减,且随着加速实验的进行,营养素随加速时间的延长衰减率呈极显著正相关,但整体衰减率不高,均未超过10%,表明除维生素外营养素在加速试验期间稳定性高,不易发生衰减,货架期内可保证营养素稳定。

表3 加速试验期间除维生素外营养素含量

Tab. 3 Nutrient contents except vitamins during accelerated trials

试验时间	加速0月	加速1月	加速2月	加速3月	加速6月
蛋白质含量/%	29.48±0.76	29.02±0.62	28.89±0.57	28.56±0.15	27.50±0.46
脂肪含量/%	15.13±0.09	15.01±0.15	14.89±0.56	14.68±0.45	14.23±0.29
钙含量/(mg·日份 ⁻¹)	233±7.94	232±9.35	231±8.99	226±6.25	217.67±8.33
铁含量(mg·日份 ⁻¹)	7.50±0.04	7.41±0.08	7.31±0.02	7.13±0.01	6.86±0.12
锌含量(mg·日份 ⁻¹)	4.24±0.04	4.17±0.23	4.12±0.21	4.05±0.05	3.91±0.10

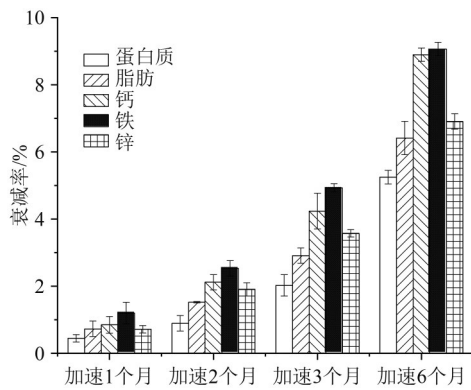


图3 加速试验期间除维生素外营养素衰减率

Fig. 3 Attenuation rate of nutrients except vitamins during accelerated testing

表4 除维生素外营养素衰减率与加速时间皮尔逊相关性分析

Tab. 4 Pearson correlation analysis of decay rate and acceleration time of nutrients except vitamins

营养素衰减率	加速时间
蛋白质	0.994**
脂肪	0.998**
钙	0.998**
铁	0.995**
锌	0.997**

注:**表示在α=0.01级别(双尾),相关性显著。

2.2.3 加速试验期间维生素类营养素衰减情况

维生素A对婴幼儿的骨骼和视力发育起到重要作用,还能增强机体造血功能,维生素D在体内可以起到钙磷调节的作用,可防止佝偻病、骨质疏松;B族维生素能够调节婴幼儿的肠道健康;叶酸能够促进婴幼儿的神经细胞及脑细胞发育^[24-26]。

表5及图4为辅食溶豆样品在加速试验期间维生素类营养素的含量变化及衰减率,表6为维生素类营养素衰减率与加速时间皮尔逊相关性分析。由图表可见:在加速试验期间各维生素衰减率均较大,其中维生素B1由0.65 mg·日份⁻¹衰减到0.55 mg·日份⁻¹,衰减率为18.46%;维生素B12由0.61 μg·日份⁻¹衰减到0.56 μg·日份⁻¹,衰减率为15.38%;维生素A由257.33 μg·日份⁻¹衰减到220.67 μg·日份⁻¹,衰减率为13.72%;维生素D由6.64 μg·日份⁻¹衰减到5.78 μg·日份⁻¹,衰减率为13.38%,衰减率均超过10%,且维生素类营养素的衰减率与加速时间呈显著正相关。可能由于维生素类营养素添加量较小,在真空冷冻干燥过程中会出现一定的损耗,检测时易出现检测误差,但辅食溶豆在包装灌装时采用充氮包装法进行包装,使辅食溶豆在包装内部无法接触氧气进而使产品中脂溶性维生素的稳定性较高。

表5 加速试验期间维生素类营养素含量
Tab. 5 Vitamin nutrient contents during accelerated trials

试验时间	加速0月	加速1月	加速2月	加速3月	加速6月
VA含量/($\mu\text{g}\cdot\text{日份}^{-1}$)	257.33±4.04	251±5.21	244±3.25	235±3.66	220.67±3.06
VD含量/($\mu\text{g}\cdot\text{日份}^{-1}$)	6.64±0.12	6.55±0.22	6.39±0.15	6.11±0.20	5.78±0.10
VB1含量/($\text{mg}\cdot\text{日份}^{-1}$)	0.65±0.01	0.64±0.01	0.62±0.02	0.59±0.01	0.55±0.01
VB2含量/($\text{mg}\cdot\text{日份}^{-1}$)	0.65±0.01	0.64±0.01	0.63±0.02	0.60±0.01	0.55±0.01
VB12含量/($\mu\text{g}\cdot\text{日份}^{-1}$)	0.61±0.02	0.61±0.01	0.59±0.01	0.58±0.01	0.56±0.02
叶酸含量/($\mu\text{g}\cdot\text{日份}^{-1}$)	84.00±1.00	83.26±2.44	82.67±1.66	81.78±1.58	77.67±2.52

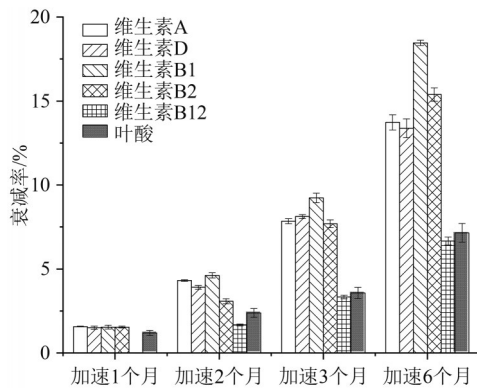


图4 加速试验期间维生素类营养素衰减率

Fig. 4 Attenuation rate of vitamin nutrients during accelerated testing

表6 维生素类营养素衰减率与加速时间皮尔逊相关性分析

Tab. 6 Pearson correlation analysis of vitamin nutrient decay rate and acceleration time

营养素衰减率	加速时间
VA	0.984 [*]
VD	0.987 [*]
VB1	0.969 [*]
VB2	0.958 [*]
VB12	0.983 [*]
叶酸	0.956 ^{**}

注: *表示在 $\alpha=0.05$ 级别(双尾),相关性显著; **表示在 $\alpha=0.01$ 级别(双尾),相关性显著。

3 结论

通过对辅食溶豆样品的物理性质分析,辅食溶豆具有疏松多孔的内部结构、优良的复水能力、良好的酥脆质地感官表现以及合格的防破碎性质;经加速试验研究营养素的稳定性情况预测其营养素货架期内衰减情况稳定,符合国家标准要求,确保货架期内为婴幼儿提供所需营养素.它同时兼具溶豆及辅食标准食品的优势,适合婴幼儿食用,具有良好的市场前景。

参 考 文 献

- [1] LANGLEY-EVANS S C. Nutrition in early life and the programming of adult disease: A review [J]. Journal of Human Nutrition and Dietetics: the Official Journal of the British Dietetic Association, 2015, 28(Suppl 1): 1-14.
- [2] MARTIN C R, LING P R, BLACKBURN G L. Review of infant feeding: Key features of breast milk and infant formula [J]. Nutrients, 2016, 8(5): 279.
- [3] 荫士安. 中国婴幼儿的生长发育与辅食添加现状 [J]. 中国儿童保健杂志, 2004, 12(6): 509-511.
- [4] LESSEN R, KAVANAGH K. Position of the academy of nutrition and dietetics: Promoting and supporting breastfeeding [J]. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 2015, 115(3): 444-449.
- [5] 吴妍, 高利旺, 马璐, 等. 中国西部贫困地区小学生营养与饮食行为现状及相关性 [J]. 中国学校卫生, 2022, 43(12): 1787-1790, 1795.
- [6] 李影, 曹佩, 张磊, 等. 婴幼儿配方食品及婴幼儿辅助食品中呋喃污染特征及膳食暴露概率评估 [J]. 中国食品卫生杂志, 2021, 33(1): 79-86.
- [7] 周传静, 任雪梅, 王文特, 等. 婴幼儿辅助食品的发展及存在的问题 [J]. 食品安全导刊, 2016(15): 78-79.
- [8] 段秋虹, 郭楠楠, 游新侠, 等. 烘烤型酸奶溶豆的研制 [J]. 食品工业, 2018, 39(3): 16-19.
- [9] 毕金峰, 冯舒涵, 金鑫, 等. 真空冷冻干燥技术与产业的发展及趋势 [J]. 核农学报, 2022, 36(2): 414-421.
- [10] 乔颖鑫, 曹萌, 李代, 等. 奶酪溶豆的研制 [J]. 现代食品, 2019(7): 87-91.
- [11] 欧阳锐, 陈欢, 吴煌琳, 等. 响应面法优化冻干黄花梨酸奶溶豆的制备及其品质分析 [J]. 宁德师范学院学报(自然科学版), 2020, 32(4): 390-396.
- [12] LAO Y Y, ZHANG M, DEVAHASTIN S, et al. Effect of combined infrared freeze drying and microwave vacuum drying on quality of kale yoghurt melts [J]. Drying Technology, 2020, 38(5/6): 621-633.
- [13] HNIN K K, ZHANG M, DEVAHASTIN S, et al. Combined infrared freeze drying and infrared drying of rose-flavored yogurt melts—Effect on product quality [J].

- Food and Bioprocess Technology, 2020, 13(8): 1356-1367.
- [14] LIU Z B, ZHANG M, BHANDARI B, et al. Quality of restructured cookies made from old stalks of *Asparagus officinalis* using various drying methods [J]. *Drying Technology*, 2016, 34(16): 1936-1947.
- [15] 劳艳艳. 基于羽衣甘蓝的蔬菜酸奶溶豆高效干燥制备及其特性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2020.
- [16] SZCZESNIAK A S. Texture is a sensory property [J]. *Food Quality and Preference*, 2002, 13(4): 215-225.
- [17] PANAK BALENTIĆ J, JOZINOVIĆ A, AČKAR Đ, et al. Nutritionally improved third generation snacks produced by supercritical CO₂ extrusion I. Physical and sensory properties [J]. *Journal of Food Process Engineering*, 2019, 42(2): e12961.
- [18] HOWARD-SPARKS M, GAWLIKOWSKI A, FDA. Evaluation of blend uniformity and content uniformity based on 2003 stratified sampling guidance and 1999 blend uniformity analysis guidance: Product A [J]. *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 2004, 58(4): 222-230.
- [19] 刘宝华, 徐庆利, 孙欣瑶, 等. 婴儿配方乳粉营养素的稳定性研究[J]. *中国乳业*, 2022(3): 85-92, 97.
- [20] ROUX L L, CHACON R, DUPONT D, et al. *In vitro* static digestion reveals how plant proteins modulate model infant formula digestibility [J]. *Food Research International*, 2020, 130: 108917.
- [21] TANG M H, HENDRICKS A E, KREBS N F. A meat- or dairy-based complementary diet leads to distinct growth patterns in formula-fed infants: A randomized controlled trial [J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2018, 107(5): 734-742.
- [22] LINDQUIST S, HERNELL O. Lipid digestion and absorption in early life: An update [J]. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 2010, 13(3): 314-320.
- [23] 朱孝靖, 王洁翡. 钙铁锌微量元素失衡对婴幼儿免疫功能及智能行为发育的影响[J]. *临床医学工程*, 2023, 30(3): 371-372.
- [24] 李莲, 黄柳霞, 罗雪婷. 二维液相色谱法同时测定婴幼儿配方奶粉中的维生素A、D、E [J]. *海南师范大学学报(自然科学版)*, 2023, 36(1): 46-52.
- [25] 赵艳颖, 王素青, 王晓阳, 等. 维生素B12并烟酸缺乏症1例并文献复习 [J]. *临床荟萃*, 2015, 30(8): 931-934.
- [26] 崔国萍, 黄宝钗, 杨薇. 微生物法与试剂盒法测定婴幼儿配方奶粉中叶酸含量的方法比较 [J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(13): 3497-3500.

(责编&校对 刘钊)