

## 婴幼儿营养米粉中营养物质稳定性的研究

张荣彬<sup>1</sup>, 戴志勇<sup>2</sup>, 李梦怡<sup>2</sup>, 陈振桂<sup>2</sup>, 任国谱<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>中南林业科技大学食品科学与工程学院 长沙 410004

<sup>2</sup>英氏控股集团股份有限公司 长沙 410000

**摘要** 通过对婴幼儿营养米粉稳定性的研究,为婴幼儿营养米粉货架期的预测、确定和产品储存以及产品配方、加工技术的改进提供参考。依据化学动力学原理设计试验,在温度(37±2)℃,湿度(75±5)%条件下贮藏样品6个月,以加快营养素衰减变质速度,检测各营养素指标,探究婴幼儿营养米粉中营养素的稳定性。结果表明,维生素中的VA、VC、VB<sub>1</sub>和泛酸的稳定性较差,平均衰减率为47.60%,42.59%,26.70%和28.30%,VD、VE、VB<sub>2</sub>、VB<sub>6</sub>、VB<sub>7</sub>、VB<sub>9</sub>、VB<sub>12</sub>和烟酸的稳定性较好。矿物质营养中钠元素的稳定性差,最大衰减为40.00%,钙、铁、锌、钾和磷保持稳定,无明显变化。部分营养素虽在加速试验中呈衰减趋势,但均在合格范围。部分指标可在后期配方设计时进行调整。

**关键词** 婴幼儿营养米粉; 营养素指标; 维生素; 加速试验; 稳定性

文章编号 1009-7848(2022)01-0251-12 DOI: 10.16429/j.1009-7848.2022.01.027

婴幼儿营养米粉是以大米为主要原料,以白砂糖、蔬菜、水果、蛋类、肉类等为辅料,或加入钙、磷、铁等矿物质及维生素等食品营养强化剂,经加工制成的供断奶期婴幼儿的辅助或补充食品<sup>[1-2]</sup>。婴幼儿营养米粉中含有12种维生素,7种矿物质以及国家允许在婴幼儿营养米粉中可选择添加的其它营养成分。米粉在贮存过程中受到温度、湿度、光照、微生物等的影响,不可避免地影响食品的理化、感官、营养特性等<sup>[3]</sup>。添加营养强化剂产品中的部分矿质元素、维生素也随贮存时间的延长,呈现衰减趋势<sup>[4]</sup>。

目前,关于婴幼儿米粉的研究主要集中在污染物研究<sup>[5-7]</sup>、配方设计<sup>[8-10]</sup>、工艺改进<sup>[11-13]</sup>以及加工过程中营养成分损失<sup>[14]</sup>等方面,而按照化学动力学原理设计婴幼儿营养米粉配方,对其营养素的稳定性研究少之又少。鉴于此,本试验选取3种米粉样品(罐装)置于恒温恒湿箱内,温度(37±2)℃,湿度RH(75±5)%,进行为期6个月的稳定性加速试验,并检测其感官、理化(能量、碳水化合物、水分、蛋白质、脂肪)、DHA、维生素(VA、VD、VE、VC、VB<sub>1</sub>、VB<sub>2</sub>、VB<sub>6</sub>、VB<sub>7</sub>、VB<sub>9</sub>、VB<sub>12</sub>、烟酸、泛酸)、矿物质元素(钙、铁、锌、钾、钠、磷)和安全指标。考察点设为0,1,3,5,6个月,通过数据分析营养素指

标在加速试验过程中的变化,为预测婴幼儿营养米粉的货架期提供支持。

### 1 材料与amp;方法

#### 1.1 材料

婴幼儿营养米粉,湖南英氏营养品股份有限公司。适合7月龄以上婴幼儿,罐(马口铁)装。

#### 1.2 仪器与设备

BSC-250 恒温恒湿箱,上海博讯实业有限公司;WGL-125B 自动凯氏定氮仪,上海沛欧分析仪器有限公司;WGL-05B 电热鼓风干燥箱,天津市泰斯特仪器有限公司;LC-20AT 高效液相色谱仪、GC-2014C 气相色谱仪、AA-6680 原子吸收分光光度计、UV-1800 紫外分光光度计,日本岛津公司;F-2700 型荧光分光光度计,日本株式会社日立高新技术科学那珂事业所。

#### 1.3 试验方法

1.3.1 加速试验条件及方法 温度(37±2)℃,空气相对湿度(75±5)%,原罐不拆封储存。

3种米粉样品(罐装)放置于恒温恒湿箱,温度与湿度分别设置为(37±2)℃,RH(75±5)%,试验周期为6个月的稳定性加速试验,对感官、理化(能量、水分、碳水化合物、蛋白质、脂肪)、DHA、维生素(VA、VD、VE、VC、VB<sub>1</sub>、VB<sub>2</sub>、VB<sub>6</sub>、VB<sub>7</sub>、VB<sub>9</sub>、VB<sub>12</sub>、烟酸、泛酸)、矿物质元素(钙、铁、锌、钾、钠、磷)和安全指标进行检测,考察点为0,1,3,5,6个

收稿日期: 2021-01-15

作者简介: 张荣彬(1997—),男,硕士生

通信作者: 任国谱 E-mail: gprenhzz@163.com

月。 全国家标准分析方法，具体检测方法及精密度见表 1。

1.3.2 检测方法 所用试验检测方法均为食品安

表 1 国标检测方法  
Table 1 National standard test method

检测项目	检测方法	精密度/%	参考文献
感官	GB 10765-2010	/	[15]
水分	GB 5009.3-2016 第一法	10	[16]
脂肪	GB 5009.6-2016 第一法	10	[17]
蛋白质	GB 5009.5-2016 第一法	10	[18]
VA、VE	GB 5009.82-2016 第一法	10	[19]
VD	GB 5009.82-2016 第四法	15	[19]
VC	GB 5413.18-2010	10	[20]
VB <sub>1</sub>	GB 5009.84-2016 第一法	10	[21]
VB <sub>2</sub>	GB 5009.85-2016 第一法	10	[22]
VB <sub>6</sub>	GB 5009.154-2016 第一法	15	[23]
VB <sub>7</sub> (生物素)	GB 5009.259-2016	10	[24]
VB <sub>9</sub> (叶酸)	GB 5009.211-2014	5	[25]
VB <sub>12</sub>	GB 5413.14-2010	10	[26]
烟酸	GB 5009.89-2016 第二法	10	[27]
泛酸	GB 5009.210-2016 第二法	5	[28]
DHA	GB 5009.168-2016 第二法	10	[29]
钙	GB 5009.92-2016 第一法	10	[30]
铁	GB 5009.90-2016 第一法	10	[31]
锌	GB 5009.14-2017 第一法	10	[32]
钠、钾	GB 5009.91-2017 第一法	10	[33]
硝酸盐	GB 5009.33-2016 第二法	10	[34]
黄曲霉毒素 B <sub>1</sub>	GB 5009.22-2016 第四法	20	[35]
铅	GB 5009.12-2017 第一法	20	[36]
锡	GB 5009.16-2014 第一法	10	[37]
镉	GB 5009.15-2014 第一法	20	[38]
沙门氏菌	GB 4789.4-2016	/	[39]
大肠杆菌	GB 4789.3-2016	/	[40]
菌落总数	GB 4789.2-2016	/	[41]

## 2 结果与分析

### 2.1 各营养素标签明示值与检测实际值

通过检测结果得知，样品标示值低于各样品的实际检测值，为了弥补货物在生产过程中、货架贮存以及商品运输及销售过程中的损失，生产商往往会根据国家标准，在标准范围内对婴幼儿营养米粉中的营养素进行足量强化，从而保证其营养素水平达到国家法律法规的规定，本试验数据证实了这一点。

### 2.2 感官和理化

加速试验中的感官和理化指标见表 3 和表 4。在温度(37±2)℃,相对湿度(75±5)%的条件下，样品的感官指标在 5 个月和 6 个月时产生氧化气味，其余时间均保持稳定。样品 DHA 含量保持稳定；理化指标中，水分含量先增加后趋于稳定，脂肪含量发生小幅度的降低后变得趋于平稳，其余指标均保持稳定。

美拉德反应是含有蛋白质和碳水化合物的食

表 2 各营养素标签明示值与检测实际值  
Table 2 Specific nutrient label values and actual values

营养素指标	单位	国家标准	标签明示值	样品 A 实际检测值(0 月)	样品 B 实际检测值(0 月)	样品 C 实际检测值(0 月)
能量	kJ	≥1 272	1564	1678	1681	1671
脂肪	μgRE/100 kJ	0.032~0.80	0.04	0.101	0.089	0.102
蛋白质	g/100 kJ	≥0.352	0.44	0.47	0.47	0.49
碳水	g/100 kJ	≥4.24	5.30	5.19	5.22	5.17
水分	%	≤6.0	/	1.68	1.32	1.51
VA	μgRE/100 kJ	14.0~43.0	17.50	36.41	35.16	42.49
VD	μg/100 kJ	0.25~0.75	0.27	0.41	0.38	0.55
VE	mg/100 kJ	0.088~1.20	0.11	0.60	0.57	0.80
VB1	μg/100 kJ	≥12.5	15.60	48.69	47.06	56.31
VB2	μg/100 kJ	≥13.0	16.20	49.88	48.60	62.24
VB6	μg/100 kJ	≥8.40	10.50	36.05	34.68	51.65
VB12	μg/100 kJ	≥0.02	0.02	0.11	0.15	0.13
烟酸	μg/100 kJ	≥83.70	104.60	147.62	169.42	306.76
VB9	μg/100 kJ	≥1.20	1.50	5.23	5.42	5.26
泛酸	μg/100 kJ	≥50.40	63.00	189.99	146.34	151.89
VC	mg/100 kJ	≥1.40	1.70	9.48	9.80	8.53
VB7	μg/100 kJ	≥0.17	0.21	0.91	0.90	0.89
钙	mg/100 kJ	≥18.24	19.80	28.49	27.50	28.31
铁	mg/100 kJ	0.26~0.50	0.35	0.41	0.39	0.38
锌	mg/100 kJ	0.20~0.46	0.29	0.35	0.37	0.40
钾	mg/100 kJ	13.04~66.0	16.30	20.32	20.58	21.13
钠	mg/100 kJ	0.048~24.0	0.80	0.60	0.50	0.50
磷	mg/100 kJ	8.40~30.0	10.50	12.75	12.43	11.79

表 3 样品感官指标结果

Table 3 Sample sensory indicators

贮藏时间/月	样品	感官评价结果	贮藏时间/月	样品	感官评价结果
0	A	乳白无异物,无异味,糊状	5	A	乳白无异物,轻微氧化味,糊状
	B	乳白无异物,无异味,糊状		B	乳白无异物,无异味,糊状
	C	淡黄色无异物,无异味,糊状		C	淡黄色无异物,轻微氧化味,糊状
1	A	乳白无异物,无异味,糊状	6	A	乳白无异物,氧化味,口感糙
	B	乳白无异物,无异味,糊状		B	乳白无异物,轻微氧化味,口感糙
	C	淡黄色无异物,无异味,糊状		C	淡黄色无异物,氧化味,口感糙
3	A	乳白无异物,无异味,糊状			
	B	乳白无异物,无异味,糊状			
	C	淡黄色无异物,无异味,糊状			

物中最重要的修饰(反应)之一。它是由加热和长时间贮存所引起的,会造成营养价值损失<sup>[42]</sup>。在贮藏过程中,婴幼儿营养米粉发生美拉德反应可产

生不良气味,颜色逐渐变成棕褐色。棕色是在褐变反应的高级阶段形成的,因此颜色测量为评估褐变反应的强度提供了一个有用的指标<sup>[43]</sup>。

在婴幼儿营养米粉加速试验中,前4个月未发生明显的美拉德反应变化。随着加速试验周期的延长,样品A和样品C从轻微氧化味变为氧化味,样品B在6个月出现轻微氧化味。样品中的DHA来源为DHA藻油粉剂,微胶囊包埋制成粉末,粉末状态可以防止温度、氧气、光照和酸碱等化学因素对其稳定性造成破坏,且不易氧化酸败。通过表4和表5得知,DHA含量和理化指标中脂肪含量在试验过程中处于稳定状态,表明油脂并未发生氧化酸败,因此,氧化气味的产生需要可能

与游离油脂的氧化酸败及产品配方中其它物质变化有关。

水分含量发生小幅的增加后趋于稳定,姜艳喜等<sup>[44]</sup>的研究也证实阻隔性良好的包装材料内样品水分含量增加,可能是由于基质内结合水转化为自由水所致。脂肪含量发生小幅度的降低后,变得趋于平稳,这与García-Martínez等<sup>[45]</sup>对粉状婴儿配方奶粉在不同温度下脂质稳定性的检测结果相似。除此之外,样品中的碳水化合物和蛋白质含量保持稳定。

表4 样品理化指标的试验结果

Table 4 Experimental results of physical and chemical indexes of samples

营养素指标	单位	标准要求	样品	0	1	3	5	6
能量	kJ	≥1272	A	1 678	1 672	1 666	1 668	1 669
			B	1 681	1 678	1 660	1 666	1 674
			C	1 671	1 677	1 657	1 663	1 672
蛋白质	g/100 kJ	≥0.352	A	0.47	0.45	0.47	0.44	0.48
			B	0.47	0.43	0.45	0.45	0.46
			C	0.49	0.48	0.47	0.45	0.47
脂肪	μgRE/100 kJ	0.032~0.8	A	0.101	0.093	0.084	0.080	0.080
			B	0.089	0.076	0.072	0.070	0.069
			C	0.102	0.097	0.072	0.070	0.072
碳水化合物	g/100 kJ	≥4.24	A	5.19	5.22	5.23	5.27	5.27
			B	5.22	5.22	5.31	5.28	5.27
			C	5.17	5.22	5.26	5.29	5.28
水分	%	≤6.0	A	1.68	1.86	1.65	1.42	1.43
			B	1.32	1.92	1.79	1.47	1.46
			C	1.51	1.94	1.72	1.36	1.38

注:表中数据均为同一样品3次测量的平均值,下同。

表5 营养素(DHA)加速试验结果

Table 5 Nutrients (DHA) accelerated experimental results

营养素指标	单位	标准要求	样品	0	1	3	5	6
DHA	mg/100 kJ	≥0.26	A	1.16	1.15	1.15	1.14	1.15
			B	1.16	1.16	1.17	1.16	1.16
			C	1.22	1.21	1.22	1.22	1.21

### 2.3 脂溶性维生素

样品中VA、VD和VE含量变化在加速试验中呈不同变化趋势。VA表现出极不稳定性,样品A、样品B和样品C衰减率分别为51.9%、42.3%、48.6%,平均衰减率达47.6%。高文明等<sup>[46]</sup>在对货

架期的研究时发现,其试验结果中VA的最大衰减率达到45.19%以上,与本文研究结果相似。VD的性质较稳定,耐高温,抗氧化,不耐酸碱,对光线比较敏感,将其密闭贮存于罐中,除受温度和自身因素影响外,不受其它因素影响,因此其含量

不会发生明显变化。本试验结果显示 VD 在小范围内的变化,可能由于检测时受到外界环境影响,或与检测方法存在误差有关。VE 在空气中相对稳定,只有在碱和强酸条件下才被水解,Albalá-

Hurtado 等<sup>[47]</sup>对粉状婴儿配方食品与液态婴儿配方食品进行稳定性试验发现,VE 与初始结果几乎无差异,与本文结果相似。

表 6 样品营养素(脂溶性维生素)的试验结果

Table 6 Experimental results of nutrients (liposoluble vitamins) in samples

营养素指标	单位	标准要求	样品	0	1	3	5	6
VA	μgRE/100 kJ	14.0~43.0	A	36.41	31.39	20.95	20.80	17.50
			B	35.16	27.93	25.54	24.40	20.30
			C	42.49	30.11	27.40	23.60	21.80
VD	μg/100 kJ	0.25~0.75	A	0.41	0.38	0.37	0.38	0.37
			B	0.38	0.39	0.37	0.42	0.39
			C	0.55	0.52	0.55	0.51	0.52
VE	mg/100 kJ	0.088~1.20	A	0.60	0.59	0.55	0.52	0.57
			B	0.57	0.52	0.49	0.55	0.56
			C	0.83	0.86	0.75	0.78	0.79

#### 2.4 水溶性维生素

水溶性维生素中 VC、VB<sub>1</sub> 和泛酸在加速稳定性试验中表现出不稳定性,均有不同程度的衰减。

VC 对机体正常生长发育和代谢功能有着非常重要的影响,企业一般使用 L-抗坏血酸钠作为 VC 的来源对其进行强化。表 7 中,VC 衰减达到了 41.13%,42.34%,44.31%,平均衰减率为 42.59%。VC 对温度、光照强度、强酸、强碱和金属离子比较敏感,造成衰减的原因可能是婴幼儿米粉在加工过程中,米浆进行精磨和剪切时受到剪切力的作用或滚筒干燥时温度过高,破坏了 VC 微胶囊结构的稳定性,同时婴幼儿营养米粉中存在金属离子也加速了 VC 的氧化,导致其稳定性下降。

VB<sub>1</sub> 俗称硫胺素,可以构成辅酶,维持体内正常代谢,抑制胆碱酯酶的活性,促进胃肠蠕动,对神经组织和心脏具有保护作用<sup>[48]</sup>。VB<sub>1</sub> 衰减率分别为 25.2%,26.6%,28.5%,平均衰减率达到 26.7%。维生素 B<sub>1</sub> 在高温、强光和强酸、碱条件下具有稳定性,然而在实验室条件下的婴幼儿营养米粉贮存在密封铁罐,具有隔氧、避光和隔湿的作用,且温度也达不到破坏其稳定性的条件,因此造成其衰减原因需要进行跟踪监测。

婴幼儿营养米粉中泛酸的主要来源为 D-泛酸钙,干燥条件下对氧和光较为稳定,本试验中的

泛酸平均衰减率为 28.3%。汪新洁等<sup>[49]</sup>在辅食营养素撒剂中对各营养素衰减进行加速试验研究时测得泛酸衰减率为 25.00%,与本文结果相似,然而在水分得到控制的密闭罐内产生衰减,其原因需要进一步探究。

烟酸一般具有较好的稳定性,在固、液相体系中均能保持较好的稳定性,不易被光照、氧和温度所破坏,虽然烟酸在试验结果中有小幅度衰减,但其损失均低于检测方法的精密度(10%),综合考虑工艺流程和物质检测过程中存在的损失与误差,判定烟酸在加速试验中并无太明显的衰减,因此企业在对其进行营养强化时,无需过量添加。

VB<sub>2</sub>、VB<sub>6</sub>、VB<sub>12</sub> 和 VB<sub>7</sub> 在脂溶性维生素中都属于稳定营养素,耐碱与强酸,普通加热条件下也不易被破坏,虽然对光照敏感,但其化合物来源特性稳定,并且婴幼儿米粉贮存在密封的铁罐中,避光保存,因此含量不会发生明显变化,并无明显衰减。

VB<sub>9</sub> 是机体运行所必需的一种营养成分,对红细胞的生成具有促进作用,对人体所需微量元素的摄入具有提高作用。叶酸会参与人体新陈代谢和重要物质的合成过程。在加速稳定性试验条件下,叶酸含量增加,李学敏<sup>[50]</sup>在对泛酸进行长期稳定性研究时发现,泛酸含量会略有增长,而含量

符合规定。

## 2.5 矿物质

婴幼儿营养米粉中常以碳酸钙、富马酸亚铁、葡萄糖酸锌、碘酸钾和磷酸氢二钾作为钙、铁、锌、钾和磷的强化剂。钙、铁、锌、钾和磷,这5种矿物质元素在温度、光照、强氧化剂、强酸和强碱条件下,性状稳定,这与其含量在加速试验中非常稳定、无明显变化的结果相匹配。

钠在婴幼儿米粉中的含量呈现衰减趋势,何梅等<sup>[5]</sup>对中国包装食品中钠含量进行分析和研究时发现,谷物类食品(麦片、蔬菜米粉)在实验室检测条件下,钠变异系数 $\geq 45\%$ ,与本文钠元素衰减40.0%的结果相似。钠元素在婴幼儿米粉中无强化添加,究其原因可能是食品原料本身钠的差异及实验室分析的不确定因素所导致。

表7 样品水溶性维生素的试验结果

Table 7 Experimental results of water soluble vitamins in samples

营养素指标	单位	标准要求	样品	0	1	3	5	6
VB <sub>1</sub>	$\mu\text{g}/100\text{ kJ}$	$\geq 12.5$	A	48.69	43.82	39.67	38.25	36.42
			B	47.06	44.40	40.08	36.65	34.54
			C	56.31	58.24	50.69	44.52	40.22
VB <sub>2</sub>	$\mu\text{g}/100\text{ kJ}$	$\geq 13.0$	A	49.88	52.36	44.03	48.68	48.33
			B	48.60	51.21	44.10	44.78	45.62
			C	62.24	63.93	62.49	56.28	61.59
VB <sub>6</sub>	$\mu\text{g}/100\text{ kJ}$	$\geq 8.40$	A	36.05	35.23	35.53	35.07	35.46
			B	34.68	35.29	37.29	31.51	35.86
			C	51.65	52.23	53.95	48.11	51.62
VB <sub>12</sub>	$\mu\text{g}/100\text{ kJ}$	$\geq 0.02$	A	0.11	0.12	0.11	0.13	0.12
			B	0.15	0.14	0.12	0.16	0.15
			C	0.13	0.13	0.13	0.07	0.12
烟酸	$\mu\text{g}/100\text{ kJ}$	$\geq 83.70$	A	147.62	148.59	153.84	141.91	145.60
			B	169.42	170.65	162.29	157.90	150.50
			C	306.76	399.68	307.72	285.15	277.20
VB <sub>9</sub>	$\mu\text{g}/100\text{ kJ}$	$\geq 1.20$	A	5.23	5.89	7.01	5.59	5.72
			B	5.42	6.70	7.13	9.39	6.98
			C	5.26	6.13	7.29	4.02	3.82
泛酸	$\mu\text{g}/100\text{ kJ}$	$\geq 50.40$	A	189.99	160.58	146.85	137.94	129.65
			B	146.34	164.3	133.13	112.06	105.52
			C	151.89	165.60	149.06	118.10	108.60
VC	$\text{mg}/100\text{ kJ}$	$\geq 1.40$	A	9.48	8.79	7.18	6.34	5.58
			B	9.80	9.05	7.49	6.38	5.65
			C	8.53	7.12	6.2	5.46	4.76
VB <sub>7</sub>	$\mu\text{g}/100\text{ kJ}$	$\geq 0.17$	A	0.91	1.08	0.89	1.09	1.07
			B	0.90	1.13	0.90	1.12	1.11
			C	0.89	1.12	0.92	1.07	1.08

## 2.6 安全性

安全性指标中,黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>、沙门氏菌、大肠杆菌群均未检出,表明密封罐装贮存的婴幼儿营养米粉样品在其货架期内,能够保护婴幼儿营养米粉不受致病菌的污染,更好的维持米粉的品

质。

食品加工中接触材料也是造成污染的来源之一,因此选择锡、铅和镉作为考察指标。样品加速贮存的6个月内,试验数据显示锡、铅和镉均未检出。

表 8 样品矿物质的试验结果

Table 8 Experimental results of minerals in samples

营养素指标	单位	标准要求	样品	0	1	3	5	6
钙	mg/100 kJ	$\geq 18.24$	A	28.49	28.65	29.05	26.68	28.52
			B	27.15	26.55	27.65	27.01	27.22
			C	28.31	28.77	29.15	33.25	28.65
铁	mg/100 kJ	0.26~0.50	A	0.41	0.42	0.43	0.45	0.42
			B	0.39	0.38	0.42	0.40	0.44
			C	0.38	0.42	0.40	0.47	0.45
锌	mg/100 kJ	0.20~0.46	A	0.35	0.41	0.39	0.42	0.39
			B	0.37	0.40	0.37	0.42	0.38
			C	0.40	0.41	0.39	0.43	0.42
钾	mg/100 kJ	13.04~66.0	A	20.32	21.62	17.59	21.38	21.62
			B	20.58	20.32	20.72	21.61	20.52
			C	21.13	21.35	21.00	22.31	21.35
钠	mg/100 kJ	0.048~24.0	A	0.60	0.77	0.39	0.34	0.36
			B	0.50	0.44	0.36	0.35	0.34
			C	0.50	0.46	0.37	0.34	0.35
磷	mg/100 kJ	8.40~30.0	A	12.75	12.55	12.42	10.79	12.25
			B	12.43	12.20	11.81	10.32	12.35
			C	11.79	11.95	12.43	10.70	11.55

表 9 安全指标试验结果

Table 9 Experimental results of safety indicators

安全性指标	单位	样品	0	1	3	5	6
硝酸盐	mg/kg	A	12	12	12	12	12
		B	11	11	11	11	11
		C	12	12	12	12	12
黄曲霉毒素 B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}/\text{kg}$	A	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12
		B	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12
		C	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12
铅	mg/kg	A	<0.02	0.025	<0.02	<0.02	<0.02
		B	<0.02	<0.02	<0.02	0.021	0.025
		C	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
锡	mg/kg	A	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
		B	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
		C	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
镉	mg/kg	A	<0.001	0.0015	<0.001	<0.001	<0.001
		B	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
		C	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
沙门氏菌	/25g	A	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
		B	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
		C	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
大肠菌群	CFU/g	A	<10	<10	<10	<10	<10
		B	<10	<10	<10	<10	<10
		C	<10	<10	<10	<10	<10
菌落总数	CFU/g	A	<10	<10	30	<10	<10
		B	<10	30	40	<10	<10
		C	<10	<10	<10	<10	<10

### 3 结论

温度与湿度分别设置为(37±2)℃,RH(75±5)%,进行试验周期为6个月的稳定性加速试验,对各指标进行检测。感官指标中氧化气味的产生,可能与游离油脂的氧化酸败及产品配方中其它物质变化有关;理化指标中水分含量先增加后趋于稳定,可能是基质结合水转化为自由水所致;蛋白质和碳水化合物保持稳定。脂溶性维生素中,VD和VE稳定,VA发生衰减,平均衰减度为47.6%,水溶性维生素VC衰减程度最大,平均衰减为42.59%,究其两者可能是由于光照、金属离子(铜、铁和磷)、加工工艺、加工过程中的高温和机械外力破坏了VA和VC微囊包埋结构,导致稳定性下降。一般被认为具有稳定性的VB<sub>1</sub>和泛酸,在试验中呈现衰减趋势,平均衰减率为26.7%和28.3%,造成衰减的原因还需要进一步研究。VB<sub>2</sub>、VB<sub>6</sub>、VB<sub>12</sub>、生物素、烟酸和叶酸保持稳定,可能与它们化合物的来源形式稳定性有关。矿物质元素中的钙、铁、锌、钾和磷保持稳定,钠元素衰减最大为40.0%,食品原料本身钠的差异及实验室分析的不确定因素可能是其原因。安全性指标在加速实验中保持稳定,无危害风险增加趋势。

### 参 考 文 献

[1] 徐树来,戴常军,吴阳.我国婴幼儿米粉市场现状及发展对策分析[J].经济研究导刊,2014(35):157-158.  
XU S L, DAI C J, WU Y. Analysis on the current situation and development countermeasures of my country's infant rice noodle market[J]. Economic Research Guide, 2014(35): 157-158.

[2] YUICHI T, MASAYUKI N, TAKAHIRO A, et al. Reduction of 14-16 kDa allergenic proteins in transgenic rice plants by antisense gene[J]. FEBS Letters, 1996, 391(3): 341-345.

[3] 余亚英,袁唯.食品货架期概述及其预测[J].中国食品添加剂,2007(5):77-79,76.  
YU Y Y, YUAN W. Summarize and forecast food shelf-life[J]. China Food Additives, 2007(5): 77-79, 76.

[4] WEST K P, LECLERQ S, SHRESTHA S R, et al. Effects of vitamin A on growth of vitamin A-defi-

cient children: field studies in nepal[J]. The Journal of Nutrition, 1997, 127(10): 1957-1965.

- [5] HERRERA M, BERVIS N, CARRAMIANA J J, et al. Occurrence and exposure assessment of aflatoxins and deoxynivalenol in cereal-baby foods for infants[J]. Toxins, 2019, 11(3): 150.
- [6] LU C, FANG W, MING L, et al. A simple aptamer-based fluorescent assay for the detection of aflatoxin B<sub>1</sub> in infant rice cereal[J]. Food Chemistry, 2017, 215: 377-382.
- [7] CUI W, LIU G, BEZERRA M, et al. Occurrence of methylmercury in rice-based infant cereals and estimation of daily dietary intake of methylmercury for infants[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, 65(44): 9569-9578.
- [8] 乔吉滨,赵姗姗,刘晓梅.婴幼儿营养米粉的研制[J].大豆通报,2004(5):15-17.  
QIAO J B, ZHAO S S, LIU X M. Development of nutritional rice noodles for infants and young children[J]. Soybean Science and Technology, 2004(5): 15-17.
- [9] 李忠海,李安平.婴幼儿营养米粉配方的优化设计[J].中南林学院学报,2001(1):54-57.  
LI Z H, LI A P. Optimum design of nutritive rice flour formulation for infants with computer[J]. Journal of Central South Forestry University, 2001(1): 54-57.
- [10] ALLO M, MADY C, DESSOR F R, et al. Formulation of infant food based on local cereals: Stability and effects on cognitive development[J]. Nutrition & Food Sciences, 2013, 3(4): 1-9.
- [11] 陆东和,陈慎,黄颖颖,等.婴幼儿米粉复合酶解技术研究[J].安徽农业科学,2016,44(29):66-70.  
LU D H, CHEN S, HUANG Y Y, et al. Compound enzyme selection and enzymolysis conditions optimization for infant rice paste[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2016, 44(29): 66-70.
- [12] 吕倩,邓泽新,吴颖,等.婴幼儿营养米粉加工过程中营养素损耗研究[J].粮食与饲料工业,2018(8):7-9,17.  
LÜ Q, DENG Z X, WU Y, et al. Nutrition loss of rice cereal for infants and young children in processing[J]. Cereal and Feed Industry, 2018(8): 7-9, 17.
- [13] 袁如英,韩飞,黄荣和.滚筒干燥结合酶法生产婴幼儿米粉的工艺研究[J].现代食品,2018(11):



- 187-189.
- YUAN R Y, HAN F, HUANG R H. Study on the technology of producing infant rice powder by drum drying combined with enzymatic method[J]. *Modern Food*, 2018(11): 187-189.
- [14] 秦奉达, 钱锋, 陈义保, 等. 酶解工艺生产米粉的酶解效果研究[J]. *食品研究与开发*, 2013, 34(8): 24-27.
- QIN F D, QIAN F, CHEN Y B, et al. Effects of enzymolysis on enzyme treated rice slurry[J]. *Food Research and Development*, 2013, 34(8): 24-27.
- [15] 中华人民共和国卫生部. 婴儿配方食品: GB 10765-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010: 1-2.
- Ministry of Health of the People's Republic of China. Infant formula: GB 10765-2010[S]. Beijing: Standards Press of China, 2010: 1-2.
- [16] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中水分的测定: GB 5009.3-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-2.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of moisture in food: GB 5009.3-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-2.
- [17] 国家食品药品监督管理总局. 食品中脂肪的测定: GB 5009.6-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-2.
- China Food and Drug Administration. Determination of fat in food: GB 5009.6-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-2.
- [18] 国家食品药品监督管理总局. 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-3.
- China Food and Drug Administration. Determination of protein in food: GB 5009.5-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-3.
- [19] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中维生素A、D、E的测定: GB 5009.82-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-5, 13-17.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of Vitamin A, D, E in Food: GB 5009.82-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-5, 13-17.
- [20] 中华人民共和国卫生部. 婴幼儿食品和乳品中维生素C的测定: GB 5413.18-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010: 1-3.
- Ministry of Health of the People's Republic of China. Determination of vitamin C in foods for infants and young children and dairy products: GB 5413.18-2010[S]. Beijing: Standards Press of China, 2010: 1-3.
- [21] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中维生素B<sub>1</sub>的测定: GB 5009.84-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-3.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of vitamin B<sub>1</sub> in Food: GB 5009.84-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-3.
- [22] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中维生素B<sub>2</sub>的测定: GB 5009.85-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-3.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of vitamin B<sub>2</sub> in food: GB 5009.85-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-3.
- [23] 国家食品药品监督管理总局. 食品中维生素B<sub>6</sub>的测定: GB 5009.154-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-4.
- China Food and Drug Administration. Determination of vitamin B<sub>6</sub> in food: GB 5009.154-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-4.
- [24] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中生物素的测定: GB 5009.259-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-4.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of biotin in food: GB 5009.259-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-4.
- [25] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中叶酸的测定: GB 5009.211-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015: 1-7.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of folic acid in food: GB 5009.211-2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015: 1-7.
- [26] 中华人民共和国卫生部. 婴幼儿食品和乳品中维生素B<sub>12</sub>的测定: GB 5413.14-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010: 1-4.
- Ministry of Health of the People's Republic of China. Determination of vitamin B<sub>12</sub> in foods for infants and young children and dairy products: GB 5413.14-2010[S]. Beijing: Standards Press of China, 2010: 1-4.
- [27] 国家食品药品监督管理总局. 食品中烟酸和烟酰胺

- 的测定: GB 5009.89-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 5-8.
- China Food and Drug Administration. Determination of niacin and niacinamide in food: GB 5009.89-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 5-8.
- [28] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中泛酸的测定: GB 5009.210-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 7-10.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of pantothenic acid in food: GB 5009.210-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 7-10.
- [29] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中脂肪酸的测定: GB 5009.168-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 6-9.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of fatty acids in food: GB 5009.168-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 6-9.
- [30] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中钙的测定: GB 5009.92-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-3.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of calcium in food: GB 5009.92-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-3.
- [31] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中铁的测定: GB 5009.90-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-3.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of iron in food: GB 5009.90-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-3.
- [32] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中锌的测定: GB 5009.14-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017: 1-3.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of zinc in food: GB 5009.14-2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017: 1-3.
- [33] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中钾、钠的测定: GB 5009.91-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017: 1-4.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of potassium and sodium in food: GB 5009.91-2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017: 1-4.
- [34] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定: GB 5009.33-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 4-9.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of nitrite and nitrate in food: GB 5009.33-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 4-9.
- [35] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中黄曲霉毒素 B 族和 G 族的测定: GB 5009.22-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 17-18.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of aflatoxin group B and group G in food: GB 5009.22-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 17-18.
- [36] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中铅的测定: GB 5009.12-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017: 1-3.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of lead in food: GB 5009.12-2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017: 1-3.
- [37] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中锡的测定: GB 5009.16-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015: 1-3.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of tin in food: GB 5009.16-2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015: 1-3.
- [38] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中镉的测定: GB 5009.15-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015: 1-3.
- National Health and Family Planning Commission. Determination of cadmium in food: GB 5009.15-2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015: 1-3.
- [39] 国家卫生和计划生育委员会. 食品微生物学检验 沙门氏菌检验: GB 4789.4-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-7.
- National Health and Family Planning Commission. Food microbiology inspection salmonella inspection: GB 4789.4-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-7.
- [40] 国家卫生和计划生育委员会. 食品微生物学检验 大肠菌群计数: GB 4789.3-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-5.
- National Health and Family Planning Commission. Food microbiological examination coliform count: GB 4789.3-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-5.

- [41] 国家卫生和计划生育委员会. 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-4  
National Health and Family Planning Commission. Food microbiological inspection, determination of the total number of colonies: GB 4789.2-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-4.
- [42] O'BRIEN J O, MORRISEY P A. Nutritional and toxicological aspects of the Maillard browning reaction in food[J]. *Critical Review of Food Science and Nutrition*, 1989, 28(3): 211-248.
- [43] FERNÁNDEZ -ARTIGAS P, GUERRA -HERNÁNDEZ E, GARCÍA -VILLANOVA B. Browning indicators in model systems and baby cereals [J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 1999, 47(7): 2872-2878.
- [44] 姜艳喜, 华家才, 张建友, 等. 婴儿配方乳粉中营养物质稳定性研究[J]. *中国食品学报*, 2020, 20(8): 223-228.  
JIANG Y X, HUA J C, ZHANG J Y, et al. Studies on the stability of nutrition in infant formula milk powder[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2020, 20(8): 223-228.
- [45] GARCÍA-MARTÍNEZ M C, RODRÍGUEZ-ALCALÁ L M, MARMESAT S, et al. Lipid stability in powdered infant formula stored at ambient temperatures [J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2010, 45(11): 2337-2344.
- [46] 高文明, 戴志勇, 陈振桂, 等. 应用 ASLT 法预测婴幼儿米粉保质期[J]. *食品研究与开发*, 2018, 39(7): 211-214.  
GAO W M, DAI Z Y, CHEN Z G, et al. Application of ASLT method in predicting the shelf life of infant rice cereal[J]. *Food Research and Development*, 2018, 39(7): 211-214.
- [47] ALBALÁ-HURTADO S, VECIANA-NOGUÉS M T, VIDAL-CAROU M C, et al. Stability of vitamin A, E, and B complex in infant milks claimed to have equal final composition in liquid and powdered form [J]. *Journal of Food Science*, 2000, 65(6): 1052 - 1055.
- [48] 彭启华. 婴幼儿配方奶粉中维生素 B<sub>1</sub> 稳定性研究 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2015.  
PENG Q H. Study on the stability of vitamin B<sub>1</sub> in infant formula milk powder [D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2015.
- [49] 汪新洁, 王溢, 陈林, 等. 辅食营养补充品货架期内营养素的稳定性及叠加风险研究[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(23): 317-323.  
WANG X J, WANG Y, CHEN L, et al. Stability and superposition risk of nutrients in complementary food supplements during the shelf-life [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(23): 317-323.
- [50] 李学敏. 叶酸的合成及稳定性研究 [D]. 石家庄: 河北科技大学, 2015.  
LI X M. Synthesis and stability of folic acid [D]. Shijiazhuang: Hebei University of Science and Technology, 2015.
- [51] 何梅, 谢建斌, 唐华澄, 等. 中国包装食品中钠含量分析和变化的研究[J]. *卫生研究*, 2007(6): 703-705.  
HE M, XIE J B, TANG H C, et al, Laboratory analysis and its variety for sodium in prepackaged foods in China [J]. *Journal of Hygiene Research*, 2007(6): 703-705.

### Studies on the Stability of Nutrients in Nutritional Rice Noodles for Infants

Zhang Rongbin<sup>1</sup>, Dai Zhiyong<sup>2</sup>, Li Mengyi<sup>2</sup>, Chen Zhengui<sup>2</sup>, Ren Guopu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*School of Food Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004*

<sup>2</sup>*Engnice Holding Group Co., Ltd., Changsha 410000*

**Abstract** Through the research on the stability of infant nutritional rice noodles, it provides reference for the prediction and determination of the shelf life of infant nutritional rice noodles, product storage, and the improvement of product formula and processing technology. According to the chemodynamic principle, the samples were stored at the temperature (37±2) °C and humidity (75±5) % for 6 months to accelerate the rate of nutrient decay and deterioration, and the nutrient indicators were tested to investigate the stability of nutrients in nutritional rice noodles for infants. The results

showed that the stability of VA, VC, VB<sub>1</sub> and pantothenic acid in vitamins was poor, with an average attenuation rate of 47.60%, 42.59%, 26.70% and 28.30%, VD, VE, VB<sub>2</sub>, VB<sub>6</sub>, VB<sub>7</sub>, VB<sub>9</sub>, VB<sub>12</sub> and niacin were stable. The stability of sodium in mineral nutrition was poor, with a maximum attenuation of 40.00%, while calcium, iron, zinc, potassium and phosphorus remain stable without significant changes. Although some nutrients showed a decay trend in the accelerated test, they were all within the qualified range. Some indicators can be adjusted in the later formulation design.

**Keywords** nutritional rice noodles for infants; nutrient index; vitamin; accelerated test; stability