

# 婴幼儿配方乳粉的干法工艺及其工艺验证

刘洋<sup>1</sup>, 章肇敏<sup>2\*</sup>, 管乐<sup>1</sup>, 代江华<sup>1</sup>

(1. 江西金薄金生态科技有限公司, 高安 330812; 2. 金薄金数字化营养研究院, 南昌 330038)

**摘要: 目的** 对婴幼儿配方乳粉的干法工艺进行了工艺验证研究, 旨在为相关干法工艺的生产企业提供理论与实践依据。**方法** 通过分析工艺的主要关键点, 确定从物料平衡、混合均匀、营养素符合和工艺稳定性4个方面进行工艺验证研究。**结果** 该生产工艺条件下, 物料的投入产出比在99.76%~100.31%, 符合物料平衡的要求; 不同位置的营养素指标相对标准偏差均值在3.03%以内, 具有很好的混合均匀性; 终产品的营养素偏差在10%以内, 符合法规和设计要求; 批次间的相对标准偏差也在5%以内, 拥有很好的工艺稳定性。**结论** 该工艺能满足婴幼儿配方乳粉的生产。

**关键词:** 婴幼儿配方乳粉; 干法工艺; 工艺验证

## Drying process of mixed and process certification in infant and follow-up formula milk powder

LIU Yang<sup>1</sup>, ZHANG Zhao-Min<sup>2\*</sup>, GUAN Yue<sup>1</sup>, DAI Jiang-Hua<sup>1</sup>

(1. Jiangxi JinBoJin Eco-technology Co., Ltd., Gaoan 330812, China; 2. JinBoJin Institute of Digital Nutrition, Nanchang 330038, China)

**ABSTRACT: Objective** To verify the drying process of mixed for infant and follow-up formula milk powder, in order to provide theoretical and practical basis for dry process manufacturing enterprises. **Methods** Through analyzing the critical point of technology in the process of dry mixing method for infant formula, 4 aspects such as material balance, mixing uniformity, nutrients compliance and process stability were confirmed to verify the drying process. **Results** Under the production process conditions, material input and output ratio ranged from 99.76% to 100.31%, which can meeting the requirements of material balance. The relative standard deviation (RSD) of nutrient indexes average value from different position was within 3.03%, so it had good mixing uniformity. The RSD of nutrient deviation of end products was within 10%, and it met the requirements of the laws and design. The RSD between batches was within 5%, which proved the process was stable. **Conclusion** This drying process of mixture can satisfy the production of infant and follow-up formula milk powder.

**KEY WORDS:** infant and follow-up formula milk powder; drying process of mixed; process certification

## 1 引言

随着我国二胎政策的放开, 年出生人口将不断增加, 虽然母乳是最理想的喂养方式, 但由于人体差异、女性心

理和工作生活压力等因素的影响, 婴幼儿的母乳喂养率总体偏低<sup>[1]</sup>。因此, 绝大多数婴幼儿还是采用配方乳粉的方式进行喂养。目前, 我国婴幼儿配方乳粉的生产工艺主要分为湿法工艺、干法工艺和干湿复合工艺<sup>[2]</sup>。湿法工艺多

\*通讯作者: 章肇敏, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为特殊人群膳食营养及其产品研究。E-mail: fooder2004@aliyun.com

\*Corresponding author: ZHANG Zhao-Min, Master, Senior Engineer, JinBoJin Institute of Digital Nutrition, No.2111, Fenghenan Road, Honggutan District, Nanchang 330038, China. E-mail: fooder2004@aliyun.com

见于我国北方奶源产地的生产企业,其特点是能耗大,产品溶解性相对较好,但生产过程中热敏性营养素存在一定程度损耗,因此通常会采用干湿复合工艺以减少损耗;干法工艺则多见于我国中部及南方地区的企业,其特点是能耗低,工艺设备相对简单,生产过程不存在营养素损耗,更容易控制营养素指标,但需要关注微生物的控制。此外,工艺验证通常在制药行业比较常见,我国食品行业对工艺进行验证的比较少见,婴幼儿配方食品作为特殊食品的一种,按照国家食品药品监督管理局注册管理办法的规定,需要进行工艺验证。

本文主要从物料平衡、混合均匀、营养素符合和工艺稳定性 4 个方面,对干法的工艺进行工艺验证研究,为相关干法工艺的生产企业提供理论与实践依据。

## 2 材料与amp;方法

### 2.1 仪器与试剂

400 kg 混粉缸(江阴市通达机械设备有限公司); JA2003 电子天平(宁波鄞州华丰电子仪器厂); F96PRO 荧光分光光度计(上海棱光技术有限公司); T6 新世纪紫外可见光分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司); TAS-990 原子吸收分光光度计及铁锌空心阴极灯(北京普析通用仪器有限责任公司); KDN-103F 凯氏定氮仪(上海纤检仪器有限公司); RF-GZ-530A 乳脂离心机(乳品检测技术研究所); 7820A 气相色谱仪、1260 高效液相色谱仪、1260(自动进样)Agilent 液相色谱仪(美国安捷伦科技有限公司); HPS-3C PH 计(上海仪电科学仪器股份有限公司)。

全脂奶粉、脱脂奶粉(新西兰恒天然集团); 乳清蛋白粉、酶水解乳清蛋白粉、乳白蛋白粉(美国 Hilmar 公司); 脱盐乳清粉、植物脂肪粉、低聚半乳糖(马来西亚 KERRY 公司); 复合维生素、复合矿物质(帝斯曼中国有限公司); 婴幼儿配方乳粉自制(江西金薄金生态科技有限公司)。

亚油酸标准品(上海安谱实验科技有限公司); 乳糖( $\beta$ -D-乳糖)标准品(上海青析化工科技有限公司); 维生素 B<sub>2</sub> 标准品(上海安谱实验科技有限公司); 维生素 C 标准品(阿拉丁试剂(上海)有限公司); 铁、锌、铜、镁标准品溶液(中国计量科学研究院); 磷酸二氢钾标准品(天津福晨化学试剂厂); 木瓜蛋白酶(阿拉丁试剂(上海)有限公司)。

### 2.2 常规含量测定

#### 2.2.1 蛋白质、脂肪测定、亚油酸、乳糖测定

按 GB 5413.18-2010《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》<sup>[3]</sup>法测定蛋白质;按 GB 5413.3-2010《食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中脂肪的测定》<sup>[4]</sup>法测定脂肪含量;按 GB 5413.21-2010《食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中脂肪酸的测定》<sup>[5]</sup>法测定亚油酸含量。按

5413.5-2010《食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中乳糖、蔗糖的测定》<sup>[6]</sup>法测定乳糖含量。

#### 2.2.2 碳水化合物测定

原料、婴幼儿配方乳粉中碳水化合物的测定依据以下公式进行计算<sup>[7]</sup>:

$$A_1=100-(A_2+A_3+A_4+A_5)$$

式中: A<sub>1</sub> 为碳水化合物的含量, g/100 g;

A<sub>2</sub> 为蛋白质的含量, g/100 g;

A<sub>3</sub> 为脂肪的含量, g/100 g;

A<sub>4</sub> 为水分的含量, g/100 g;

A<sub>5</sub> 为灰分的含量, g/100 g。

#### 2.2.3 维生素测定

按 GB5413.12-2010《食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中维生素 B<sub>2</sub> 的测定》<sup>[8]</sup>法测定维生素 B<sub>2</sub> 含量。按 GB5413.12-2010《食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中维生素 C 的测定》<sup>[9]</sup>法测定维生素 C 含量。

#### 2.2.4 矿物质测定

按 GB 5413.21-2010《食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中钙、铁、锌、钠、钾、镁、铜和锰的测定》<sup>[10]</sup>法测定铁、锌、铜、镁含量。按 GB 5413.22-2010《食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中磷的测定》<sup>[11]</sup>法测定磷含量。

### 2.3 婴幼儿配方乳粉干法生产工艺

婴幼儿配方乳粉干法生产工艺流程见图 1。

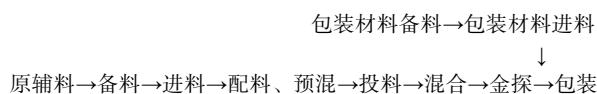


图 1 工艺流程

Fig. 1 Process flow chart

#### 2.3.1 备料

备料应确保物料的准确、合格、外包装无污染。

#### 2.3.2 进料

拆包过程中应注意内袋对外袋碎屑及线绳的静电吸附。定期对拆包进料区域进行卫生清理,检查物料内袋有无破损,发现破损或物料结块等异常应做退料处理。

#### 2.3.3 配料、预混

通过精确配料系统对预混料进行精确称量,同一批次所有预混料称量完成后,通过 V 型缸进行一级分散及二级分散混合。

#### 2.3.4 投料

将预混后原料与整包大料投入混粉缸中,该工艺环节还可对原料进行过筛处理,以保证产品中无异物。

#### 2.3.5 混合

将投入混粉缸中的所有原料进行彻底混合。

## 2.4 工艺验证

### 2.4.1 工艺的物料平衡

在相同工艺条件下,对工艺验证配方进行 3 批次生产,抽样数为总生产量的 1/5,样品分布均匀。通过对物料的投入产出分析,判断工艺条件下产品营养素指标的偏离情况,并按以下公式计算投入产出比、物料平衡率。

投入产出比  $R = \frac{m_3}{m_1} \times 100\%$ , 物料平衡率

$$B = \frac{m_2 + m_3}{m_1} \times 100\%$$

式中:  $m_1$  为实际投料量, kg;

$m_2$  为生产损耗量, 包括过程抽样和废粉, kg;

$m_3$  为实际产出量, kg。

### 2.4.2 工艺的混合均匀性

在完成混合工艺操作后,在混粉缸内随机选取 10 个不同空间方位点样品,测定样品中维生素 C、铁、镁、铜和锌 5 个指标的含量,通过不同位置产品的营养素指标差异性分析,验证工艺的混合均匀性<sup>[12]</sup>。

### 2.4.3 工艺的营养素符合性

通过对比产品中蛋白质、脂肪、亚油酸、碳水化合物、维生素 B<sub>2</sub>、铁、锌和磷的含量,与配方设计值之间的偏差,来验证工艺条件下的营养素符合性。

### 2.4.4 工艺的稳定性

通过对 3 个不同批次产品中蛋白质、脂肪、亚油酸、碳水化合物、维生素 B<sub>2</sub>、铁、锌和磷的含量测定,分析批次间的偏差情况,来验证工艺的稳定性。

## 3 结果与分析

### 3.1 配方设计

以母乳研究<sup>[13]</sup>中营养素的组成为依据,参考有关婴幼儿配方乳粉的设计<sup>[14]</sup>和有关食品安全国家标准的要求,设计了工艺验证用配方。原料营养素含量分析见表 1,配方设计表见表 2,配方部分营养素指标见表 3。

表 1 原料营养素含量分析

Table 1 Content analysis of the macronutrient in raw material of process certification

原 料	蛋白质 (g/100 g)	脂肪 (g/100 g)	碳水化合物 (g/100 g)	乳糖 (g/100 g)
全脂奶粉	23.98	25.83	43.19	-
脱脂奶粉	33.4	0.8	54.1	-
乳清蛋白粉	80.25	-	-	-
脱盐乳清粉	12.36	-	86.07	81.71
植物脂肪粉	6.34	51.07	41.43	39.14

注: -代表未做本底含量分析

表 2 配方设计  
Table 2 Design of formula

原料	1 段(%)	2 段(%)	3 段(%)
脱盐乳清粉	34.5	30	32.7
植物脂肪粉	45	33	29
全脂奶粉	10.5	19	11
脱脂奶粉	1.5	10	20
其他*	8.5	8	7.3

注: \*表示维生素、矿物质和选择性添加的成分。

表 3 工艺验证配方部分营养素设计值  
Table 3 Value of design in a part of nutrient for process certification

项目		1 段	2 段	3 段
蛋白质	g/100 g	11.8	15.48	16.46
脂 肪	g/100 g	25.30	21.57	17.44
亚油酸	g/100 g	5.42	3.99	3.50
碳水化合物	g/100 g	56.0	55.95	59.10
乳 糖	g/100 g	51.4	51.0	53.5
维生素 B <sub>2</sub>	μg/100 g	2033.4	1434.26	1532.06
维生素 C	mg/100 g	105.4	105	104
铁	mg/100 g	5.45	7.14	7.17
锌	mg/100 g	4.39	4.89	5.07
铜	μg/100 g	270	307	307
镁	mg/100 g	42	46	52
磷	mg/100 g	261.40	279.61	315.07

### 3.2 干法工艺分析

干法工艺操作简单,在生产过程中营养素基本不会发生损耗<sup>[15]</sup>,但由于是固态混合,为保持营养素能分布均匀,需要进行“稀释”处理。企业通常会将物料分为大料和小料,大料主要是提供宏量营养素,如全脂乳粉、脱盐乳清粉、植物脂肪粉等,小料主要是提供微量营养素和功能性成分,如维生素、矿物质、乳铁蛋白、DHA 等。

在实际生产中,每道工序完成后物料上均会贴上唯一的条形码,尤其是备料、一级放大和二级放大过程均采用电脑精确计量操作。工序之间会采用电子扫码的方式进行衔接管控,当计量误差偏大或投料发生人工错误时,扫码信息出现错误则无法进入下一道工序,从而确保了投料与投料量的精确。此外,此工艺的特点在于先将大部分小料进行混合形成预混粉,让微量营养素在 5 kg 的尺度进行第 1 次分散,计量误差一般控制在±1.0 g。接着,预混粉、

部分小料和部分大料余量(非整包)进行混合,在60 kg的尺度进行第2次分散,计量误差一般控制在 $\pm 50.0$  g。最后,再和大料(整包)进行混合,在400 kg的尺度进行第3次分散,从而完成生产混合操作,整个生产混合操作下来约20~30 min。

### 3.3 工艺的物料平衡分析

对生产工艺进行投入产出分析,计算工艺的投入产出比和物料平衡率,结果见表4。

由表4可知,在该生产工艺条件下,物料的生产稳定好,理论上投入产出比和物料平衡率应为100%,而实际生产的九批次投入产出比在99.76%~100.31%,物料平衡率在100.08%~100.77%,二者总体略大于100%。这主要是3方面原因造成,一是实际生产过程中,400 kg的称量器具

会存在0.4 kg(即1%左右)的计量差;二是计算实际产出量时不可能对所生产的产品都进行称重计量,而是依据我国定量包装商品净含量计算检验规则<sup>[16]</sup>来进行,即随机抽取一定样本量的产品进行称重计量,因此样本间净含量的微小偏差会造成“以偏概全”计算上的一定偏差;三是由于生产使用的都是进口原料,进口其净含量会略微高于标签标示的净含量。因此,通常实际生产时投入产出比在98%~102%范围内都属于正常情况,能符合工艺和产品要求。

### 3.4 工艺的混合均匀性分析

测定10个不同位置产品中维生素C、铁、镁、铜和锌5个指标的含量,同时比较不同批次间的差异情况<sup>[17]</sup>,结果见表5。

表4 9批次工艺物料数据  
Table 4 Material datas of 9 batches of process

配方	批次	实际投料量 $m_1$ /kg	生产损耗量 $m_2$ /kg	实际产出量 $m_3$ /kg	投入产出比 $R$ /%	物料平衡率 $B$ /%
1段	P1	400.79	1.45	401.68	100.22	100.58
	P2	400.4	1.4	400.16	99.94	100.29
	P3	400.45	1.48	401.55	100.27	100.64
2段	P1	401.21	1.88	401.93	100.18	100.65
	P2	401.16	1.27	400.21	99.76	100.08
	P3	400.98	1.75	401.81	100.21	100.64
3段	P1	400.7	1.85	401.92	100.31	100.77
	P2	400.84	1.48	399.99	99.79	100.16
	P3	400.83	1.76	401.79	100.24	100.68

表5 不同位置产品的营养素相对标准偏差  
Table 5 RSD of nutrient in different places of samples

适龄段	批次	维生素 C/%	铁/%	镁/%	铜/%	锌/%
1段	P1	1.06	1.68	1.30	3.67	1.54
	P2	0.80	1.01	1.74	3.30	1.99
	P3	1.17	1.37	1.21	2.13	1.66
	均值	1.01	1.35	1.42	3.03	1.73
2段	P1	0.94	1.36	1.65	2.18	1.19
	P2	1.05	2.04	2.68	2.67	2.14
	P3	1.18	1.75	1.30	2.59	1.46
	均值	1.06	1.72	1.88	2.48	1.60
3段	P1	0.65	2.45	1.54	3.41	1.33
	P2	0.65	1.19	1.3	2.24	1.56
	P3	0.80	1.09	2.40	1.38	2.02
	均值	0.70	1.58	1.75	2.34	1.64

由表5可知,不同位置产品营养素指标的相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)均值范围均在3.03%以内,按美国FDA《混合均匀性取样和评价指南》的规定可判定混合均匀<sup>[18]</sup>,且经过3批次重复的工艺生产,说明在该生产工艺条件下,物料充分混合且均匀。同时,除铜指标有3个批次的相对标准偏差高于3%(分别为3.67%、3.30%和3.41%)外,其余营养素指标的相对标准偏差均低于2.68%,这可能是由于铜指标的检测偏差造成,因此,为提高验证有效性,在工艺验证的营养素符合性和稳定性分析时不选择该指标。此外,维生素的混合稳定性略优于矿物质,这可能是由于维生素类物料的颗粒较大,矿物质类的颗粒较小,而且维生素的添加量更大所致。

### 3.5 工艺的营养素符合性分析

测定产品中蛋白质、脂肪、亚油酸、碳水化合物、维生素B<sub>2</sub>、铁、锌和磷的含量,与配方的设计值进行比较,结果见表6。

由表6可知,产品中营养素的检测值与设计值存在一定的相对误差,除个别指标外基本在10%以内,这主要是2方面原因造成,一是检测存在一定的误差,二是物料颗粒的固态混合相对更难以分散,因此在工艺处理上才采用一级、二级放大等“稀释”处理<sup>[19,20]</sup>。从营养素的符合性上考量,产品的检测值与设计值差异在10%以

内,符合生产实际,也能满足我国食品安全国家标准的要求。

### 3.6 工艺的稳定性分析

对相同配方进行重复性批次生产,对产品的部分营养指标进行了检测<sup>[21]</sup>,结果见表7。

由表7可知,在该生产工艺条件下,生产批次差异对产品的营养素指标有一定程度影响<sup>[22]</sup>,其中3段产品碳水化合物指标RSD达到6.3%,这主要是由于该指标是通过计算得来,受蛋白质、脂肪等指标检测值偏差的叠加影响。除此其余指标的相对标准偏差均在5%以内,表明工艺的稳定性好,符合实际生产要求。

## 4 结论

在该干法生产工艺条件下,物料的投入产出比在99.76%~100.31%,不同位置的营养素指标相对标准偏差在3.03%以内,产品的营养素偏差在10%以内,工艺批次间的相对标准偏差在5%以内,参照美国FDA《混合均匀性取样和评价指南》<sup>[23]</sup>的规定,不同位点或同一配方不同缸次样品的营养素指标RSD在5%以内,产品营养素检测值与平均值偏差在10%以内。因此,该工艺条件下能满足婴幼儿配方乳粉产品的实际生产。

表6 产品的营养素检测值与设计值比较  
Table 6 Comparison of detection value and design value of nutrient in sample

类别	蛋白质	脂肪	亚油酸	碳水化合物	维生素 B <sub>2</sub>	铁	锌	磷	
	g/100 g	g/100 g	g/100 g	g/100 g	μg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	
1 段	P1	13.3	24.90	5.36	61.8	1938.8	6.4	5.4	262.0
	P2	12.8	26.60	5.35	60.6	1897.6	6.0	5.3	273.0
	P3	12.7	24.90	5.36	62.4	1902.8	6.7	5.1	275.0
	设计值	11.8	25.30	5.42	56.0	2033.4	5.45	4.39	261.40
	RE*	9.6%	0.8%	-1.1%	10.0%	-5.9%	16.8%	19.9%	3.3%
2 段	P1	16.5	21.80	3.97	61.7	1454.2	7.4	5.2	327.0
	P2	16.9	21.20	4.05	61.9	1404.4	7.3	5.4	302.0
	P3	16.9	22.80	4.05	60.3	1415.5	7.6	5.4	339.0
	设计值	15.48	21.57	3.99	55.95	1434.26	7.14	4.89	279.61
	RE	8.3%	1.7%	0.8%	9.6%	-0.7%	4.1%	9.1%	15.4%
3 段	P1	17.3	17.90	3.36	64.8	1672.0	7.2	5.5	331.0
	P2	17.77	17.30	3.67	58.96	1643.6	7.4	5.3	357.0
	P3	17.81	18.40	3.57	57.74	1628.7	7.7	5.3	342.0
	设计值	16.46	17.44	3.50	59.10	1532.06	7.17	5.07	315.07
	RE	7.1%	2.4%	1.0%	2.4%	7.6%	3.7%	5.9%	9.0%

\*RE: 检测均值相对误差

表7 不同批产品的营养素相对标准偏差  
Table 7 RSD of nutrient in different batches of samples

类别		蛋白质	脂肪	亚油酸	碳水化合物	维生素 B <sub>2</sub>	铁	锌	磷
		g/100 g	g/100 g	g/100 g	g/100 g	μg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g
1 段	P1	13.3	24.90	5.36	61.8	1938.8	6.4	5.4	262.0
	P2	12.8	26.60	5.35	60.6	1897.6	6.0	5.3	273.0
	P3	12.7	24.90	5.36	62.4	1902.8	6.7	5.1	275.0
	RSD	2.5%	3.9%	0.1%	1.5%	1.2%	4.9%	2.4%	2.6%
2 段	P1	16.5	21.80	3.97	61.7	1454.2	7.4	5.2	327.0
	P2	16.9	21.20	4.05	61.9	1404.4	7.3	5.4	302.0
	P3	16.9	22.80	4.05	60.3	1415.5	7.6	5.4	339.0
	RSD	1.2%	3.7%	1.2%	1.4%	1.8%	2.1%	2.0%	5.9%
3 段	P1	17.3	17.90	3.36	64.8	1672.0	7.2	5.5	331.0
	P2	17.77	17.30	3.67	58.96	1643.6	7.4	5.3	357.0
	P3	17.81	18.40	3.57	57.74	1628.7	7.7	5.3	342.0
	RSD	1.7%	3.1%	4.5%	6.3%	1.3%	3.7%	2.2%	3.8%

## 参考文献

- [1] 孙思, 万宏伟, 朱毓, 等. 母乳喂养现状及影响因素研究进展[J]. 中华现代护理杂志, 2015, 21(3): 361-364.  
Sun S, Wan HW, Zhu Y, *et al.* Research progress of the current situation and influencing factors of breastfeeding among infants [J]. J Mod Nurs, 2015, 21(3): 361-364.
- [2] 陈辉, 霍贵成. 干法生产婴幼儿配方乳粉[J]. 中国乳品工业, 2002, 30(5): 103-105.  
Chen H, Huo GC. Production of infant formula with the method of dry mixing [J]. China Dairy Ind, 2002, 30(5): 103-105.
- [3] GB 5009.5-2010 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].  
GB 5009.5-2010 National standards for food safety-Determination of protein in foods [S].
- [4] GB 5413.3-2010 食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中脂肪的测定[S].  
GB 5413.3-2010 National standards for food safety-Determination of fat in baby food and milk [S].
- [5] GB 5413.27-2010 食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中脂肪酸的测定[S].  
GB 5413.27-2010 National standards for food safety-Determination of fatty acid in baby food and milk [S].
- [6] GB 5413.5-2010 食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中乳糖、蔗糖的测定[S].  
GB 5413.5-2010 National standards for food safety-Determination of lactose and sucrose in baby food [S].
- [7] GB 10765-2010 食品安全国家标准 婴儿配方食品[S].  
GB 10765-2010 National standards for food safety-Infant formula foods [S].
- [8] GB 5413.12-2010 食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中维生素 B<sub>2</sub> 的测定[S].  
GB 5413.12-2010 National standards for food safety-Determination of vitamin B<sub>2</sub> in baby food and milk [S].
- [9] GB 5413.18-2010 食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中维生素 C 的测定[S].  
GB 5413.18-2010 National standards for food safety-Determination of vitamin C in baby food and milk [S].
- [10] GB 5413.21-2010 食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中钙、铁、锌、钠、钾、镁、铜和锰的测定[S].  
GB 5413.21-2010 National standards for food safety-Determination of calcium, iron, zinc, sodium, kalium, magnesium, cuprum and manganese in baby food and milk [S].
- [11] GB 5413.22-2010 食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中磷的测定[S].  
GB 5413.22-2010 National standards for food safety-Determination of phosphorus in baby food and milk [S].
- [12] 师坤海, 刘建光, 贾军燕, 等. HACCP 体系在干法婴幼儿乳粉生产中的研究[J]. 农业工程技术(农产品加工业), 2013, (8): 39-43.  
Shi KH, Liu JG, Jia JY, *et al.* Study on HACCP system in dry process production of infant milk powder [J]. Agric Eng Technol (Agric Prod Process Ind), 2013, (8): 39-43.
- [13] 荫士安. 人乳成分-存在形式、含量、功能检测方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016.  
Yin SA. Human milk compositions-forms, contents, functions and analytical methods [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2016.
- [14] 章肇敏, 曾晓龙, 熊文英, 等. 婴幼儿配方乳粉中宏量营养素的设计研究[J]. 中国乳业, 2016, (10): 63-67.  
Zhang ZM, Zeng XL, Xiong WY, *et al.* Study on the macronutrient of formulation in design for infant and follow-up formula milk [J]. China Dairy, 2016, (10): 63-67.

- [15] 王颂萍, 任发政, 罗洁, 等. 婴幼儿配方奶粉研究进展[J]. 农业机械学报, 2015, 46(4): 200-210.  
Wang SP, Reng FZ, Luo J, *et al.* Progress in infant formula milk powder [J]. *Trans Chin Soc Agric Mach*, 2015, 46(4): 200-210.
- [16] JJF 1070-2005 定量包装商品净含量计量检验规则[S].  
JJF 1070-2005 The rules for measuring the net content of the commodity packaging products [S].
- [17] 武书庚, 程宗佳. 饲料混合及混合均匀度[J]. 中国畜牧杂志, 2010, 46(12): 49-52.  
Wu SG, Chen ZJ. Feed mixing and mixing uniformity [J]. *Chin J Anim Sci*, 2010, 46(12): 49-52.
- [18] Powder blends and finished dosage units-stratified in-process dosage unit sampling and assessment [S].
- [19] 詹世平, 刘华伟, 李卓, 等. 脱脂奶粉分散稳定性的实验研究[J]. 中国粉体技术, 2006, 12(2): 18-20.  
Zhan SP, Liu HW, Li Z, *et al.* Experimental study on dispersing stability of skim milk powder [J]. *China Powder Sci Technol*, 2006, 12(2): 18-20.
- [20] 刘保军, 刘保惠, 刘洪涛. 干法生产婴幼儿配方乳粉工艺与车间设计[J]. 中国乳品工业, 2005, 33(3): 51-53.  
Liu BJ, Liu BH, Liu HT, *et al.* Process and the workshop's design for using the dried and mixed process to produce formula milk powder for infant and young child [J]. *China Dairy Ind*, 2005, 33(3): 51-53.
- [21] 王青云, 马景友, 王艳斌, 等. 强化微量营养素在配方奶粉生产中的工艺控制[J]. 中国乳品工业, 2006, 34(6): 52-54.  
Wang QY, Ma JY, Wang YB, *et al.* Technique controlling of intensified micronutrient in formula production [J]. *China Dairy Ind*, 2006, 34(6): 52-54.
- [22] 陈文亮, 孙克杰, 何娟. 奶粉加工过程中维生素稳定性的研究[J]. 乳业科学与技术, 2008, 31(2): 66-67.  
Chen WL, Sun KJ, He J, *et al.* Study on stability of vitamins in milk powder production [J]. *J Dairy Sci Technol*, 2008, 31(2): 66-67.
- [23] Howard-Sparks M, Gawlikowski A. Evaluation of blend uniformity and content uniformity based on 2003 stratified sampling guidance and 1999 blend uniformity analysis guidance: Product A [J]. *Pda J Pharm Sci Technol*, 2004, 58(4): 222.

(责任编辑: 姜 珊)

### 作者简介



刘 洋, 工程师, 主要研究方向为特殊膳食食品工艺及其工艺验证。  
E-mail: 892844676@qq.com



章肇敏, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为特殊人群膳食营养及其产品研究。  
E-mail: fooder2004@aliyun.com