

## 5类食品中叶酸的检测及稀释倍数估算

任新军<sup>1\*</sup>, 肖萌<sup>1</sup>, 王颖<sup>1</sup>, 辛燕斌<sup>1</sup>, 米容融<sup>2</sup>

(1. 云南省产品质量监督检验研究院, 昆明 650223; 2. 云南民族大学民族医药学院, 昆明 650504)

**摘要:** **目的** 解决 GB 5009.211—2014《食品安全国家标准 食品中叶酸的测定》检测食品中叶酸时, 试样稀释液浓度偏离的问题。**方法** 实测 5 类常见食品的叶酸含量, 归纳试样稀释方法, 推导稀释倍数估算公式, 验证理论稀释倍数  $f$  在实测中的应用。**结果** 测得植物产品中叶酸的质量分数在 5.03~287.3  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  之间, 含量差异较大, 试样稀释 5~50 倍; 肉类食品中叶酸在 11.1~65.4  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  之间, 稀释 5~20 倍; 婴幼儿辅食营养包中叶酸在 653.2~1024.4  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  之间, 可以按 100 倍稀释; 婴幼儿配方乳粉中叶酸为 91.8~143.5  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 稀释 10~25 倍; 维生素片中叶酸含量很高, 定容后需要稀释 8000~20000 倍。**结论** 试样的稀释可以通过稀释倍数估算公式进行估算, 结合稀释梯度, 可大幅提高有效检测的概率, 其中植物产品需要设置 0.5 $f$ 、1 $f$ 、2 $f$  三个稀释梯度。稀释倍数估算和稀释梯度设置可以减少反复实验, 提高检测效率。

**关键词:** 叶酸; 微生物法; 稀释

### Detection of folic acid and estimation of dilution multiple in 5 kinds of food

REN Xin-Jun<sup>1\*</sup>, XIAO Meng<sup>1</sup>, WANG Ying<sup>1</sup>, XIN Yan-Bin<sup>1</sup>, MI Rong-Rong<sup>2</sup>

(1. Yunnan Institute of Product Quality Supervision and Inspection, Kunming 650223, China;  
2. School of Ethnic Medicine, Yunnan Minzu University, Kunming 650504, China)

**ABSTRACT: Objective** To solve the problem of concentration deviation of sample dilution for detection of folic acid in food by GB 5009.211—2014 *National food safety standard-Determination of folic acid in food*. **Methods** The content of folic acid in 5 kinds of common foods was detected and the sample dilution method was summarized. Estimation formula of dilution multiple was deduced and the application of theoretical dilution multiple  $f$  in actual measurement was verified. **Results** The folic acid in vegetable food was detected as 5.03–287.3  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  with a large difference and the dilution of the samples was 5–50 times. Folic acid in meat was 11.1–65.4  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  with a dilution of 5–20 times. The content in infant supplementary nutrition package was 653.2–1024.4  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  which could be diluted by 100 times. Folic acid in infant formula milk powder was between 91.8 and 143.5  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  with 10–25 times dilution. The content of folic acid in vitamin tablets was very high so that it needed a dilution of 8000–20000 times. **Conclusion** Dilution of samples can be estimated by estimation formula of dilution multiple. Combined with the dilution gradient, the probability of effective detection can be greatly improved. Among them, vegetable food needs to set 3 kinds of dilution gradients of 0.5 $f$ , 1 $f$ , and 2 $f$ . Dilution multiple estimation and dilution gradient setting can reduce repeated experiments and improve detection efficiency.

**KEY WORDS:** folic acid; microbiological method; dilution

基金项目: 云南省科技创新平台建设计划项目(2015DH022)

Fund: Supported by the Construction Plan Program of Yunnan Science and Technology Innovation Platform (2015DH022)

\*通信作者: 任新军, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为食品检验。E-mail: renxinjun333@sina.com

\*Corresponding author: REN Xin-Jun, Ph.D, Senior Engineer, Yunnan Institute of Product Quality Supervision and Inspection, Kunming 650223, China. E-mail: renxinjun333@sina.com

## 0 引言

叶酸是一组与嘌呤谷氨酸功能和化学结构相似的化合物的统称,在代谢和循环中起着十分重要的作用,人体不能自身合成叶酸,只能从食品中摄取<sup>[1]</sup>,缺乏叶酸可引起多种疾病,例如神经管缺陷和巨幼红细胞贫血症<sup>[2]</sup>,产生认知障碍<sup>[3]</sup>,而过量的叶酸可能促进肿瘤的发展<sup>[4]</sup>,食品中叶酸含量的准确检测十分必要。

目前对叶酸检测方法的研究主要集中在微生物法与高效液相色谱法等检测方法的比较<sup>[5-6]</sup>和国标微生物法与试剂盒法的比较<sup>[7-10]</sup>。微生物法目前主要应用于婴幼儿食品和乳品中维生素的检测,在其他食品类别中研究较少<sup>[11]</sup>,仅测定了即食食品的叶酸含量<sup>[12]</sup>、研究了蚕豆的不同品种在不同加工方式下叶酸的变化<sup>[13]</sup>。微生物法存在实验周期长、实验步骤烦琐、结果重复性差等局限性<sup>[1]</sup>,一些研究改善了这一方法,其中包括使用冷冻保藏菌种<sup>[14]</sup>、加压提取小麦粉中的叶酸<sup>[15]</sup>,以及快速测定食品中叶酸的含量范围<sup>[16]</sup>。

由于叶酸在各种食品中的含量差异很大,稀释倍数可以从 5 倍到 20000 倍,而国标微生物法中叶酸的测量范围只有一个数量级,致使叶酸试样的稀释成为叶酸能否有效检测的关键步骤,但是这方面少见报道。再加上各种样品的特异性,在叶酸检测中一次性得出有效检测结果的成功率低,因此田浩等<sup>[16]</sup>做了快速检测食品中叶酸含量范围的研究。本研究通过对 5 类常见食品中叶酸含量的检测,归纳试样稀释方法,验证稀释倍数估算公式在这些食品中的应用,解决试样提取液稀释的问题,减少重复实验,以期提高叶酸检测的效率,为检测实验室和生产厂家检测叶酸提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 仪器与试剂

#### 1.1.1 材料与试剂

检测样品主要是在昆明大型超市和农贸市场参考抽样方法购买的样品,少量种类采用了送检余留样品;全部样品状况良好并在保质期内。

鼠李糖乳杆菌(*Lactobacillus rhamnosus*)(CICC6224,中国工业微生物菌种保藏管理中心);叶酸测定培养基(CM1405,北京陆桥技术有限公司);乳酸杆菌琼脂培养基(HB8636)、乳酸杆菌肉汤培养基(HB8637-2,青岛海博生物技术有限公司);乳粉质控样品(证书编号 803IP10052,中国检验检疫科学研究院测试评价中心);叶酸标准品(纯度 98.7%,上海安谱科学仪器有限公司)。

#### 1.1.2 仪 器

PYH-DHS-60X75-BS-II 隔水式电热恒温培养箱(上海

跃进医疗器械厂);SN510C 立式压力蒸汽灭菌器(重庆雅马拓科技有限公司);CT15RE 台式高速离心机(福建日立工机有限公司);UV-1800 紫外分光光度计(日本岛津公司);SW-CJ-1FD 超净工作台(苏州苏净集团安泰公司);精密电子分析天平( $d=0.01$  mg,德国赛多利斯公司)。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 叶酸标准溶液的配制和试样制备

按照标准 GB 5009.211—2014《食品安全国家标准 食品中叶酸的测定》<sup>[17]</sup>的方法进行。

#### 1.2.2 接种菌的制备

实验前一天,将鼠李糖乳杆菌从 4 °C 保存的乳酸杆菌琼脂培养基上转接到盛有 1 mL 乳酸杆菌肉汤培养基的 2 mL 离心管中,(37±1) °C 培养,见沉淀后转接 1 次,再培养 4~8 h。

#### 1.2.3 测定系列管制备

采用 5 mL 一次性离心管,培养体积 2 mL,与 GB 5009.211—2014 对应的各测定系列管中加入的水、叶酸标准工作液、试样稀释液和测定培养基的量分别是国标法的 20%。各浓度梯度设置 3 平行和试样空白。离心管装入离心管盒,盖紧后灭菌。

#### 1.2.4 接种与培养

4000 r/min 离心接种菌,用生理盐水清洗 3 次,稀释至透光率 60%~80%,将 10~20  $\mu$ L 接种液注入测定系列管液面下,(37±1) °C 培养 24~26 h。

#### 1.2.5 测定和结果计算

将培养液充分摇匀,全部倒入比色皿中,540 nm 处常量测定。以国家标准<sup>[17]</sup>中公式(3)计算样品含量。

### 1.3 统计分析

运用 Excel 2007 软件对数据进行整理,以试样的 3 个平行分别计算样品含量,然后进行平均值、标准差等数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 直接提取法检测植物产品中的叶酸

直接提取法一般取样量 0.30~3.0 g。植物产品中叶酸的质量分数在 5.03~287.3  $\mu$ g/100 g 之间,不同食品间含量差异大。玫瑰花药粉和大麦若叶汁粉含量高,在 100  $\mu$ g/100 g 以上;藜麦粉、苦荞皮层粉、干金菊、混合果蔬粉、鲜食玫瑰和草莓含量次之,在 13.1~57.8  $\mu$ g/100 g 之间;葛根干片、干辣椒和澳洲坚果中叶酸含量较低,在 5.03~9.79  $\mu$ g/100 g 之间。

根据实测样品数据,试样稀释倍数在 5~50 倍之间,变化范围较大,主要是基体影响差异较大<sup>[18]</sup>。在检测植物产品前,需要根据已经做过的样品或者从资料上查找到的样品细类叶酸的大概含量,推算出理论稀释倍数 $f$ ,再根据

$f$  设置  $0.5f$ 、 $1f$ 、 $2f$  三个稀释梯度, 就可大幅提高一次性检测出有效结果的概率。表 1 归纳推算出的理论稀释倍数, 与实测稀释倍数有一定差异, 实测稀释倍数  $f_c$  是理论稀释倍数  $f$  的 0.5~2.0 倍。

## 2.2 酶解提取法检测肉类食品中的叶酸

酶解提取法检测肉类食品中的叶酸时, 取样量一般在 0.90~3.0 g 之间, 检测结果如表 2, 叶酸含量在 11.1~65.4  $\mu\text{g}/100\text{g}$  之间, 稀释倍数在 5~20 倍之间。

肉类食品的检测, 需要根据已经做过的样品的经验和从资料上查找到的样品细类中叶酸的大概含量, 推算出理论稀释倍数  $f$ , 再根据  $f$  设置  $0.5f$ 、 $1f$  两个稀释梯度, 可

以减少重复检测。

## 2.3 婴幼儿辅食营养包中叶酸的检测

在 4 个厂家 8 批次婴幼儿辅食营养包的营养成分表中, 叶酸标示值相同, 换算后都是 625  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , 产品实际检测的含量有一些变化。通过直接提取法<sup>[17]</sup>检测, 8 批次样品的实测质量分数在 653.2~1024.4  $\mu\text{g}/100\text{g}$  之间, 变化范围较小, 而且全部高于标示含量而达不到标示含量的 2 倍, 如表 3。

由于产品标示了叶酸含量, 方便计算理论稀释倍数。在取样量 0.30 g 时, 营养包的理论稀释倍数接近 100, 实测以 100 倍稀释, 基本可以得到有效检测结果。

表 1 植物性食品直接提取法检测叶酸  
Table 1 Detection of folic acid in vegetable food by direct extraction

产品名称	取样量 $m/\text{g}$	理论稀释倍数 $f^{\circ}$	实测稀释倍数 $f_c$	实测含量 $\omega/(\mu\text{g}/100\text{g})$	$f_c/f$ 值
鲜食玫瑰	1.333	9.5	10	14.2±0.19	1.1
澳洲坚果	2.994	7.5	10	5.03±0.16	1.3
草莓	2.958	19.4	25	13.1±0.76	1.3
干金菊	1.235	18.3	10	29.6±1.10	0.5
干辣椒	3.051	11.7	16	7.70±0.10	1.4
葛根干片	0.604	3.0	5	9.79±0.73	1.7
藜麦粉	0.303	8.7	16	57.8±1.31	1.8
果蔬粉	1.004	9.5	10	18.9±0.25	1.1
苦荞皮层粉	0.303	4.9	5	32.4±0.92	1.0
玫瑰花药粉	0.309	44.4	50	287.3±5.45	1.1
大麦若叶汁粉	0.239	12.6	25	105.3±2.38	2.0

注: \*计算公式见下文 2.6 公式(1)。

表 2 肉类食品酶解提取法检测叶酸  
Table 2 Detection of folic acid in meat by enzyme extraction

产品名称	取样量 $m/\text{g}$	理论稀释倍数 $f$	实测稀释倍数 $f_c$	实测含量 $\omega/(\mu\text{g}/100\text{g})$	$f_c/f$ 值
牛肉	2.506	23.8	20	19.0±0.44	0.8
猪肉	1.011	5.6	5	11.1±0.27	0.9
阉鸡肉	1.356	44.4	20	65.4±1.65	0.5
鸡肉	1.119	12.5	10	22.3±0.45	0.8
鹅肉	0.988	24.8	20	50.1±0.11	0.8
牛干巴	0.917	25.4	20	55.4±0.88	0.8
火腿	0.952	30.4	16	63.8±0.18	0.5

## 2.4 婴幼儿配方乳粉中叶酸的检测

婴幼儿配方乳粉的叶酸标示有一定差异, 5 个品牌的产品标示值从 25.0  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  到 118  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 。通过直接提取法处理<sup>[17]</sup>, 实测样品含量见表 4, 在 91.8~143.5  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  之间, 标示值差异大于实际差异。婴幼儿配方乳粉一般取样 0.30 g, 稀释 10~25 倍。

如果按产品标示含量计算理论稀释倍数, 婴幼儿配方乳粉需要设置  $f$ 、 $2f$ 、 $4f$  三个稀释梯度, 才能较好地覆盖需要检测的试样浓度; 也可以直接稀释 10 倍、20 倍按两个稀释梯度检测。质控乳粉具有准确的含量, 可

以准确地计算稀释倍数, 或者计算需要的取样量。

## 2.5 保健食品维生素片中叶酸的检测

维生素片中叶酸含量很高, 取样 1 片或者 0.50 g 时, 在定容 100 mL 以后, 仍然需要稀释 8000~20000 倍, 才能正常检测。但是维生素片的标示含量准确, 只要按照标示含量计算理论稀释倍数, 就能顺利检测。表 5 是 5 个品牌的多维维生素片、B 族维生素片和叶酸片, 通过直接提取法处理<sup>[17]</sup>得到的检测结果。

维生素片的实测稀释倍数和理论稀释倍数基本相同,  $1f$  一种稀释即可检测。

表 3 婴幼儿辅食营养包中叶酸检测  
Table 3 Detection of folic acid in infant supplementary nutrition package

序次	取样量 $m/\text{g}$	产品标示值 $\omega/(\mu\text{g}/100\text{ g})$	理论稀释倍数 $f$	实测稀释倍数 $f_c$	实测含量/ $(\mu\text{g}/100\text{ g})$	$f_c/f$ 值
1	0.309	625	96.4	100	701.8 $\pm$ 17.5	1.0
2	0.333	625	104.0	100	955.4 $\pm$ 34.6	1.0
3	0.323	625	101.1	100	1024.4 $\pm$ 10.9	1.0
4	0.307	625	95.9	100	753.8 $\pm$ 1.3	1.0
5	0.305	625	95.2	100	834.8 $\pm$ 1.5	1.1
6	0.314	625	98.2	100	787.1 $\pm$ 23.3	1.0
7	0.210	625	65.5	75	769.9 $\pm$ 2.8	1.1
8	0.300	625	93.7	75	635.2 $\pm$ 33.2	0.8

表 4 婴幼儿配方乳粉中叶酸的检测  
Table 4 Detection of folic acid in infant formula milk powder

乳粉	取样量 $m/\text{g}$	产品标示值 $\omega/(\mu\text{g}/100\text{ g})$	理论稀释倍数 $f$	实测稀释倍数 $f_c$	实测含量/ $(\mu\text{g}/100\text{ g})$	$f_c/f$ 值
1 段	0.301	65	9.8	10	97.2 $\pm$ 0.3	1.0
1 段	0.308	62.0	9.6	25	139.9 $\pm$ 2.0	2.6
2 段	0.510	65	16.6	20	93.1 $\pm$ 2.1	1.2
2 段	0.302	25.0	3.8	16	99.9 $\pm$ 1.7	4.2
3 段	0.303	78	11.8	20	114.6 $\pm$ 2.3	1.7
3 段	0.304	118	17.9	20	107.8 $\pm$ 1.1	1.1
3 段	0.306	80	12.2	16	91.8 $\pm$ 0.1	1.3
质控乳粉	0.274	149.5	20.5	20	143.5 $\pm$ 2.4	1.0

表 5 保健食品维生素片中叶酸的检测  
Table 5 Detection of folic acid in vitamin tablets of health food

产品名称	取样量 $m/\text{g}$	产品标示值 $\omega$	理论稀释倍数 $f$	实测稀释倍数 $f_c$	实测含量/ $(\mu\text{g}/100\text{ g})$	$f_c/f$ 值
多维片	0.501	400 $\mu\text{g}/1.17\text{ g}$	8561	10000	39480 $\pm$ 178	1.2
B 族维生素片	0.50	240 $\mu\text{g}/0.5\text{ g}$	12000	10000	41825 $\pm$ 269	0.8
B 族维生素片	0.55	200 $\mu\text{g}/0.55\text{ g}$	10000	10000	33071 $\pm$ 524	1
叶酸片	0.10	400 $\mu\text{g}/0.1\text{ g}$	20000	20000	366716 $\pm$ 3289	1
叶酸片	0.12	400 $\mu\text{g}/0.12\text{ g}$	20000	20000	316160 $\pm$ 1665	1

## 2.6 试样稀释倍数的估算

根据叶酸测定标准 GB 5009.211—2014<sup>[17]</sup>中计算公式(3), 当定容体积为 100 mL、试样稀释液质量浓度等于叶酸标准工作液浓度 0.200 ng/mL 时, 经推导和计算得到稀释倍数估算公式(1):

$$f = \frac{1}{2} \omega \times m \quad (1)$$

式中:  $f$  表示试样提取液的理论稀释倍数;  $\omega$  表示样品中叶酸的质量分数,  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ;  $m$  表示检测时的取样量,  $\text{g}$ 。

由表 1~5 可知, 已经检测的 5 类食品实际需要的稀释倍数, 可以用取样量和样品含量估算理论稀释倍数  $f$ , 再以理论稀释倍数为基础设置稀释梯度  $0.5f$ 、 $1f$ 、 $2f$ 、 $4f$  进行检测, 有些食品可以直接以理论稀释倍数  $f$  稀释, 就可以有效检测食品中的叶酸含量, 减少盲目实验。比快速检测叶酸含量范围<sup>[16]</sup>更能节省时间和试剂, 叶酸检测效率得到大幅度提高, 特别是对于没有叶酸检测经验的人, 指导意义更加明显。

## 3 结论与讨论

植物产品中叶酸的质量分数在 5.03~287.3  $\mu\text{g}/100\text{g}$  之间, 食品间含量差异大, 试样稀释倍数 5~50 倍; 肉类食品叶酸在 11.1~65.4  $\mu\text{g}/100\text{g}$  之间, 稀释倍数在 5~20 倍; 婴幼儿辅食营养包叶酸在 653.2~1024.4  $\mu\text{g}/100\text{g}$  之间, 变化范围较小, 可以按 100 倍稀释; 婴幼儿配方乳粉叶酸为 91.8~143.5  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , 稀释 10~25 倍; 维生素片中叶酸含量很高, 定容后需要稀释 8000~20000 倍。这 5 类食品较常出现检测样品, 其检测结果具有参考价值。

食品提取液的稀释可以通过稀释倍数估算公式进行估算, 在设置稀释梯度的情况下, 可以大幅度提高有效检测的概率, 减少重复性实验。其中植物产品中叶酸含量差异最大, 难以准确估算稀释倍数, 需要设置  $0.5f$ 、 $1f$ 、 $2f$  三个稀释梯度, 而维生素片和婴幼儿辅食营养包容易估算稀释倍数, 按照理论稀释倍数  $f$  稀释就可以进行检测。

稀释倍数的估算大幅提高了叶酸检测的效率, 对于检测实验室和生产厂家检测叶酸具有指导意义, 对于其他维生素检测时的试样稀释也具有参考价值。

### 参考文献

- [1] 王博伦, 顾丰颖, 刘子毅, 等. 食品中叶酸测定方法的研究进展[J]. 食品科学, 2020, 41(9): 294-300.  
WANG BL, GU FY, LIU ZY, *et al.* Advances in methods for the determination of folate in foods [J]. Food Sci, 2020, 41(9): 294-300.
- [2] SAUBADE F, HEMERY YM, ROCHETTE I, *et al.* Influence of fermentation and other processing steps on the folate content of a traditional African cereal-based fermented food [J]. Int J Food Microbiol, 2018, 266: 79-86.
- [3] HAUSSMANN R, SAUER C, NEUMANN S, *et al.* Folic acid and vitamin B<sub>12</sub> determination in the assessment of cognitive disorders: Overview and data analysis from a university outpatient memory clinic [J]. Nervenarzt, 2019, 90(11): 1162-1169.
- [4] CHO E, ZHANG X, TOWNSEND MK, *et al.* Unmetabolized folic acid in prediagnostic plasma and the risk of colorectal cancer [J]. J Nat Cancer I, 2015, 107(12): 260.
- [5] IYER R, TOMAR SK. Determination of folate/folic acid level in milk by microbiological assay, immunoassay and high performance liquid chromatography [J]. J Dairy Res, 2013, 80(2): 233-239.
- [6] 罗敏婷, 吴克刚, 黄伟乾. 婴幼儿辅食营养补充品中叶酸的测定方法[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 34-38.  
LUO MT, WU KG, HUANG WQ. Methods of detecting the content of folic acid in infant complementary food supplements [J]. Food Mach, 2016, 32(9): 34-38.
- [7] 张慧, 吴环, 黄伟乾, 等. 微生物法快速检测婴幼儿配方乳粉中叶酸含量[J]. 食品研究与开发, 2015, (5): 66-69.  
ZHANG H, WU H, HUANG WQ, *et al.* Rapid microbiological methods detecting the content of folic acid in infant formula milk powder [J]. Food Res Dev, 2015, (5): 66-69.
- [8] 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.  
CUI GP, HUANG BC, YANG W. Comparison of the determination of folic acid content in infant formula powders by microbiological method and the kit method [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(13): 3497-3500.
- [9] 付婧超, 刘晓晖, 李井涛, 等. 2 种微生物试剂盒法快速检测乳粉中叶酸含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(6): 1486-1491.  
FU JC, LIU XH, LI JT, *et al.* Rapid determination of the content of folic acid in milk powder by two rapid microbiological kit methods [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(6): 1486-1491.
- [10] 解鑫, 喻东威, 马文丽, 等. 利用不确定度比对乳粉中叶酸含量的快速检测方法[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(21): 7290-7294.  
XIE X, YU DW, MA WL, *et al.* Comparison of rapid detection methods of folic acid in milk powder by uncertainty [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(21): 7290-7294.
- [11] 张娟, 严家俊, 吴风霞, 等. 食品中维生素 B<sub>12</sub> 和叶酸微生物检测法的研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(24): 346-349.  
ZHANG J, YAN JJ, WU FX, *et al.* Research progress of the microbiological detection technology for vitamin B<sub>12</sub> and folic acid in food [J]. Sci Technol Food Ind, 2018, 39(24): 346-349.
- [12] FAJARDO MV, ALONSO-APERTE E, VARELA-MOREIRAS G. Determination of folate content in ready-to-eat food products [J]. Nutr Hosp, 2013, 28(4): 1210-1218.
- [13] HEFNI ME, SHALABY MT, WITTHOFT CM. Folate content in faba beans (*Vicia faba* L.)-effects of cultivar, maturity stage, industrial processing and bioprocessing [J]. Food Sci Nutr, 2015, 3(1): 65-73.
- [14] 李全霞, 崔亚娟, 陈兆天, 等. 利用冷冻保藏菌种测定食品中的水溶性维生素[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(1): 59-63.  
LI QX, CUI YJ, CHEN ZT, *et al.* Use of cryopreserved cultures for microbiological assay of soluble-vitamins in food [J]. Food Ferment Ind, 2016, 42(1): 59-63.
- [15] ARAUJO MM, MARCHIONI E, VILLAVICENCIO AL, *et al.* Pressurized liquid extraction and HPLC quantification of folic acid in fortified wheat flours [J]. J Agric Food Chem, 2012, 60(31): 7629-7633.

- [16] 田浩, 王志伟, 顾文佳, 等. 微生物法快速测定食品中叶酸含量范围 [J]. 食品工业科技, 2019, 40(1): 229–233.  
TIAN H, WANG ZW, GU WJ, *et al.* Rapid determination of folic acid content range in food by microbiological method [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2019, 40(1): 229–233.
- [17] GB 5009.211—2014 食品安全国家标准 食品中叶酸的测定[S].  
GB 5009.211—2014 National food safety standard-Determination of folic acid in foods [S].
- [18] KOBANY S, SCHMIEG D, PLANK DW, *et al.* Determination of total folates in complex nutritional drinks and supplements using a tri-enzyme microbiological method and michaelis-menten kinetics [J]. *J AOAC Int*,

2019, 102(3): 971–974.

(责任编辑: 于梦娇)

### 作者简介



任新军, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为食品检验。  
E-mail: renxinjun333@sina.com