

# 深圳市面粉与面制品中偶氮甲酰胺及其转化产物 膳食暴露评估

阮莎莎, 刘桂华\*, 朱舟, 刘红河, 姜杰

(深圳市疾病预防控制中心, 深圳 518055)

**摘要: 目的** 了解深圳市居民面粉与面制品中偶氮甲酰胺及其分解转化产物联二脒、氨基脒的含量水平, 获得深圳市致癌致畸物氨基脒的居民膳食暴露水平。**方法** 2016 年在深圳市超市、批发市场、农贸市场等共采集 500 份面粉及面制品, 监测偶氮甲酰胺及其分解转化产物联二脒、氨基脒的含量。并结合深圳市居民膳食调查食物消费量计算深圳市居民面粉和面制品中氨基脒的暴露量。**结果** 所采集的 500 份样品中: 偶氮甲酰胺、联二脒、氨基脒的检出率分别为 4.60%、25.8%、18.6%, 含量范围为 0.500~93.4 mg/kg、10.0~13900  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、0.250~1100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ; 氨基脒的一般水平暴露量与高水平暴露量分别为 0.005  $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{bw}/\text{d}$  与 0.248  $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{bw}/\text{d}$ 。**结论** 面粉及面制品中的氨基脒暴露已超过水产品中的暴露, 应慎重使用偶氮甲酰胺作为食品添加剂在面粉及面制品中使用, 同时加强对面粉及面制品中氨基脒的监测。

**关键词:** 面粉及面制品; 偶氮甲酰胺; 氨基脒; 联二脒; 膳食暴露

## Dietary exposure assessment of azodicarbonamide and its transformation products in flour and flour products in Shenzhen

RUAN Sha-Sha, LIU Gui-Hua\*, ZHU-Zhou, LIU Hong-He, JIANG Jie

(Shenzhen Center for Disease Control and Prevention, Shenzhen 518055, China)

**ABSTRACT: Objective** To understand the levels of azodicarbonamide (ADC) and its decomposition products, diurea and semicarbazide, in flour and noodle products of Shenzhen residents, and obtain the dietary exposure level of residents with carcinogenic teratogenic semicarbazide (SEM) in Shenzhen. **Methods** In 2016, 500 batches of flour and noodle products were collected in supermarkets, wholesale markets and farmer's markets in Shenzhen to monitor the content of azodicarbonamide and its decomposition products, diurea and semicarbazide. Combined with the food consumption of Shenzhen residents' dietary survey, the exposure of semicarbazide in flour and noodle products of Shenzhen residents was calculated. **Results** Among the 500 samples collected, the detection rates of azoformamide, biuret, and semicarbazide were 4.60%, 25.8%, and 18.6%, respectively, and the contents ranged from 0.500 to 93.4 mg/kg, 10.0 to 13900  $\mu\text{g}/\text{kg}$  and 0.250-1100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . The general and high levels of semicarbazide exposure were 0.005  $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{bw}/\text{d}$  and 0.248  $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{bw}/\text{d}$ , respectively. **Conclusion** The exposure of semicarbazide in flour and pasta has exceeded the exposure in aquatic products. The use of azoformamide as a food additive in flour and pasta

基金项目: 深圳市科技研发资金基础研究项目(JCYJ20140410164217367)

Fund: Supported by Shenzhen Science and Technology R&D Fund Basic Research Project (JCYJ20140410164217367)

\*通讯作者: 刘桂华, 主任技师, 主要研究方向为食品安全与残留物检测。E-mail: 1106126629@qq.com

\*Corresponding author: LIU Gui-Hua, Chief Technician, Shenzhen Center for Disease Control and Prevention, Shenzhen 518055, China. E-mail: 1106126629@qq.com

should be used with caution, and the monitoring of semicarbazide in flour and flour products should be strengthened.

**KEY WORDS:** flour and flour products; azodicarbonamide; semicarbazide; biurea; dietary exposure

## 1 引言

偶氮甲酰胺(azodicarbonamide, ADC)因廉价、高效成为了致癌物质溴酸钾禁用后的新一代面粉增筋剂。在国际上,偶氮甲酰胺在食品上的应用安全性是有争议的。在欧盟,偶氮甲酰胺禁止作为食品添加剂使用。美国与加拿大的使用标准分别是 0.045 g/kg 与 0.020 g/kg,我国食品安全国家标准《食品添加剂使用标准》(GB 2760-2014)将偶氮甲酰胺作为面粉处理剂,使用范围为小麦粉,最大使用量为 0.045 g/kg<sup>[1,2]</sup>。

研究表明,在面制品加工过程中,ADC 可经小麦蛋白还原成联二脲(biurea, HDC),HDC 经高温作用进一步降解为氨基脲(semicarbazide, SEM)<sup>[2-4]</sup>。SEM 作为硝基咪唑类兽药中呋喃西林的代谢产物,早期的研究即表明它具有致癌性<sup>[5-8]</sup>;近期的研究表明,SEM 还具有遗传毒性<sup>[9-11]</sup>。

国内外关于面粉及面制品中偶氮甲酰胺及其转化产物污染水平的研究主要集中于面包样品氨基脲污染水平的研究。Gregory 等<sup>[2]</sup>在美国马里兰州、Becalski 等<sup>[3]</sup>在加拿大渥太华、谢洁等<sup>[12]</sup>在中国重庆对市售的面包中氨基脲的含量水平进行检测分析,检出率均在 90%以上。王赫等<sup>[13]</sup>对济南市售卖面粉中 ADC 进行检测分析,检出率达 30%,超标率为 1.43%。

本研究对深圳市市售的面粉及面制品中 ADC、HDC、SEM 的含量进行检测,系统了解含量 ADC 及其转化产物在面粉及面制品中的含量水平,结合深圳市居民食物消费量计算摄入水平与暴露量,为面制品的食用安全提供科学依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 样品、试剂与仪器

#### 2.1.1 样品

于 2016 年在深圳市超市、批发市场、农贸市场等,采用随机抽样方法采集面粉及面制品。其中面制品包括:面条、中式面点、饼干、西式面点。中式面点为包子、馒头、饺子、馄饨皮、油条、麻花、烤饼等,西式面点为蛋糕、吐司、面包、汉堡包面包部分等。面制品进行研磨粉碎后,各取 200 g,置于干燥洁净的容器内,-20 °C 密封避光保存,待测定。

#### 2.1.2 仪器

Agilent 1100 高效液相色谱仪、AB SCIEX 4500 QTRAP 三重四极杆串联质谱仪、Shimadzu LC-20A 超快速液相色谱仪(日本岛津公司);Waters XBridge BEH Amide

色谱柱(150 mm×4.6 mm, 3.5 μm, 美国 Waters 公司);Waters Atlantis® dC<sub>18</sub> 色谱柱(美国 Waters 公司);XS205 分析天平(瑞士 Mettler Toledo 公司);Milli-Q plus 超纯水制备系统(美国 Millipore 公司);Beckman Coulter Allegra™ X-22R 高速冷冻离心机(美国 Beckman 公司);KQ-250DV 超声清洗仪(昆山市超声仪器有限公司);SW22 恒温振荡水浴槽(德国 Julabo 公司);IKA-MS3 旋涡混合器(德国 IKA 公司);IKA A-11 basic 研磨机(德国 IKA 公司)。

#### 2.1.3 试剂

ADC 标准品(纯度大于 96%)、<sup>13</sup>C<sub>2</sub>,<sup>15</sup>N<sub>2</sub>-HDC 标准品(纯度 98.8%)、<sup>13</sup>C,<sup>15</sup>N-SEM 标准品(纯度 98.8%)(拿大 Toronto Research Chemicals 公司);HDC 标准品(纯度大于 99%)、SEM 标准品(纯度大于 99%)(美国 Sigma-Aldrich 公司);HBL 小柱(60 mg, 3 mL, 美国 Waters 公司);邻硝基苯甲醛(分析纯,梯希爱(上海)化成工业发展有限公司);氢氧化钠(分析纯,上海埃比化学试剂有限公司);盐酸(分析纯,天津市福晨化学分析厂);实验用甲醇、乙腈、甲酸、乙酸(色谱纯,德国 Merck 公司);实验用水(电阻率>18 MΩ·cm<sup>-1</sup>)均由 Milli-Q plus 超纯水制备系统临用现制。

## 2.2 测定方法

偶氮甲酰胺采用高效液相色谱法测定<sup>[14]</sup>;联二脲采用同位素稀释高效液相色谱—串联质谱测定<sup>[15]</sup>;氨基脲采用高效液相色谱-串联质谱测定<sup>[16]</sup>。实验过程中采用平行双样、基质加标回收实验以确保检测数据的准确性。

## 2.3 膳食暴露量的计算

$$\text{计算公式: } D = \frac{C \times F}{W}$$

其中  $D$  为每人每日膳食暴露量,ADC 的单位为 mg/kg-bw/d, HDC 与 SEM 的单位为 μg/kg-bw/d;  $C$  为面粉或面制品中 ADC、HDC、SEM 的含量,ADC 的单位为 mg/kg, HDC 与 SEM 的单位为 μg/kg;  $F$  为面粉及面制品消费量, g;  $W$  为体重, kg; 食物消费量与体重(60.2 kg)均参考《深圳市居民食物消费量与膳食营养状况的调查》<sup>[17]</sup>。本文分别计算一般水平(取样品污染水平中位数浓度计算)与高暴露水平(取样品污染水平第 95 百分位数  $P_{95}$ ; 浓度为高暴露水平)情况下暴露。

## 3 结果与分析

### 3.1 面粉及面制品中 ADC、HDC、SEM 的含量

采集和检测的面粉及面制品 500 份,其中 23 份样品中检出 ADC,检出率为 4.60%,含量范围为 0.500~93.4 mg/kg; 127 份样品中检出 HDC,检出率为 25.8%,含量范围为

10.0~13900  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ; 97 份样品检出 SEM, 检出率为 18.6%, 含量范围为 0.250~1100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ (详情见表 1)。

面条样品中, HDC 与 SEM 的检出样品主要集中在湿面条与方便面, 就此本文根据各类面条对原料的要求与加工工艺的区别将 95 份面条样品分为挂面、方便面、湿面条。150 份中式面点中, HDC 与 SEM 的检出主要集中在油炸类的样品中, 且检出含量较高, 因此将中式面点进一步细分为油炸类与非油炸类。上述样品的检出与含量情况详见表 2。

### 3.2 深圳市居民面粉及面制品消费量

根据《深圳市居民食物消费量与膳食营养状况的调查》<sup>[17]</sup>获得深圳市居民面粉及面制品的平均消费量为 96.95 g/d。结合面粉及面制品中 ADC、HDC、SEM 的含量水平情况, 将面条样品分为: 挂面、方便面、湿面条 3 类; 中式面点细分为非油炸处理类(馒头、包子、馄饨皮等)、油炸处理类(油条、麻花、油炸春卷等)、饼干(饼干、蛋糕等)。面粉及各类面制品的消费量见表 3。

表 1 面粉及面制品中 ADC、HDC、SEM 的检测结果  
Table 1 Detection results of ADC, HDC, and SEM in flour and flour products

样品类别	面粉	面条	饼干	中式面点	西式面点	总和	
样品量/n	115	95	80	150	60	500	
ADC (mg/kg)	检出率/%	19.13	1.05	0.00	0.00	0.00	4.60
	中位数含量	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	$P_{95}$ 含量	8.93	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	浓度范围	0.50~93.40	0.50~11	—	—	—	0.50~93.40
HDC/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	检出率/%	19.13	35.79	17.50	10.67	71.67	25.80
	中位数含量	10.00	10.00	10.00	10.00	720.00	10.00
	$P_{95}$ 含量	419.40	1145.20	82.41	267.21	4340.60	1841.25
	浓度范围	10~3230	10~6700	10~210.6	10~1840	10~13900	10~13900
SEM/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	检出率(%)	10.43	20.00	7.50	8.67	71.67	18.60
	中位数含量	0.25	0.25	0.25	0.25	2.69	0.25
	$P_{95}$ 含量	1.33	9.25	1.53	1.26	719.65	23.94
	浓度范围	0.25~9.24	0.25~194.5	0.25~3.78	0.25~29.4	0.25~1100	0.25~1100

表 2 面条和中式面点中 ADC、HDC、SEM 的检测结果  
Table 2 Detection results of ADC, HDC, and SEM in noodles and Chinese pastries

样品类别	方便面	挂面	湿面条	油炸	非油炸	
样品量	15	63	17	44	106	
ADC/ (mg/kg)	检出率/%	0.00	1.59	0.00	0.00	0.00
	中位数含量	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	$P_{95}$ 含量	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	浓度范围	—	0.50~11.00	—	—	—
HDC/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	检出率/%	40.00	28.57	58.82	20.45	6.60
	中位数含量	10.00	10.00	35.90	10.00	10.00
	$P_{95}$ 含量	831.60	328.60	2303.20	1100	27.68
	浓度范围	10~1120.00	10~4820.00	10~6700.00	1840.00	10~609.00
SEM/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	检出率/%	20.00	15.87	35.29	18.18	4.72
	中位数含量	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	$P_{95}$ 含量	5.66	3.41	57.99	14.56	0.25
	浓度范围	0.25~12.48	0.25~54.30	0.25~194.50	0.25~29.40	0.25~1.28

表3 深圳市居民面粉及面粉制品膳食暴露情况  
Table 3 Dietary exposure of flour and flour products of Shenzhen residents

		面粉	面包	饼干	油炸	非油炸	方便面	挂面	湿面	总和
消费量/(g/d)		31.80	12.70	4.34	11.94	14.88	1.10	15.15	5.04	96.95
含量	ADC/(mg/kg)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	HDC/( $\mu$ g/kg)	10.00	654.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	35.90
	SEM/( $\mu$ g/kg)	0.25	2.69	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	ADC/(mg/kg)	8.93	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	$P_{95}$	419.40	4340.60	82.41	1100.00	27.68	831.60	328.60	2303.20	57.99
摄入量	ADC/(mg/d)	1.33	719.65	1.53	14.56	0.25	5.66	3.41	0.003	0.048
	HDC/( $\mu$ g/d)	0.016	0.006	0.002	0.006	0.007	0.001	0.008	0.003	0.048
	SEM/( $\mu$ g/d)	0.318	8.312	0.043	0.119	0.149	0.011	0.152	0.181	9.285
	ADC/(mg/d)	0.008	0.034	0.001	0.003	0.004	0.000	0.004	0.001	0.055
	$P_{95}$	0.284	0.006	0.002	0.006	0.007	0.001	0.008	0.003	0.317
暴露量	HDC/( $\mu$ g/d)	13.337	55.126	0.358	13.134	0.412	0.915	4.978	11.608	99.867
	SEM/( $\mu$ g/d)	0.042	9.140	0.007	0.174	0.004	0.006	0.052	0.292	10.380
	ADC/(mg/kg-bw/d)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	HDC/( $\mu$ g/kg-bw/d)	0.005	0.138	0.001	0.002	0.002	0.000	0.003	0.003	0.154
	$P_{95}$	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
暴露量	ADC/(mg/kg-bw/d)	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
	HDC/( $\mu$ g/kg-bw/d)	0.222	0.916	0.006	0.218	0.007	0.015	0.083	0.193	1.660
	SEM/( $\mu$ g/kg-bw/d)	0.001	0.152	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.005	0.161
	ADC/(mg/kg-bw/d)	0.001	0.152	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.005	0.161
	$P_{95}$	0.001	0.152	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.005	0.161

### 3.3 深圳市居民 ADC、HDC、SEM 膳食暴露水平

深圳市居民 ADC 的膳食暴露一般水平为 0, 高暴露水平的膳食暴露量为 0.005 mg/kg-bw/d; HDC 的一般水平与高暴露水平的膳食暴露量分别为 0.154  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$  和 1.660  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$ ; SEM 的一般水平与高暴露水平的膳食暴露量分别为 0.001  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$  和 0.161  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$ 。SEM 的膳食暴露主要来源于面包, 一般水平时, 面包的 SEM 膳食暴露量占到 SEM 总暴露量的三分之二, 高暴露水平时, 面包 SEM 的膳食暴露量占到总暴露量的 94.4%(表 3)。

## 4 讨论与结论

由于 ADC 在面制品的加工过程中转化分解为 HDC 与 SEM, 大部分面制品中均不含 ADC, 因此深圳市居民对 ADC 的膳食暴露量均较低。

HDC 的一般水平与高暴露水平的暴露量分别为 0.154  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$  和 1.660  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$ 。虽然目前暂无有关 HDC 的毒理性质的报道, 但是作为 ADC 转化为 SEM 的中间产物, 它是潜在的 SEM 暴露来源。

SEM 的一般水平与高暴露水平的暴露量分别为 0.001  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$  和 0.161  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$ 。SEM 的暴露主要来源于面包, 一般水平时, 面包的 SEM 暴露量占到 SEM 总暴露量的三分之二, 高暴露水平时, 面包 SEM 的暴露量占到总暴露量的 94.4%。

深圳市居民面粉及面制品的总消费量为 96.95 g/d, 其中面粉的消费量为 31.80 g/d, 约占到面粉及面制品总消费量的三分之一, 这部分面粉加工制作成为面制品的过程中会转化生成 SEM。参考谢洁等<sup>[12]</sup>对面包过程中 ADC 转化为 SEM 的研究, 取 ADC 转化 SEM 的转化率为 1.5%。深圳市居民日常膳食中面粉中 ADC 转化成 SEM 的暴露量, 一般水平与高暴露水平分别为 0.004  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$  与 0.075  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$ 。因此 SEM 的一般水平暴露量与高暴露水平暴露量最终约为 0.005  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$  与 0.248  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$ 。

刘书贵等<sup>[18]</sup>在 2013 年对广东省鳊鱼和杂交鲤中孔雀石绿和硝基呋喃残留调查及暴露评估中得到呋喃西林每人每日的平均暴露量和最大暴露量分别为 0.005  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$  和 0.01  $\mu\text{g}/\text{kg-bw/d}$ 。与之对比, 由面粉中添加使用 ADC 而转化生成的 SEM, 一般水平的暴露量已接近, 高暴露水平已超过食用水产品引起的膳食暴露。

同时深圳市是南方城市, 主食以大米为主, 成人每日对面粉及面制品的摄入量仅为 96.95 g, 比《2002 中国居民营养与健康状况调查报告》中报道的我国成年人每日对面及制品的摄入量 141 g 低约 30%。中国北方地区, 面及面制品在主食所占的比例比南方更多, 由此可知北方 SEM 的实际暴露量应该比深圳更高。

综上, 对于偶氮甲酰胺作为食品添加剂在面制品中

的使用应更为慎重, 在对水产品中呋喃西林代谢产物进行监测的同时, 增加对面制品中 SEM 的监测也实属必要。

### 参考文献

- [1] GB 2760-2014 食品安全国家标准食品 添加剂使用标准[S]. GB 2760-2014 National food safety standard-Standard for uses of food additives [S].
- [2] Gregory ON, Charles RW, Wenchi Hsu, *et al.* Semicarbazide formation in flour and bread [J]. *Agric Food Chem*, 2008, 56: 2064–2067.
- [3] Becalski A, Lau B, Lewis D, *et al.* Semicarbazide in Canadian bakery products [J]. *Food Addit Contam*, 2006, 23(2): 107–109.
- [4] 黄晓珊, 关铭鑫, 杭义萍. 面制品添加剂偶氮甲酰胺热处理下转化为氨基脲的研究[J]. *分析测试学报*, 2018, 37(8): 977–980. Huang XS, Guan MX, Hang YP. Study on degradation of flour additive azodicarbazide to semicarbazide under heat treatment [J]. *J Instrum Anal*, 2018, 37(8): 977–980.
- [5] Zheng HQ, Wang YM, Thomas N. Chase, stimulation of nmethyl-D-aspartate receptors induces apoptosis in rat brain [J]. *Brain Res*, 1996, (725)2: 166–176.
- [6] Grizzle, George TB, Fail JD, *et al.* Carisoprodol: Reproductive assessment by continuous breeding in swiss mice [J]. *Fund Appl Toxicol Off J Soc Toxicol*, 1995, 24(1): 132.
- [7] 李嘉. 食品添加剂副产物氨基脲的毒理学研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2008. Li J. Toxicology study on semicarbazide of food additive by-production [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2008.
- [8] Maranghi FR, Tassinari V, Lagatta, *et al.* Effects of the food contaminant semicarbazide following oral administration in juvenile sprague-dawley rats [J]. *Food Chem Toxicol*, 2009, (47): 472–479.
- [9] Dimitris V, Hariklia M, Klimentini E. Evaluation of genotoxic effects of semicarbazide on cultured human lymphocytes and rat bone marrow [J]. *Food Chem Toxicol*, 2010, (48): 209–214.
- [10] 龙彪, 单军, 杨立军. 食品中氨基脲的风险评估[J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(7): 236–238. Long B, Shan J, Yang LJ. Risk assessmen of SEM in food [J]. *Food Res Dev*, 2012, 33(7): 236–238.
- [11] 高素, 汝少国. 氨基脲的毒性效应研究进展[J]. *环境科学研究*, 2013, 26(6): 637–644. Gao S, Ru SG. Research progress on the toxicity of semicarbazide [J]. *Res Environ Sci*, 2013, 26(6): 637–644.
- [12] 谢洁, 彭涛, 刘彩虹, 等. 面包中偶氮甲酰胺及其降解产物的风险分析[J]. *检验检疫学刊*, 2014, 4(24): 62–66. Xie J, Peng T, Liu CH, *et al.* Risk analysis of azodicarbonamide and its degradation products in bread [J]. *Inspect Quarant Sci*, 2014, 4(24): 62–66.
- [13] 王赫, 刘丽军, 魏艳欣, 等. 济南市售面粉中偶氮甲酰胺含量的检测分析[J]. *山东化工*, 2016, 45(14): 51–52. Wang H, Liu LJ, Wei YX, *et al.* Detection and analysis of azodicarbonamide contended in flour in Jinan area [J]. *Shangdong Chem Ind*, 2016, 45(14): 51–52.
- [14] 阮莎莎, 刘桂华, 朱舟, 等. 高效液相色谱法检测面粉及面制品中的偶氮甲酰胺[J]. *华南预防医学*, 2017, 43(1): 78–82. Ruan SS, Liu GH, Zhu Z, *et al.* Determination of ADC in flour and flour

- products by high-performance liquid chromatographic (HPLC) [J]. South China J Prev Med, 2017, 43(1): 78–82.
- [15] 阮莎莎, 刘桂华, 刘素纯, 等. 同位素稀释高效液相色谱-串联质谱法测定面粉及面制品中的联二脲[J]. 分析测试学报, 2016, 35(4): 420–425.
- Ruan SS, Liu GH, Liu SC, *et al.* Determination of biurea in flour and flour products by isotope dilution high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Instrum Anal, 2016, 35(4): 420–425.
- [16] 王丹, 陈颖, 宋书锋, 等. 固相萃取-超高效液相色谱-串联质谱法检测面粉及面制品中的氨基脲[J]. 中国食品卫生杂志, 2014, 26(6): 579–583.
- Wang D, Chen Y, Song SF, *et al.* Determination of semicarbazide in flour and flour products by SPE purification ultra-high performance liquid chromatography-tandem triple quadruple mass spectrometry [J]. Chin J Food Hyg, 2014, 26(6): 579–583.
- [17] 深圳市居民食物消费量与膳食营养状况的调查[M]. 广州: 广东人民出版社, 2015.
- Investigation on food consumption and dietary nutrition of shenzhen residents [M]. Guangzhou: Guangdong People's Press, 2015.
- [18] 刘书贵, 尹怡, 单奇, 等. 广东省鳊鱼和杂交鳙中孔雀石绿和硝基呋喃残留调查及暴露评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(5): 553–558.
- Liu SG, Yin Y, Shan Q, *et al.* Residual levels of malachite green and nitrofurans metabolites in farmed fish from Guangdong and exposure assessment [J]. Chin J Food Hyg, 2015, 27(5): 553–558.

(责任编辑: 韩晓红)

## 作者简介



阮莎莎, 检验技师, 主要研究方向为食品理化检验。

E-mail: 735341159@qq.com



刘桂华, 主任技师, 主要研究方向为食品安全与残留物检测。

E-mail: 1106126629@qq.com