

蜂蜜中 5-羟甲基糠醛标准物质的研制

苏福海*

(中国计量科学研究院, 北京 100029)

摘要: **目的** 研制蜂蜜中 5-羟甲基糠醛(5-Hydroxymethylfurfural, 5-HMF)国家级标准物质。**方法** 通过对经筛选的原料进行目标浓度候选物的制备, 然后以优化后的液相色谱法和同位素稀释质谱法, 对目标蜂蜜中的 5-羟甲基糠醛的含量进行准确测定, 在完成均匀性和稳定性实验的基础上, 进行了不确定度评定。**结果** 本标准物质系列包括 3 个浓度水平的标准物质(11.0、27.2 和 67.3 mg/kg), 扩展不确定度为 1.0~4.2 mg/kg。研制的蜂蜜基体标准物质已被批准为国家一级标准物质(GBW10080-10082), 并应用于实际的检测中。**结论** 该定值方法可用于蜂蜜中 5-羟甲基糠醛检测中分析方法的评价、分析过程的质量控制及实验室能力考核。

关键词: 5-羟甲基糠醛; 标准物质; 蜂蜜; 液相色谱-同位素稀释质谱法; 不确定度评定

Preparation of 5-hydroxymethylfurfural in honey

SU Fu-Hai*

(National Institute of Metrology of China, Beijing 100029, China)

ABSTRACT: Objective To develop the national reference materials 5-Hydroxymethylfurfural in honey (5-HMF). **Methods** Through the preparation of the target concentration of the selected raw materials, the content of 5-hydroxymethylfurfural in the honey was accurately determined by optimized liquid chromatography and isotope dilution mass spectrometry. After the homogeneity and stability testing, the uncertainty were evaluated. **Results** This reference material series included 3 concentration levels of reference materials (11.0, 27.2 and 67.3 mg/kg), and the expanded uncertainty was 1.0-4.2 mg/kg. The CRMs had been approved as CRM (GBW10080-10082) and had been applied in the detection of honey. **Conclusion** This method can be used for the evaluation of analytical method, the quality control of analysis process and the assessment of laboratory ability in the detection of 5-hydroxymethylfurfural in honey.

KEY WORDS: 5-hydroxymethylfurfural; certified reference material; honey; liquid chromatography-isotope dilution mass spectrometry; uncertainty evaluation

1 引言

蜂蜜是蜜蜂采集植物的花蜜、分泌物或蜜露, 与自身分泌物混合后, 经充分酿造而成的天然甜物质^[1], 作为添加剂广泛应用于各类食品加工中, 深受消费者青睐^[2,3]。5-羟甲基糠醛的含量是研究蜂蜜在加工贮藏过程中质量发生

变化的一个重要参数, 是衡量其质量优劣的一项重要指标之一^[4,5]。食用含过多糠醛的蜂蜜可能会对人体健康造成伤害, 可能导致突变和引起 DNA 链断裂^[6]。我国新颁布的行业标准 GHT 18796-2012《蜂蜜》^[7]中规定, 蜂蜜中 5-羟甲基糠醛含量要求小于 40 mg/kg。新鲜纯正的蜂蜜不含 5-羟甲基糠醛, 但随着贮存时间的延长, 蜂蜜中的六碳糖, 主

*通讯作者: 苏福海, 博士, 副研究员, 主要研究方向为基体中有害成分检测。E-mail: sufh@nim.ac.cn

*Corresponding author: SU Fu-Hai, Ph.D, Associate Professor, National Institute of Metrology, P.R.C, No. 18, Beisanhuan East Road, Chaoyang District, Beijing 100029, China. E-mail: sufh@nim.ac.cn

要是葡萄糖和果糖, 在酸性条件下就会部分脱水生成 5-羟甲基糠醛。蜂蜜加工和贮存温度能加快 5-羟甲基糠醛生成的速度。另外, 当蜂蜜中掺入转化糖等物质, 蜂蜜中也容易产生 5-羟甲基糠醛。此外, 蜂蜜还会因为掺假而含有 5-羟甲基糠醛^[8]。

为保证检测结果具有溯源性、可比性和准确性, 研制和使用蜂蜜中 5-羟甲基糠醛标准物质是迫切需要的。该标准物质的成功研制有着极其重大的社会效益和经济效益。根据标准物质相关标准 JJF 1342-2012《标准物质研制(生产)机构通用要求》^[9]和 JJF 1343-2012《标准物质定值的通用原则及统的原理》^[10]以及其他标准物质研制技术规范^[11], 首次采用非添加的方式制备目标浓度蜂蜜中 5-羟甲基糠醛基体标准物质, 包括 3 个浓度水平, 覆盖 GHT 18796-2012 中规定的含量水平, 为蜂蜜的质量控制、打击掺假提供了量值溯源的基础, 保障了测量的准确性。

2 材料与方法

2.1 主要仪器与试剂

蜂蜜为市售产品。

Agilent 1200 液相色谱仪(紫外检测器)、Agilent LC-MS/MS 6410 液相色谱-质谱联用仪(美国 Agilent 公司)。

标准物质候选物委托厂家提供; 甲醇等试剂(色谱纯, >99.8%, 德国默克公司)。

5-羟甲基糠醛溶液标准物质[GBW(E)100251, 中国计量科学研究院];

标准工作液: 分别量取适量的 5-羟甲基糠醛标准储备液于容量瓶中, 用超纯水稀释定容至刻度线, 充分混匀得到 0.20、1.0、2.0、4.0、6.0、10 $\mu\text{g/mL}$ 的几个不同浓度 5-HMF 的标准工作液。当天新鲜配制。

¹³C-5-羟甲基糠醛(99.0%, 加拿大 TRC 公司)。

标准溶液的配制: 精确称取一定质量的 ¹³C-5-羟甲基糠醛标记物溶于一定质量的水溶液中, 计算浓度时应考虑纯度标准物质的纯度, 配制成浓度为 500 mg/kg 的 ¹³C-5-羟甲基糠醛的标记物溶液。

校准溶液的配制: 根据待测定的蜂蜜样品中 5-羟甲基糠醛的大致浓度, 准确称取一定质量的 ¹³C-5-羟甲基糠醛标记物溶液, 然后适量加入 5-羟甲基糠醛标准溶液, 使得校准溶液中 5-羟甲基糠醛的标准物质量与标记物质量比分别为 0.8 和 1.2, 混匀后室温下平衡。

蜂蜜中 5-羟甲基糠醛标准物质包括 3 个不同含量水平的样品, 涵盖范围: 10 ~ 71 mg/kg。样品采用空白蜂蜜进行制备。这样设计的目的是为了用更多的样品, 更加科学、客观地考察方法的可靠性, 覆盖 GHT 18796-2012 中规定的含量水平。

2.2 实验方法

2.2.1 液相色谱法条件

Agilent 1200 色谱柱: Zorbax Eclipse XDB-C₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 柱温: 35 $^{\circ}\text{C}$; 进样量: 10 μL ; 流速: 1 mL/min; 检测波长: 284 nm; 流动相: 甲醇:水=5:95; 0→13 min, 95%(水); 13.01→18 min, 20%(水); 18.01→28 min, 20%(水); 28.01→31 min, 95%(水); 31.01→40 min, 95%(水)。

2.2.2 液相色谱-串联质谱法条件

色谱条件: 色谱柱采用 Eclipse Plus C₁₈ 柱 (150 mm×2.1 mm, 5 μm); 柱温 35 $^{\circ}\text{C}$; 流动相为甲醇-水, 比例控制在 3:97 等度洗脱; 流速 0.2 mL/min; 进样 5 μL 。

质谱条件: 采用电喷雾离子源 (electron spray ionization, ESI) 对样品进行离子化; 在正离子模式下进行扫描; 毛细管电压设为 3.50 kV 传输离子; 干燥气 N₂ 温度设为 350 $^{\circ}\text{C}$, 流速控制为 9 L/min; 喷雾器的压力为 40 psi; Fragmentor 参数为 80 V; 施加 2 V 的碎片裂解能; 采用多反应离子监测 (multiple reaction monitoring, MRM) 方式, 标准 5-HMF 和同位素 5-HMF 的母离子分别为 m/z 127.1 和 133.1, 选择相应的子离子 m/z 109.1 和 115.1 作为定量离子对蜂蜜中 5-HMF 进行含量测定。

2.2.3 标准物质制备

标准物质研制所需的空白枣花蜂蜜样品委托厂家提供。不同浓度水平的 5-HMF 蜂蜜是通过将空白蜂蜜恒温加热^[12-15], 通过控制加热时间来制备 3 种不同浓度水平的 5-HMF 的蜂蜜样品。待 3 种不同浓度的蜂蜜基体制备好且保证蜂蜜样品中 5-HMF 含量均匀后按照浓度的不同分装到棕色瓶中, 密封储存。按照国家标准物质技术规范的要求对备用原料进行混匀、分装, 以及进行均匀性检验和稳定性考察。制备好的样品包装在 40 mL 棕色样品瓶, 每瓶约 30 g。

2.2.4 均匀性研究

从已分装好的溶液标准物质中随机抽取 11 瓶样品, 按照 2.2.1 中的色谱条件进行均匀性检验。每瓶样品均重复测定 3 次, 测定顺序随机, 取平均值作为测定结果, 用方差分析法统计检验溶液标准物质的均匀性。

2.2.5 稳定性考察

稳定性是标准物质特性量值随时间变化的度量, 主要与被分析物理化特性、基体特性以及保存条件等因素有关。稳定性一般要求在一定时间内测量点不少于 5 个, 本研究分别在 0、1、3、6、12 个月随机抽取 3 瓶样品, 采用与均匀性检验相同的色谱条件, 对每瓶样品平行测定 3 次, 采用趋势分析法对监测数据进行评估。

2.2.6 定值分析

在本标准物质的研制中, 采用高效液相色谱法 (high performance liquid chromatography, HPLC)^[16] 和液相色谱-同位素稀释-质谱法 (liquid chromatography-isotope dilution

n-mass spectrometry, LC-ID/MS/MS) 2 种不同原理的方法进行标准物质的定值。蜂蜜属于复杂基体样品, 样品预处理较为复杂, 尤其是 LC-ID/MS/MS 的检测方法, 对样品溶液的要求更高一些, 样品提取出来以后需要进一步净化、浓缩, 为了达到高准确度、高精度的定值结果, LC-MS/MS 定值法采用同位素稀释质谱法进行。

3 结果与分析

3.1 均匀性检验分析

按照 2.2.4 方法对蜂蜜中 5-羟甲基糠醛进行均匀性检验。查表 1 得 $F_{0.05}(10,22)=2.30$, 由表 1 可知, 3 个样品中蜂蜜中 5-羟甲基糠醛的 F 值小于 $F_{0.05}(10, 22)$, 即在 95% 置信范围内, 研制的标准物质的量值在瓶间和瓶内不存在显著性差异, 样品均匀性良好。

表 1 均匀性检验方差分析结果
Table 1 Homogeneity test result

	检测值	F 值	$s_{bb}/(\text{mg}/\text{kg})$
样品 1	10.83	2.01	0.07
样品 2	26.78	1.78	0.14
样品 3	66.68	1.81	0.26

3.2 稳定性考察检验

按照 2.2.5 方法进行稳定性实验, 以检测时间为自变量, 以浓度水平为因变量进行线性回归, 计算拟合直线的斜率 β_1 、截距 β_0 、标准偏差 s 、斜率不确定度 $s(\beta_1)$ 。查表 2 得 $t_{0.95}=3.18$, $|\beta_1| < t \cdot s(\beta_1)$, 表明直线斜率不显著, 研制的标准物质在 12 个月内的特征量值是稳定的。

表 2 稳定性考察结果
Table 2 Stability test result

	拟合直线斜率 $ \beta_1 $	拟合直线截距 β_0	直线标准偏差 s	斜率不确定度 $s(\beta_1)$
样品 1	0.00708	10.76	0.21	0.022
样品 2	0.0202	26.80	0.19	0.020
样品 3	0.0527	66.68	0.25	0.025

3.3 液相色谱法前处理优化

根据蜂蜜样品基体的性质, 分别选取水、乙腈、乙酸乙酯 3 种溶剂对蜂蜜样品中 5-羟甲基糠醛进行提取分离, 称取适量的蜂蜜样品, 分别加入一定量的上述 3 种溶剂, 混合后将上清液过膜后上机检测, 分别从它们的提取能力及回收率两方面来评价 3 种溶剂的作用效果。

图 1 中显示了 3 种不同溶剂提取蜂蜜样品中 5-HMF

色谱图, 从图 1 中可以直观地看出乙腈能够有目的地对 5-HMF 进行提取, 不含有其他杂质, 乙酸乙酯提取的样品中只有目标峰旁边存在 1 个杂质峰, 而水溶液能够完全将蜂蜜溶解, 较多的杂质与目标物同时存在于提取液中。从 3 种溶剂的回收率结果来看, 乙腈和乙酸乙酯的回收率低于 60%, 而水溶液能够保证样品中 5-HMF 几乎能够完全被检测出来(10、30、70 mg/mL 加标回收率达 98% 以上)。为了能够准确对蜂蜜中 5-HMF 含量进行准确含量测定, 选择回收率较高的水溶液作为蜂蜜中 5-羟甲基糠醛的提取溶剂。

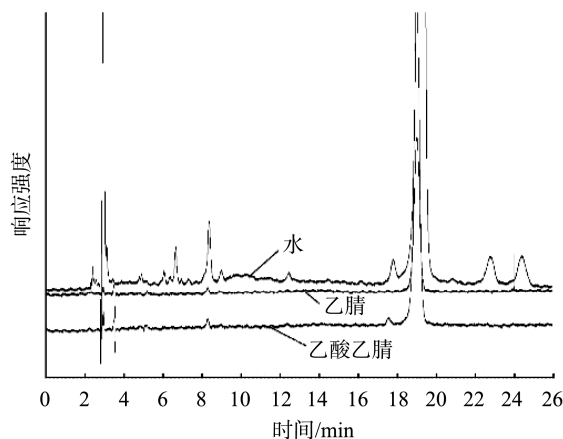


图 1 不同溶剂的提取效果
Fig.1 Extraction results of different solvents

3.4 LC-ID/MS/MS 法前处理优化

由于蜂蜜基体中的成分比较复杂, 用水溶解蜂蜜样品后经液相色谱分析可知其杂质比较多, 为了防止质谱分析仪的离子源受污染及基体的干扰, 需要进一步对蜂蜜样品进行净化提纯。用于液质分析时常用的前处理方法为固相萃取法, 它对目标物的提取回收率很高, 目标物能够与杂质实现很好的分离。

①固相萃取小柱的考察。以水作为蜂蜜样品的初始提取溶剂, 为了进一步净化样品, 本研究采用固相萃取的方法来达到样品净化的目的。分别考察了 3 种固相萃取柱 Waters Sep-Pak Vac C_{18} 、亲水亲脂柱(OASIS HLB)、Strata-X 反相聚合物吸附剂小柱的净化效果和回收率。其中 Waters Sep-Pak Vac 小柱的提取回收率最低, 其他 2 种小柱在添加浓度 10、30、70 mg/mL 的加标回收率 90% 以上, 但是通过实验可知 OASIS HLB 小柱测得的结果重复性不好, 因此选择回收率较高且重复性好的 Strata-X 反相聚合物吸附剂小柱对蜂蜜进行净化分析。

②淋洗液的选择。待样品上样后, 一些杂质会和目标检测物一并被吸附在小柱上, 需要加入合适的溶液使其能

够最大程度地将杂质除去但不影响到目标化合物的保留。洗脱强度大的溶液能够尽可能将杂质去除,但不能过大将目标物洗脱下去,因此在考察回收率的同时找到合适的溶液使其净化效果比较好。实验考察了水、5%甲醇溶液、15%甲醇溶液、30%甲醇溶液作为淋洗系统对杂质的洗脱效果。通过比较 4 种不同比例的甲醇溶液对样品淋洗后样品色谱图可知,样品中的目标物出峰时间在 19 min 左右,水溶液淋洗样品后仍然在 8、18 和 23 min 左右处检测到杂质峰的存在,随着甲醇溶液体积分数的增大,杂质的响应逐渐降低,15%甲醇淋洗后的样品中只有 5-HMF 能检测到,而 30%甲醇溶液淋洗样品后测得的样品色谱图中未出现色谱峰,说明淋洗过程中已经将 5-HMF 和杂质完全洗脱下去。因此只有 15%的甲醇溶液能够将干扰成分几乎全部洗脱下去,且不影响 5-羟甲基糠醛的保留情况,选择它作为淋洗液来实现杂质的去除及目标物的保留目的。

3.5 标准值确定

对蜂蜜中不同浓度水平的 5-羟甲基糠醛含量的测定方法分别为高效液相色谱法和同位素稀释质谱法 2 种定值方法。采用柯克伦(Cochran)法进行 2 组数据的等精度检验。

采用科克伦法检验平均值间是否等精度,根据所取显著性水平 α , 数据组数 m , 重复测定次数 n , 查科克伦检验临界值表,得临界值 $C_{(\alpha,m,n)}$ 。

若 $C \leq C_{(\alpha,m,n)}$, 表明各组数据平均值间为等精度。查临界值表得 $C_{(0.05,2,6)}=0.8534$ 。

从表 3 中可以看出, $C \leq C_{(0.05,2,6)}$, 因此 2 组数据是等精度的,标准值采用 2 组数据的平均值。

3.6 不确定度评定

本标准物质采用不同原理的 2 种方法进行定值,标准值为 2 种定值方法的平均值,定值结果的不确定度由 3 部分组成,分别为:标准物质的不均匀性引入的不确定度;标准物质的不稳定性引入的不确定度;标准物质的定值过程带来的不确定度。

3.6.1 LC-IDMS/MS 方法定值不确定度评定(记为 u_{IDMS})

结果不确定度由以下 2 部分组成:测量重复性引入的

不确定度 u_A (A 类标准不确定度)和称量等过程引入的不确定度 u_B 。

(1)A 类不确定度

色谱仪器的稳定性、面积测量的重复性,溶液浓度和进样体积的差异等对测量结果造成的误差均体现在测量重复性中,由 6 次测量结果的相对标准偏差表示。

(2)B 类标准不确定度

在测试过程中内标的真实浓度是被约掉的,5-羟甲基糠醛的测定值只受配制校准溶液时内标溶液的称量值(m)影响,与内标的真实含量无关,故标记 5-羟甲基糠醛内标溶液的真实浓度的不确定度,对结果无影响,不计算标记 5-羟甲基糠醛内标溶液引入的不确定。B 类标准不确定度包括:5-羟甲基糠醛校准溶液配制引入的不确定度、样品称量引入的不确定度、样品中添加标记 5-羟甲基糠醛内标引入的不确定度和提取、净化过程回收率所产生的不确定度 4 部分组成。

3.6.2 LC 方法定值不确定度(记为 u_{LC})

(1)A 类不确定度

色谱仪器的稳定性、面积测量的重复性,溶液浓度和进样体积的差异等对测量结果造成的误差均体现在测量重复性中,由 6 次测量结果的相对标准偏差表示。

(2)B 类标准不确定度

高效液相色谱法对蜂蜜中不同浓度的 5-羟甲基糠醛进行含量测定时采用的是外标法即标准曲线法,许多因素都会给 5-HMF 含量的定值结果引入不确定度。

其中配制校准溶液时所使用的 5-羟甲基糠醛溶液标准物质的不确定度引入的 $u_1=u_{std}$;样品称量引入的不确定度;样品处理过程中容量瓶定容时引入的不确定度;回收率引起的不确定度。

3.6.3 均匀性差异带来的不确定度(u_{bb})

均匀性研究采用单因素方差分析进行了研究,表明样品均匀性良好。因此,以单因素方差分析结果计算均匀性引入的不确定度,用方差分析法进行计算。

用单因素方差分析法进行均匀性评估,此时均匀性标准偏差

表 3 蜂蜜中 5-羟甲基糠醛含量的定值结果
Table 3 Certification result of 5-HMF in honey

方法	样品 1/(mg/kg)		样品 2/(mg/kg)		样品 3/(mg/kg)	
	HPLC	LC/MS/MS	HPLC	LC/MS/MS	HPLC	LC/MS/MS
量值	10.79	11.13	26.82	27.57	66.73	67.80
RSD	2.23	1.39	2.14	1.72	2.03	1.56
C		0.72		0.61		0.63
均值		11.0		27.2		67.3

$$s_{bb}^2 = \frac{s_1^2 - s_2^2}{n}$$

式中: s_{bb} 为瓶间标准偏差; s_1^2 为组间方差; s_2^2 为组内方差; n 为组内测量次数。

如果 $s_1^2 > s_2^2$, 在这种情况下, s_{bb} 等同于瓶间不均匀性导致的不确定度分量 u_{bb} , 则相对不确定度为 s_{bb}/c 。

3.6.4 稳定性带来的不确定度(u_s)

稳定性引入的不确定度根据公式计算 $u_s = t \cdot s(\beta_1)$ 。

$s(\beta_1)$ -稳定性检测数据拟合直线斜率的相对标准不确定度。

t -给定的保存期限

3.6.5 不确定度合成

上述的不确定度分量进行量化计算, 并对其分量进行合成。结果见表 4。

将上述各不确定度分量合成得标准物质总不确定度和扩展不确定度($k=2$), 结果见表 5。

4 结 论

本研究以 2 种不同原理的高准确度方法测量结果的平均值作为标准物质的定值结果。本标准物质研制技术路线、样品制备及定值方法的选择充分考虑了目前国内外相关限量要求和检测方法特点。均匀性和稳定性良好, 标准值确定及不确定度评定合理, 符合国家一级标准物质技术规范要求。本标准物质系列包括 3 个浓度水平的标准物质(11.0、27.2 和 67.3 mg/kg, 扩展不确定度为 1.0~4.2 mg/kg), 可用于蜂蜜中 5-羟甲基糠醛检测中分析方法的评价、分析过程的质量控制及实验室能力考核。

表 4 标准物质不确定分量
Table 4 Uncertain components of CRM

	u_{IDMS}	u_{LC}	u_{bb}	u_s	合成相对不确定度
样品 1	1.81	3.23	0.65	0.24	3.8
样品 2	2.00	2.76	0.52	0.09	3.5
样品 3	1.86	2.41	0.38	0.045	3.1

表 5 标准物质不确定评估结果
Table 5 Uncertainty result of CRM

编号	相对合成标准不确定度	相对扩展不确定度($k=2$)	标准值/(mg/kg)	合成不确定度/(mg/kg)	扩展不确定度($k=2$)/(mg/kg)
样品 1	3.8	7.6	11.0	0.5	1.0
样品 2	3.5	6.9	27.2	1.0	2.0
样品 3	3.1	6.2	67.3	2.1	4.2

参考文献

- 刘静, 曹炜. 蜂蜜中羟甲基糠醛的研究进展[J]. 中国蜂业, 2011, 62(1): 11-12.
Liu J, Cao W. A review of 5-hydroxymethylfurfural in honey [J]. Apic Chin, 2011, 62(1): 11-12.
- Khan SU, Anjum SI, Rahman K, *et al.* Honey: Single food stuff comprises many drugs [J]. Saud J Biol Sci, 2018, 25(2): 320-325.
- Ismail MM, Hamad MF, Elraghy EM. Using goat milk, barley flour, honey, and probiotic to manufacture of functional dailyproduct [J]. Probiot Antim Crobial Prot, 2019, 10(4): 677-691.
- Ozok D, Silici S. Effects of honey HMF on enzyme activities and serum biochemical parameters of wistarrats [J]. Environ Sci Pollut Res, 2016, 23(20): 20186-20193.
- Onor I, Misra NN, Barba FJ, *et al.* Effects of ultrasound and high pressure on physicochemical properties and HMF formation in Turkish honey types [J]. J Food Eng, 2018, 219: 129-136.
- Farsi M, Belushi S, Amri A, *et al.* Quality evaluation of omani honey [J]. Food Chem, 2018, 262: 162-167.
- GHT 18796-2012 蜂蜜[S].
GHT 18796-2012 Honey [S].
- 裴高璞, 史波林, 赵镭, 等. 蜂蜜质量市场动态及掺假检测方法现状分析[J]. 食品科学, 2013, 34(15): 329-336.
Pei GP, Shi BL, Zhao L, *et al.* Current situation analysis of quality market dynamics and detection methods for honey adulteration [J]. Food Sci, 2013, 34(15): 329-336.
- JJF 1342-2012 标准物质研制(生产)机构通用要求[S].
JJF 1342-2012 General requirements for reference materials producers [S].
- JJF 1343-2012 标准物质定值的通用原则及统的原理[S].
JJF 1343-2012 General and statistical principles for characterization of reference materials [S].
- ISO GUIDE 35-200 Reference materials-General and statistical principles for certification [S].
- 余林生, 贺锋, 葛倩, 等. 温度对蜂蜜淀粉酶值和羟甲基糠醛相关指标的影响[J]. 中国蜂业, 2009, 60(9): 4143-4145.
Yu LS, He F, Ge Q, *et al.* Effect on the temperature to honey amylase value and hydroxymethyl furfural [J]. Apic Chin, 2009, 60(9): 4143-4145.
- 杨文超, 张杰, 吴珍红, 等. 加热对五种蜂蜜中羟甲基糠醛的影响[C]//第五届中国畜牧科技论坛论文集, 2011.
Yang WC, Zhang J, Wu ZH, *et al.* Effect of temperature on the content of 5-hydroxymethyl furfural in five honey [C]/The 5th Chinese Animal Husbandry Science and Technology Forum, 2011.
- 叶莉莉, 祝子铜, 戴勤娟, 等. 温度对不同花蜜中 5-羟甲基糠醛含量的影响[J]. 中国蜂业, 2013, 9: 62-64.
Ye LL, Zhu ZT, Dai QJ, *et al.* Effect of temperature on the content of 5-hydroxymethyl furfural in different floral honeys [J]. Apic Chin, 2013, 9: 62-64.
- 马天琛, 王倩, 程妮, 等. 热加工对蜂蜜质量影响的研究进展[J]. 食品

与发酵工业, 2019, 45(14): 245-249.

Ma TC, Wang Q, Cheng N, *et al.* Effects of thermal processing on honey quality [J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(14): 245-249.

[16] GB/T 18932.18-2003 蜂蜜中羟甲基糠醛含量的测定方法 液相色谱-紫外检测法[S].

GB/T 18932.18-2003 Determination of HMF in honey-Liquid chromatography-ultraviolet detection [S].

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



苏福海, 博士, 副研究员, 主要研究方向为基体中有害成分检测。
E-mail: sufh@nim.ac.cn



“果蔬加工和质量安全控制”专题征稿函

我国是果蔬生产大国,水果蔬菜的总产量在世界名列前茅,果蔬产品也成为我国较好的经济来源之一。蔬菜、水果等农产品的质量越来越受到全社会关注,在生产阶段和加工、包装、储运等采后阶段进行质量安全风险控制显得越来越必要和紧迫。

鉴于此,本刊特别策划了“果蔬加工和质量安全控制”专题,由**郑州轻工业学院纵伟教授**担任专题主编。专题将围绕**(1)果蔬加工过程质量安全识别控制; (2)果蔬生产过程质量安全溯源控制; (3)果蔬产后处理与贮运过程质量安全控制**。或您认为本领域有意义的问题综述及研究论文均可,专题计划在 2020 年 12 月出版。

本刊主编**国家风险评估中心吴永宁研究员**与**专题主编纵伟教授**及**编辑部全体成员**特邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件,综述、研究论文和研究简报均可。请在 2020 年 11 月 20 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下,希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题**果蔬加工和质量安全控制**):

网站: www.chinafoodj.com(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者

登录-注册投稿-投稿栏目选择“**2020 专题: 果蔬加工和质量安全控制**”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsq@126.com(备注: **果蔬加工和质量安全控制**专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部