

# 不同加工工艺 对燕窝产品唾液酸含量的影响

连建梅<sup>1</sup> 范群艳<sup>1\*</sup> 李红卫<sup>2</sup>

(1.厦门市丝浓食品有限公司,福建厦门 361101;

2.厦门大学公共卫生学院,福建厦门 361102)

**摘要:** 本文以毛燕为原料,研究浸泡、挑拣、高温灭菌等工艺流程处理后燕窝唾液酸含量的变化。采用 LC-MS/MS 检测分析燕窝中唾液酸种类,此外,测定了不同加工条件下燕窝产品唾液酸含量并分析加工条件对唾液酸含量的影响,进一步分析了唾液酸热稳定性。结果表明:燕窝中唾液酸仅由 N-乙酰基神经氨酸( Neu5Ac) 组成,经不同工艺条件处理后,Neu5Ac 保留率均可高达 95% 以上,且 Neu5Ac 热稳定性好,不同情况下 Neu5Ac 含量无明显差异。说明燕窝经过上述加工处理后不会造成燕窝酸的大量流失,并且其受工艺条件变化影响小,燕窝加工产品可以很好地保存燕窝的营养价值,从而稳定发挥其营养功效,具有很高的消费价值。

**关键词:** LC-MS/MS, 燕窝, 唾液酸, 含量, 加工工艺

## Influence of different processing technology on sialic acid content of edible bird's nest products

LIAN Jian-mei<sup>1</sup>, FAN Qun-yan<sup>1,\*</sup>, LI Hong-wei<sup>2</sup>

(1.Xiamen Seelong Food CO., LTD, Xiamen 361101, China;

2.School of Public Health, Xiamen University, Xiamen 361102, China)

**Abstract:** In this paper, raw edible bird's nest was used as raw material to study the change of sialic acid content in edible bird's nest after processed by technology such as soaking, picking and choosing and high temperature sterilization. LC-MS/MS was used to detect and analyze the type of sialic acid in edible bird's nest. Besides, sialic acid content in edible bird's nest products was measured under different condition, and the influence of process condition on sialic acid content was analyzed. Furthermore, thermostability of sialic acid was analyzed. Results showed that sialic acid in edible bird's nest was only consist by N-acetylneuraminic acid( Neu5Ac), retention rates of Neu5Ac all exceeded 95% when edible bird's nest was processed by different technology, and thermostability of Neu5Ac was excellent, there was no obvious difference in Neu5Ac content under different conditions. These illustrated that above mentioned technology wouldn't lead to a massive loss of sialic acid in edible bird's nest and sialic acid was influenced slightly by the change of technology condition, nutritional value of edible bird's nest could be kept well, thus, its nutritional efficacy could be exerted stably, so edible bird's nest products have a very high consumption value.

**Key words:** LC-MS/MS; edible bird's nest; sialic acid; content; processing technology

中图分类号: TS201.2

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2017)01-0265-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.01.044

燕窝是东南亚地区传统的高档滋补品,又称燕窝菜、燕蔬菜、燕根等,是由金丝燕靠喉部的腺体用唾液或唾液与其绒羽混合凝结而成的巢穴,主产于马来西亚、印度尼西亚、泰国、缅甸等东南亚国家及我国的福建、广东沿海地带<sup>[1]</sup>。据我国中医记载,燕窝具有养阴润燥、补中益气、入胃补脾、化痰止咳等功能<sup>[2]</sup>。现代学者研究证明燕窝含有丰富的糖类、有机酸、游离氨基酸以及特征物质唾液酸。其中唾液

酸含量可占干重 7%~15%<sup>[3-6]</sup>,因此唾液酸又称燕窝酸。

唾液酸(Sialic Acid Sia)是一族神经氨酸的氮或氧基取代的衍生物,广泛存在于多种生物的组织 and 体液中,多以 α-糖苷的形式存在于非还原性寡聚糖末端<sup>[7]</sup>,是构成细胞膜上糖蛋白、游离低聚糖和糖脂的重要成分,是大脑神经节苷脂和神经细胞粘附分子多聚唾液酸的主要成分,参与细胞许多重要的生

收稿日期: 2016-07-14

作者简介: 连建梅(1984-),女,本科,中级工程师,研究方向: 食品工程, E-mail: lianjianmei001@163.com。

\* 通讯作者: 范群艳(1981-),男,硕士,研究方向: 食品科学, E-mail: fanqunyan729@126.com。

命活动,如细胞识别、生存、繁衍、生物膜流动、细胞内吞作用、抵御病毒感染等过程中起调节作用<sup>[8-10]</sup>。目前已发现的唾液酸有五十余种,包括N-乙酰基神经氨酸(N-acetylneuraminic acid, Neu5Ac)、N-羟乙酰基神经氨酸(N-glycoulylneuraminic acid, Neu5Gc)和脱氨神经氨酸(deaminoneuraminic acid, KDN)三种核心单体,其余的唾液酸均由这三种单体衍生而来<sup>[11]</sup>。根据现有对燕窝唾液酸检测的研究,燕窝中的唾液酸主要也是Neu5Ac<sup>[12-13]</sup>。

目前对唾液酸的主要检测方法有分光光度法<sup>[14]</sup>、气相色谱法<sup>[15]</sup>、ELISA<sup>[16]</sup>、高效液相色谱法<sup>[17]</sup>、高效液相色谱-质谱法<sup>[18]</sup>及超高效液相色谱-质谱法<sup>[19]</sup>等。其中,分光光度法操作较简便,但较费时和灵敏度欠佳;气相色谱法分析样品衍生的过程需耗费大量时间。这些技术被应用于燕窝营养成分及分析、品质评价和掺伪鉴别等各个方面,如冯婷玉等<sup>[20]</sup>建立具有高灵敏度、重复性好的能快速分析燕窝中唾液酸的柱前衍生二极管阵列/荧光检测器(DAD/FLD)串联的反相高效液相色谱检测方法,由艳燕<sup>[21]</sup>运用MALDITOF-TOF/MS对燕窝唾液酸糖蛋白进行肽段序列分析及蛋白鉴定,王羚郦等<sup>[22]</sup>采用高效液相色谱法对25种燕窝样品的唾液酸进行了鉴定和分析,孔晨等<sup>[23]</sup>通过测定核磁共振-维氢谱(<sup>1</sup>H-NMR)并以唾液酸中特有微量组分的特征峰为鉴定标准得到分辨真假燕窝的指纹图谱。本研究用液相色谱-串联质谱联用技术(LC-MS/MS)来检测毛燕、净燕、燕窝浸泡水、即食燕窝罐头及现炖燕窝中唾液酸含量,考察不同工艺条件对燕窝产品中唾液酸含量的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

毛燕原料 马来西亚,厦门市丝浓食品有限公司提供;净燕 毛燕经浸泡、挑拣、清洗后得到干净燕窝。

Neu5Ac标准品、内标1,2,3-<sup>13</sup>C<sub>3</sub>-Neu5Ac 美国Sigma公司;甲酸铵、乙腈 均为色谱纯试剂;实验用水为18.2 MΩ超纯水。

Agilent-1200型HPLC仪、API-3200三重四极杆液质联用仪、ZORBAX Eclipse Plus C<sub>18</sub>色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm) 美国Agilent公司;0.22 μm微孔滤膜 上海楚定分析仪器有限公司;超速冷冻离心机 美国Sigma公司;KQ5200DB超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 燕窝产品制备工艺流程

1.2.1.1 即食燕窝罐头加工工艺流程 原料浸泡(毛燕与纯化水按m:m为1:20浸泡)→挑拣→清洗→半制品分装→灌液→封口→灭菌(121℃/17 min)→即食燕窝罐头。

1.2.1.2 现炖燕窝加工工艺流程 原料浸泡(毛燕与纯化水按m/m为1:20浸泡)→挑拣→清洗→半制品分装→灌液→炖煮(100℃/17 min)→现炖燕窝。

#### 1.2.2 燕窝样品检测前处理

1.2.2.1 毛燕 取0.10 g毛燕样品三份,用剪刀剪碎

后过40目筛,放入5 mL离心管,加入2 mL Tri-HCl缓冲溶液(TBS)操作于冰浴中进行;4℃、2000 r/min的离心20 min;除去上层清液,向样品沉淀中再加入2 mL TBS,再4℃、2000 r/min离心20 min;将样品置于5 mL的0.15 mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>中,放入80℃烤箱水解90 min;取出后冷却,在4℃、3000 r/min的离心机离心30 min;将上层液通过0.22 μm的微孔滤膜,取滤过液90 μL放入棕色的加样瓶中,再加入10 μL浓度为5 μg/mL的内标1,2,3-<sup>13</sup>C<sub>3</sub>-Neu5Ac,放入冰盒中待测。

1.2.2.2 燕窝产品 取0.10 g燕窝产品一式三份,匀浆机充分匀浆后,每份取1 mL加入1 mL 0.15 mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,放入80℃烤箱水解90 min;取出后冷却,在4℃、3000 r/min下离心30 min;将上层液通过0.22 μm的微孔滤膜,取滤过液90 μL放入棕色的加样瓶中,再加入10 μL浓度为5 μg/mL的内标1,2,3-<sup>13</sup>C<sub>3</sub>-Neu5Ac,放入冰盒中待测。

1.2.2.3 燕窝浸泡水 取1 mL水样品,加入1 mL 0.15 mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,将液体通过0.22 μm的微孔滤膜,取滤过液90 μL放入棕色的加样瓶中,再加入10 μL浓度为5 μg/mL的内标1,2,3-<sup>13</sup>C<sub>3</sub>-Neu5Ac,放入冰盒中待测。

1.2.3 LC-MS/MS工作条件 色谱柱:ZORBAX Eclipse Plus C<sub>18</sub>色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm) 柱温30℃;洗脱液A液为0.01%甲酸铵超纯水溶液,B液为100%乙腈;洗脱程序:0~0.5 min,100% A;0.5~3.5 min,90% A和10% B;3.5~4 min,100% A。

1.2.3.1 准确度实验 取三份样品,加入一定量的0.5 mg/mL的Neu5Ac标准品溶液,按同样的实验方法测得唾液酸含量,得三次回收率分别为96%,92%,93%。平均回收率为93.7%,说明此方法准确度良好。

1.2.3.2 精密度实验 取0.5 mg/mL Neu5Ac标准品溶液,重复进样测定6次,测得6次峰面积分别为770.8、771.3、767.6、773.1、775.1、771.9,计算相对标准偏差(Relative standard deviation, RSD)为0.3%,此方法精密度良好。

1.2.3.3 重复性实验 取同一只燕窝样品分成6份,按同样的处理方法进行处理后检测,得6个峰面积分别为849.6、851.7、858.9、855.6、850.1、851.3,计算得RSD为4.2%,重复性较好。

1.2.4 不同浸泡、挑拣工艺对燕窝唾液酸含量的影响 将毛燕浸泡于纯化水中,恒温水浴锅调节浸泡温度为常温、40、60、80℃,浸泡时间为5 min和8 h,测定净燕及毛燕浸泡水中的唾液酸含量。

1.2.5 不同灭菌工艺对燕窝唾液酸含量的影响 各取4.5 g净燕装入容器内,经121℃灭菌17 min,100℃灭菌17 min,测定成品中唾液酸含量。

1.2.6 唾液酸热稳定性 分别称取Neu5Ac标准品0.16 g、0.32 g、0.64 g,添加纯化水至180 g,经121℃加热17 min,测定唾液酸保留量。分别将0.16、0.32、0.64 g的Neu5Ac标准品加入4.5 g净燕中,按燕窝与纯化水m:m为1:40添加纯化水,经121℃/17 min、100℃/17 min处理后,测定各样品中的唾液酸含量。

2 结果及讨论

2.1 燕窝中唾液酸种类的测定

实验采用液相色谱-质谱联用的方法对燕窝中唾液酸进行了定性分析,分析结果如图1、图2所示。

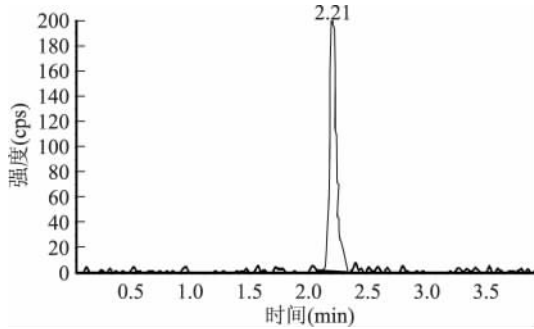


图1 Neu5Ac 标准品色谱图

Fig.1 Chromatogram of Neu5Ac standard substance

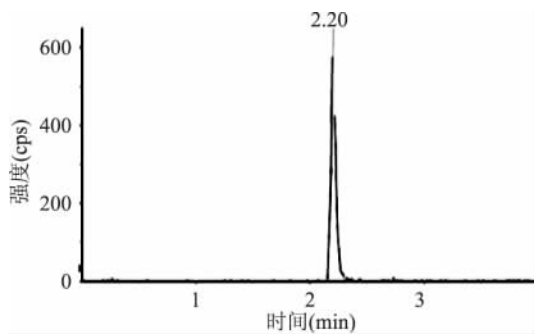


图2 燕窝样品色谱图

Fig.2 Chromatogram of edible bird's nest sample

Neu5Ac 标准品的色谱图见图1,可以看出其出峰时间在2.21 min。图2为燕窝样品的色谱图,出峰时间为2.20 min,与标准品出峰时间接近,且未观察到其他峰,可认为该色谱峰是 Neu5Ac,故以下的研究仅对燕窝中 Neu5Ac 进行测定。

2.2 不同浸泡、挑拣工艺对燕窝唾液酸含量的影响

毛燕经清水浸泡、挑拣后得到净燕,通过检测经不同浸泡温度、浸泡时间和挑拣与否得到的净燕中

唾液酸含量,考察浸泡挑拣工艺对净燕唾液酸含量的影响,检测结果如表1、表2所示。

表1 毛燕及净燕样品中的唾液酸含量

Table 1 Sialic acid content of raw and clean edible bird's nest samples

样品名称	浸泡挑拣工艺			唾液酸含量 (%)
	浸泡温度	浸泡时间	挑拣	
毛燕	-	-	-	12.52
净燕 A	常温	8 h	√	14.48
		5 min	√	12.73
净燕 B	40 °C	8 h	√	15.67
		5 min	√	13.00
净燕 C	60 °C	8 h	√	16.53
		5 min	√	14.24
净燕 D	80 °C	8 h	√	12.05
		5 min	√	11.75

注“√”表示经历挑拣流程,表2同。

由表1可知,实验毛燕的唾液酸含量为12.52%,经不同浸泡挑拣工艺处理后的净燕唾液酸含量均有小幅上升(净燕D除外),这主要是由于毛燕在浸泡挑拣过程中平均出品率为85%,净燕唾液酸含量计算时未计入杂质和水分损耗,因此由本实验数据可知,燕窝浸泡挑拣过程中燕窝唾液酸未出现明显流失,保留率可达90%以上。

由表2可知,燕窝浸泡后水中的唾液酸含量极低,范围在0.00027%~0.0052%之间,折算至毛燕中则溶出范围在0.0054%~0.10%,占毛燕唾液酸平均水平含量的0.043%~0.83%,说明超声波、浸泡温度和浸泡时间等因素处理条件下,燕窝中唾液酸溶出的都极少,可忽略不计。因此,浸泡挑拣工艺对燕窝中唾液酸含量基本没有影响,净燕唾液酸含量高低主要取决于燕窝本身唾液酸的含量。

2.3 不同灭菌工艺对燕窝唾液酸含量的影响

由表3可知,燕窝经上述两种灭菌(炖煮)工艺处理后唾液酸含量差异不明显,初步说明灭菌(炖煮)温度对燕窝唾液酸含量影响不大。

表2 燕窝浸泡水样品中的唾液酸含量

Table 2 Sialic acid content of soaked edible bird's nest water

实验组	浸泡挑拣工艺					唾液酸含量 (%)
	浸泡温度	浸泡时间	超声浸泡温度	超声浸泡时间	挑拣	
1	40 °C	8 h	-	-	√	0.0017
2	40 °C	5 min	-	-	√	0.0014
3	60 °C	8 h	-	-	√	0.0033
4	60 °C	5 min	-	-	√	0.0012
5	80 °C	8 h	-	-	√	0.0040
6	80 °C	5 min	-	-	√	0.0052
7	-	-	40 °C	4 h	-	0.0021
8	-	-	40 °C	5 min	-	0.00027
9	-	-	60 °C	4 h	-	0.0039
10	-	-	60 °C	5 min	-	0.0021
11	-	-	80 °C	4 h	-	0.0015
12	-	-	80 °C	5 min	-	0.0017

表5 Neu5Ac 标准品加入燕窝样品中经不同温度灭菌后的唾液酸含量  
Table 5 Sialic acid content of Neu5Ac standard substance with edible bird's nest sample after sterilization under different temperature

灭菌温度 (°C)	燕窝产品唾液酸含量 (g)	Neu5Ac 标准品添加含量 (g)	检测唾液酸含量 (g)	唾液酸保留率 (%)	平均保留率 (%)
121	0.316	0.160	0.462	97.1	97.8 ± 0.6
	0.342	0.320	0.648	97.9	
	0.411	0.640	1.034	98.4	
100	0.307	0.082	0.394	101.3	97.1 ± 4.4
	0.312	0.164	0.464	97.4	
	0.335	0.328	0.613	92.5	

表6 净燕灭菌前后唾液酸 (Neu5Ac) 含量  
Table 6 Sialic acid content of clean edible bird's nest before/after sterilization

样品名称	灭菌前唾液酸含量 (g)	121 °C / 17 min 灭菌后唾液酸含量 (g)	唾液酸保留率 (%)	唾液酸平均保留率 (%)
净燕 A	0.524	0.512	97.7	97.7 ± 0.7
净燕 B	0.622	0.603	96.9	
净燕 C	0.681	0.666	97.8	
净燕 D	0.544	0.536	98.5	

表3 燕窝经不同温度灭菌后的唾液酸 (Neu5Ac) 含量  
Table 3 Sialic acid content of edible bird's nest after sterilization under different temperature

样品名称	杀菌方式	唾液酸含量 (g/100 g)	平均唾液酸含量 (g/100 g)
即食燕窝罐头	121 °C / 17 min	0.360	0.332 ± 0.019
		0.320	
		0.327	
		0.320	
现炖燕窝	100 °C / 17 min	0.316	0.337 ± 0.032
		0.347	
		0.378	
		0.308	

#### 2.4 唾液酸热稳定性

为验证高温对唾液酸的影响,故用 Neu5Ac 标准品和加标燕窝样品分别考察唾液酸经不同温度灭菌的热稳定性,结果如表4、表5所示。

表4 Neu5Ac 标准品 121 °C / 17 min 灭菌后的唾液酸含量  
Table 4 Sialic acid content of Neu5Ac standard substance after sterilization under 121 °C / 17 min

实验组	Neu5Ac 标准品含量 (%)	检测唾液酸含量 (%)	唾液酸保留率 (%)	平均保留率 (%)
1	0.16	0.15	93.8	95.3 ± 1.5
2	0.32	0.31	96.9	
3	0.64	0.61	95.3	

运用 spss 软件进行统计分析得出(见表4、表5),各实验组数据均满足正态分布,故进行两两独立样本的 t 检验。结果得到,两两之间的差异不存在统计学差异,Neu5Ac 标准品以及加标燕窝样品的唾液

酸回收率较高,因此可以认为,上述工艺条件下唾液酸的热稳定性较好。

#### 2.5 净燕灭菌前后唾液酸含量

燕窝产品中的唾液酸全部由净燕带入产生,因此对比净燕灭菌前后唾液酸含量的变化情况,结果如表6所示。

### 3 结论

毛燕经不同浸泡、挑拣和炖煮(灭菌)工艺条件处理后,其唾液酸保留率较高,可达95%以上,同时唾液酸热稳定性高,经高温处理后保留率仍可达95%以上。因此,燕窝产品中的唾液酸含量主要取决于原料中唾液酸的含量,不同加工工艺对燕窝唾液酸含量无显著性影响。

燕窝唾液酸是燕窝中极其重要的一种营养成分,具有多种生物活性,而人体内只有 Neu5Ac 一种<sup>[12]</sup>。本实验结果表明,燕窝中的唾液酸不会因加工过程带来破坏性的损失,也不会随着工艺条件的改变而发生显著变化。卓丹如等<sup>[24]</sup>采用 HPLC 测定燕窝加工前后燕窝酸的含量也发现,燕窝应用现代工艺进行加工后唾液酸保存较好。所以,燕窝加工产品可以很好的保留天然燕窝中的燕窝酸,从而稳定发挥其营养功效,具有很高的消费价值。

#### 参考文献

- [1] 郭丽丽. 表征属性识别技术在燕窝真伪鉴别中的应用研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.
- [2] 王凤云, 韩亮, 赖小平. 32种不同产地与品种商品燕窝的DNA基源鉴定[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2015, 17(9): 1876-1882.
- [3] 曹妍. 燕窝品质分析及印尼白燕盏糖蛋白的分离纯化与结构特性研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [4] 熊言林, 张玉刚. 化学视角识燕窝[J]. 化学教育, 2013, 34(下转第277页)

## 参考文献

- [1] 刘波. 中国药用真菌 [M]. 山西人民出版社出版, 1986: 142-144.
- [2] Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, et al. Dictionary of the Fungi [M]. United Kingdom: CABI Publishing, 2011: 682-683.
- [3] 才晓玲, 于龙凤. 鸡枞菌种质资源研究进展 [J]. 大理学院学报, 2010, 09(10): 61-64.
- [4] Jouquet P, Bottinelli N, Lata J C, et al. Role of the fungus-growing termite *Pseudacanthotermes spiniger* (Isoptera, Macrotermitinae) in the dynamic of clay and soil organic matter content. [J]. An experimental analysis. Gendarme, 2007, 139: 127-133.
- [5] 明·李时珍撰本草纲目 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2014: 778-778.
- [6] 王一心, 杨桂芝, 狄勇. 鸡枞菌降血脂作用的实验研究 [J]. 中华临床医学研究杂志, 2003, (80): 13185-13186.
- [7] 王思芦, 汪开毓, 耿毅, 等. 鸡枞菌多糖对小鼠 T 细胞免疫功能的影响 [J]. 中国兽医科学, 2013, 43(1): 77-83.
- [8] 冯宁, 吴海婴, 陈光明, 等. 高血脂症小鼠模型腹腔注射鸡枞菌子实体多糖的研究 [J]. 检验医学与临床, 2009, 6(11): 862-863.
- [9] 陆奕宇, 敖宗华, 成成, 等. 鸡枞菌粉提取物镇痛抗炎作用的研究 [J]. 中成药, 2007, 29: 1742-1745.
- [10] Payel Mitra, Narayan Chandra Mandal, Krishnendu Acharya.

(上接第 268 页)

- [11] (11): 1-2.
- [5] 查圣华, 姜水红, 张宏. 燕窝及其伪品鉴定方法研究 [J]. 食品科技, 2010, 35(4): 281-283.
- [6] 杨国武, 张世伟, 黄秀丽, 等. 唾液酸检测研究现状及其用于燕窝产品质控评析 [J]. 检验检疫学刊, 2010, 20(2): 70-73.
- [7] 李宏越, 柳鹏福, 史吉平, 等. 唾液酸的生理功能、应用及其生产方法 [J]. 食品工业科技, 2014, 35(3): 363-368.
- [8] Morgan B L, Winick M. Effects of Administration of N-acetylneuraminic Acid (NANA) on Brain NANA Content and Behavior [J]. Journal of Nutrition, 1980, 110(3): 416-424.
- [9] Schnaar R L, Gerardyschahn R, Hildebrandt H. Sialic Acids in the Brain: Gangliosides and Polysialic Acid in Nervous System Development, Stability, Disease, and Regeneration [J]. Physiological Reviews, 2014, 94(2): 461-518.
- [10] Stencel-Baerenwald J E, Reiss K, Reiter D M, et al. The Sweet Spot: Defining Virus-Sialic Acid Interactions [J]. Nature Reviews Microbiology, 2014, 12(11): 739-749.
- [11] Schauer R. Sialic Acids: Fascinating Sugars in Higher Animals and Man [J]. Zoology (Jena), 2004, 107(1): 49-64.
- [12] 燕窝的精华——唾液酸 [J]. 食品科学, 2016, 37(5): 301-302.
- [13] Chan G K L, Wong Z C F, Lam K Y C, et al. Edible Bird's Nest, An Asian Health Food Supplement, Possesses Skin Lightening Activities: Identification of N-Acetylneuraminic Acid as Active Ingredient [J]. Journal of Cosmetics Dermatological Sciences & Applications, 2015, 05(4): 262-274.

- Polyphenolic extract of *Termitomyces heimii*: antioxidant activity and phytochemical constituents [J]. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2016, 11(01): 25-31.
- [11] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.6-2003 食品中脂肪的测定 [S]. 2004.01.01 实施.
- [12] 李祥, 陈建伟. 明党参脂肪油成分 GC-MS 快速分析 [J]. 中药材, 1992, 15(6): 26-27.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会 GB/T 17376-2008/ISO 5509: 2000 动植物油脂 脂肪酸甲酯制备 [S]. 2009.01.02 实施.
- [14] 寇秀颖, 于国萍. 脂肪和脂肪酸甲酯化方法的研究 [J]. 食品研究与开发, 2005, 26(2): 46-47.
- [15] 李书倩, 辛广, 张博, 等. 红蘑、猴头菇、香菇三种食用菌中脂肪酸的气相色谱-质谱分析 [J]. 食品工业科技, 2012, 33(8): 56-58.
- [16] 姜显光. 植物油中脂肪酸的分析研究 [D]. 大连: 辽宁师范大学, 2008.
- [17] Birch EE, Garfield S, Hoffman DR, et al. A randomised controlled trial of early dietary supply of long-chain polyunsaturated fatty acids and mental development in term infant. [J]. Developmental Medicine and Child Neurology, 2000, (42): 174-181.
- [18] 孙翔宇, 高贵田. 多不饱和脂肪酸的研究进展 [J]. 食品工业科技, 2012(7): 418-423.

- [14] 李敏, 黄华军, 奚星林, 等. 燕窝中唾液酸含量的分光光度测定方法 [J]. 中国卫生检验杂志, 2011, 21(3): 598-600.
- [15] 李波, 芦菲, 田素玉. 气相色谱法同时测定多糖中的中性糖、糖醛酸、氨基糖和唾液酸 [J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(9): 208-211.
- [16] 崔慧娥. 燕窝糖蛋白酶联免疫检测方法的研究 [D]. 天津: 天津科技大学, 2009.
- [17] 姜水红, 查圣华, 谢丽芬, 等. 燕窝中唾液酸含量测定方法的研究 [J]. 中国生化药物杂志, 2009, 30(5): 315-317.
- [18] 赖源发, 蔡尽忠, 胡佳, 等. 高效液相色谱-质谱法测定燕窝中唾液酸 [J]. 分析实验室, 2014, 33(5): 558-560.
- [19] 侯向昶, 朱丽萍, 刘春生, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定燕窝中唾液酸的含量 [J]. 现代食品科技, 2013, 29(7): 1706-1709.
- [20] 冯婷玉, 薛长湖, 孙通, 等. 燕窝中唾液酸的 DAD/FLD 串联 HPLC 测定方法研究 [J]. 食品科学, 2010, 31(8): 233-236.
- [21] 由艳燕. 燕窝唾液酸糖蛋白的纯化鉴定及体外消化吸收、抗炎活性研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- [22] 王羚邴, 李远彬, 邱子博, 等. 25 种燕窝样品中唾液酸含量的测定与分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(19): 64-67.
- [23] 孔晨, 徐敦明, 黄慧英. 基于核磁共振-二维氢谱法鉴定燕窝真伪的研究 [J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2015, 54(6): 819-823.
- [24] 卓丹如, 阙慧卿, 林绶, 等. HPLC 考察燕窝加工前后唾液酸的含量变化 [J]. 中国执业药师, 2015, 12(6): 17-19.