

燕窝中亚硝酸盐风险分析研究

徐敦明¹, 周昱^{1*}, 李志煌¹, 王振容¹, 林琴¹, 范群艳², 黄丹艳²

(1. 厦门出入境检验检疫局, 厦门 361012; 2. 厦门市丝浓食品有限公司, 厦门 361101)

摘要: 为帮助人们加深对燕窝中亚硝酸盐风险的理解和认识, 促进燕窝行业的健康发展, 采用国标检测方法(GB 5009.33-2010)对燕窝中亚硝酸盐含量分布及燕窝中亚硝酸盐成因进行探讨, 从危害识别、危害描述、暴露评估和风险描述等方面对燕窝中亚硝酸盐的风险进行全面的综述分析。根据含量分布情况及亚硝酸盐自身毒性情况, 提出了风险管理建议, 建议将干官燕中亚硝酸盐限量设为 30 mg/kg, 燕窝即食产品限量设为 5 mg/kg, 对人体是安全的。

关键词: 燕窝; 亚硝酸盐; 风险分析

Risk assessment of nitrite in edible birdnest

Xu Dun-Ming¹, Zhou Yu^{1*}, Li Zhi-Huang¹, Wang Zhen-Rong¹, Lin Qing¹,
Fan Qun-Yan², Huang Dan-Yan²

(1. Xiamen Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Xiamen 361026, China;
2. Xiamen Seelong Food Co., Ltd., Xiamen 361101, China)

ABSTRACT: To enhance the understanding on the risk of nitrite in edible birdnest (EBN) and consequently to promote the well-being development of EBN industry, the risk assessment of nitrite in EBN was evaluated. The distribution and contributing factors of nitrite content in EBN were investigated by the method of GB 5009.33-2010. Nitrite is formed naturally by the nitrogen cycle during the process of nitrogen fixation and two main nitrite salt forms occur, namely sodium and potassium nitrite. Nitrate and nitrite toxicity are exactly the same syndrome and these terms can be used interchangeably. According to the nitrite contents in edible birdnest (EBN) and products originated from EBN, acceptable daily intake (ADI) suggested by FAO/WHO and toxicology data of nitrite, the tolerance limits of nitrite in EBN and products originated from EBN were suggested with 30 mg/kg and 5 mg/kg, respectively, which might be safe for human being.

KEY WORDS: edible birdnest (EBN); nitrite; risk assessment

1 引言

亚硝酸盐俗称“硝”, 是亚硝酸钠和亚硝酸钾的总称, 通常主要指亚硝酸钠, 是一种白色不透明结晶的化工产品, 形似食盐, 被广泛用于化工、建筑和医学等方面^[1]。在食品生产中作为食品添加剂使用, 可作为发色剂和防腐剂应用于肉及肉制品的生产加工中。试验表明, 只要其用量控制在安全范围内对人体

健康不会造成危害^[2]。

近期因为燕窝及其制品中亚硝酸盐问题引发媒体的炒作。广州日报于 2011 年 6 月 22 日披露, 消费者从厦门购得的某品牌干燕窝, 经检测显示亚硝酸盐含量高达 3.6 g/kg, 而亚硝酸盐被指是一种致癌物^[3]。消息传出后立即在市场上引起了震动。2011 年 6 月 23 日厦门日报报道某品牌血燕检出致癌物等夸大消息^[4]。2011 年 7 月 4 日中央电视台 13 套报道

基金项目: 厦门市科技计划项目(2011S0276)

*通讯作者: 周昱, 研究员, 主要从事食品安全研究与监管。E-mail: Zhouy@xmciq.gov.cn

说马来西亚一名燕窝会长披露血燕的由来,称血燕是燕子的粪便熏出来或者染色而成。至此,各种媒体网络进行片面、不实、夸大的报道和炒作,给燕窝企业造成巨大的伤害和损失,同时也严重干扰了中国燕窝市场的健康发展。

本研究主要从危害识别、危害描述、暴露评估和风险描述等方面对燕窝中亚硝酸盐的风险进行全面的分析,并根据亚硝酸盐中毒的情况,提出风险管理的建议,旨在帮助人们加深对燕窝中亚硝酸盐风险评估的理解和认识,提高自我保护能力,为今后开展其他物质的风险评估提供一些理论依据。

2 材料与方法

2.1 仪器、试剂及材料

离子色谱仪 ICS-3000(美国戴安公司);分光光度计(UV2450,日本岛津公司);超声波发生器(HB-1990QT,深圳恒波超声波设备有限公司);离心机(TDL-60C,上海安亭科学仪器厂);Onguard RP 柱、Onguard Ag、Na 固相萃取柱(1.0 cc,美国戴安公司)。

燕窝样品及燕窝制品:购自国内外 24 家企业,其余采自马来西亚和印度尼西亚的燕屋。

亚硝酸钠(优级纯,天津光复精细化工研究所),试验用水均为 MILLIPORE Milli-Q 超纯水制备系统(美国 Millipore 公司)所制超纯水。

2.2 亚硝酸盐测定方法

参照国标 GB 5009.33-2010。

2.3 离子色谱测定条件

色谱柱: Dionex IonPac AS11-HC 4 × 250 mm;淋洗液: NaOH 溶液,梯度淋洗,梯度洗脱程序: 0~17 min, 5 mmol/L; 17~22 min, 由 5 mmol/L 线性增加至 60 mmol/L; 22~25 min, 由 60 mmol/L 线性降低至 5 mmol/L, 恢复至平衡状态;淋洗液流速 1.0 mL/min;抑制器电流: 149 mA;检测器: 阴离子抑制器;柱温: 35 °C;进样体积: 100 μL。

3 结果与分析

3.1 食品中亚硝酸盐的危害识别

3.1.1 亚硝酸盐的急性毒性

亚硝酸盐较长时期以来一直被作为肉类制品的添加剂,主要原因是其可使肉类制品呈现美丽、鲜艳

的亮红色,而且由于防腐作用可以抑制多种厌氧性梭状芽胞菌,尤其是肉毒梭状芽胞杆菌,防止肉毒中毒,因而在肉类制品的加工保存中具有重要意义^[2]。亚硝酸盐的毒性较强,小鼠经口半数致死量(LD₅₀)为 220 mg/kg 体重,人中毒量为 0.3~0.5 g,致死量为 3 g,儿童由于自身解毒能力差,脏器对毒物的耐受性差。所以只需成人的 1/5~1/3 的量就可以导致中毒或死亡^[5]。根据联合国粮农组织(FAO)和世界卫生组织(WHO)规定,亚硝酸盐每日容许摄入量(ADI 值)为 0~0.07 mg/kg 体重^[6]。亚硝酸盐可以使血色素中 Fe²⁺ 氧化为 Fe³⁺,产生大量高铁血红蛋白,从而使血红蛋白失去携带氧的能力,使机体组织缺氧而发生病变甚至死亡。亚硝酸盐食入过量后 0.5~3 h 突然发病,潜伏期长者可达 20 h。口服亚硝酸盐 10 min~3 h 后,可出现头痛、头晕、乏力、胸闷、气短、心悸、恶心、呕吐、腹痛、腹泻、全身皮肤、黏膜紫绀等症状,如口唇、舌尖、指尖青紫,重者眼结膜、面部及全身皮肤青紫,严重者出现意识丧失、昏迷、惊厥、大小便失禁,最终因呼吸衰竭而死亡^[7,8]。

3.1.2 亚硝酸盐的致畸性

研究表明^[7,8],亚硝酸盐能够透过胎盘进入胎儿体内,对胎儿有致畸作用,6 个月以内的胎儿对亚硝酸盐类特别敏感。据研究表明五岁以下儿童发生脑癌的相对危险度增高与母体经食物摄入亚硝酸盐量有关。同时,对幼儿也有极大的危害。

3.1.3 亚硝酸盐的致癌性

长期大量食用含亚硝酸盐的食物有致癌的隐患,因为亚硝酸盐在自然界和胃肠道的酸性环境中可以转化为亚硝胺。而亚硝胺具有强烈的致癌作用,主要引起食道癌、胃癌、肝癌和大肠癌等。在 100 多个致癌实验中有 80 多个实验表明亚硝酸盐能对鼠、兔等动物诱发不同部分的癌症,几乎对所有重要器官及神经系统都可引发癌症。亚硝胺之所以能致癌是因为在机体内经酶的激活,在器官和组织内产生烷化剂——重氮烷,使核酸和蛋白质甲基化,尤其是 RNA 和 DNA 的鸟嘌呤的 N-7 发生甲基化,从而引起机体组织破坏和致癌^[1,7,8]。

3.2 燕窝中亚硝酸盐的含量研究

3.2.1 燕窝的形成及分类

燕窝,是雨燕科动物金丝燕及多种同属燕类用唾液与绒羽等混合凝结所筑成的巢窝。燕窝按筑巢的

地点分为: 洞燕、屋燕, 洞燕是金丝燕在野外的山洞、沿海峭壁筑的巢窝。产自燕屋中的燕窝被称为屋燕。燕屋是人类模仿金丝燕的天然栖息地而建成, 屋内温度一般在 28 °C~30 °C 之间, 湿气较重(90%)左右, 但并非人工喂食金丝燕, 金丝燕早出自寻食物充饥, 而傍晚则飞回燕屋栖息, 目前市面上屋燕成为主流^[9-11]。燕窝的分类具有很多不确定性, 通常按颜色分为: 白燕、黄燕、血燕(又称红燕)。白燕、黄燕: 又称官燕, 古代曾列为贡品。多数的金丝燕从筑巢、生蛋、孵化、成长到小金丝燕离巢, 约需 80 天到 111 天时间。通常, 屋主为了让金丝燕有足够的时间繁衍下一代, 采收的间隔都会超过三个月, 所以“燕窝”的颜色是很自然的灰白或珍珠黄。一般采集时间较早的燕窝为白色, 称之为白燕; 采集较晚的燕窝颜色为黄色, 称之为黄燕。血燕的成因目前没有定论, 有三种说法: 一种是金丝燕将巢筑在岩石峭壁上, 由于气候的原因, 燕窝被所附红色岩石壁渗出的红色液体浸润, 燕窝便通体透红, 人称“血燕”; 第二种是说血燕是棕尾金丝燕筑成, 这种金丝燕多食用红色蚂蚁、颜色较深的海螺或含有大量矿物质的食物, 所以其唾液呈现红色, 故筑出“血燕”巢; 第三种说法是金丝燕呕心沥血筑巢为后代, 口涎中含有血丝, 筑成最名贵的血燕; 此外由于血燕较白燕产量低, 相对珍贵和稀缺, 因而血燕的市场售价历来均高于白燕两倍以上。按燕窝形状分为: 燕盏、燕条、燕丝、燕碎。按燕窝的销售形态分为: 干燕窝、即食燕窝、现炖燕窝^[9-11]。

本研究样品按颜色分为官燕和血燕, 官燕包括白燕、黄燕样品; 按燕窝的销售形态分为: 干燕窝和即食燕窝。

3.2.2 不同来源燕窝中亚硝酸盐含量分布

本研究中部分样品购自国内外 24 家企业, 部分样品产自马来西亚和印度尼西亚的燕屋。按 GB 5009.33-2010 方法, 对来自马来西亚、印度尼西亚、新加坡、香港、中国大陆等国家及地区的 432 个官燕、89 个燕窝即食产品中亚硝酸盐的含量进行了测定, 含量分布见图 1、图 2。

由图 1 可知, 官燕中亚硝酸盐未检出(<1 mg/kg)的比例为 0.46%, 89.81%的官燕中亚硝酸盐含量在 1~30 mg/kg, 8.8%的官燕中亚硝酸盐含量在 30~70 mg/kg, 官燕中亚硝酸盐含量大于 70 mg/kg 的比例为 0.93%。

本研究中燕窝即食产品包括由白燕或血燕加工而成的冰糖、无糖或是其他类型产品。对研究数据进

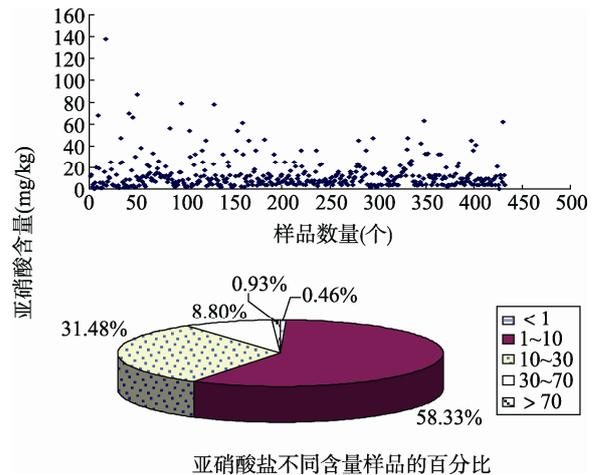


图 1 432 个白燕样品中亚硝酸盐含量分布图(mg/kg)

Fig. 1 The distribution of nitrite content in the 432 EBN samples (mg/kg)

行分析时, 对浓缩或常规产品未进行细分。由图 2 可知, 燕窝即食产品中亚硝酸盐含量>10 mg/kg 的占 2.25%, 近半数样品中亚硝酸盐含量<1 mg/kg, 43.82%的即食产品中亚硝酸盐含量 1~5 mg/kg, 91.01%的即食产品中亚硝酸盐含量<5 mg/kg。

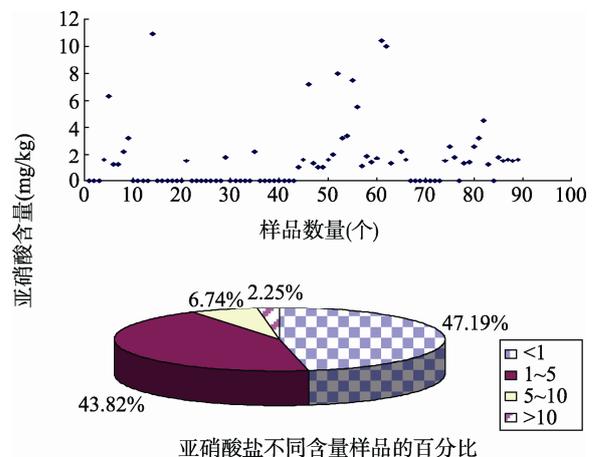


图 2 89 个燕窝即食产品中亚硝酸盐含量分布图(mg/kg)

Fig. 2 The distribution of nitrite content in the 89 products originated from EBN (mg/kg)

3.2.3 浸泡处理燕窝中亚硝酸盐含量变化

人类食用燕窝的历史悠久, 距今已有 600 多年的历史。据中国史书记载, 西元 1405 年至 1433 年, 郑和下西洋时, 带回了贵重礼物燕窝, 从此中国的贵族开始食用燕窝。后来, 中国明代李时珍所撰《本草纲目》中详细研究并记载了燕窝的功效和食用方法。享誉全球的中国文学巨著《红楼梦》中也多次出现食用燕窝的描写^[12]。几百年来, 燕窝成为人们公认的养生

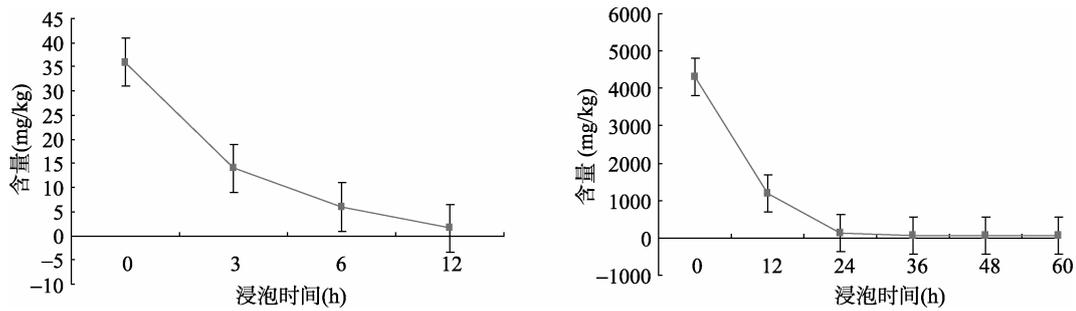


图3 燕窝中亚硝酸盐含量变化(mg/kg)

Fig. 3 The dynamics of nitrite content in the EBN samples by water treatment (mg/kg)

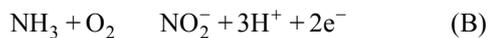
滋补良品。干燕窝是不能直接食用的,都是需要经过几次浸泡、挑拣、清洗,最后炖煮才能食用,并搭配不同的美食。研究表明,通过浸泡可大大降低干燕窝中亚硝酸盐的含量。图3表明,浸泡12小时后官燕中亚硝酸盐的含量从36 mg/kg降低到1.6 mg/kg,浸泡24小时后血燕中亚硝酸盐的含量降低10倍。

3.3 燕窝中亚硝酸盐来源分析

有研究表明^[13],燕窝样品均匀喷加15%水,于封口食用级PE袋中30℃焖72小时(仿东南亚气候),燕窝中的亚硝酸盐含量明显升高。升高的原因可能是由于燕窝富含氨基酸,氨基酸中的氨基与水与氧气有长时间的化学接触以后氨基断裂,会生成亚硝酸盐,反应式如A所示。



另有研究表明,氨气在有氧的情况下也会转化为亚硝酸盐,反应式如(B)所示。经过实地考察和燕农介绍,为了留住燕子筑巢,燕屋中的粪便一般情况下不宜去除。燕子筑巢的习性造成粪便累积,含氮有机物多,在有氧条件下,转化为亚硝酸盐,从而污染燕屋中的燕窝。年代越久的燕屋中粪便的亚硝酸盐含量越高,图4表明,10年的燕屋中粪便的亚硝酸盐含量达2751 mg/kg,不同程度可污染燕屋中的燕窝。



环境中硝酸盐与亚硝酸盐的污染来源很多,如:

1) 人工化肥:有硝酸铵、硝酸钙、硝酸钾、硝酸钠和尿素等;2) 生活污水、生活垃圾与人畜粪便:据测试1升生活污水在自然降解过程中,可产生110毫克硝酸盐,1公斤垃圾粪便堆肥在自然条件下经淋滤分解后,可产生492毫克硝酸盐;3) 食品、燃料、炼油等工厂排出大量的含氮废弃物,经过生物、化学转换

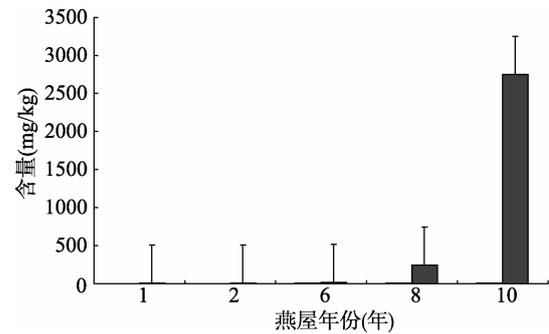


图4 不同年份燕屋中粪便的亚硝酸盐含量(mg/kg)

Fig. 4 The nitrite content in the swallow excrements from EBN houses built in different years (mg/kg)

后均形成硝酸盐进入环境中;4) 汽车、火车、轮船、飞机、锅炉、民用炉等燃烧石油类燃料、煤炭、天然气,可产生大量氮氧化物,平均燃烧1吨煤、1千升油和1万立方米天然气可分别产生二氧化氮气体9、13和63公斤,这些二氧化氮气体经降水淋溶后可形成硝酸盐降落到地面和水体中。硝酸盐很容易被细菌转化为亚硝酸盐。燕窝的生产过程与环境接触是难免的,这些因素污染燕窝也是不可避免的。

3.4 燕窝中亚硝酸盐的暴露评估

为保护消费者的健康,2002年FAO和WHO的食品添加剂联合专家委员会(JECFA)第59次会议建议亚硝酸盐的每日允许摄入量为0~0.07 mg/kg体重^[6]。成年人体重以60 kg计,则每人每日亚硝酸盐的摄入量不应超过4.2 mg。依据我国膳食构成(表1)^[2,7],估算出每人每日从八大类食品中亚硝酸盐的摄入量为3.32 mg。依据我国食用燕窝的习惯,每人每周食用2~3次,每次3~5 g,推算出每人每日燕窝的摄入量为2.2 g。如除去每人每日从八大类食品中亚硝酸盐的摄入量,其余摄入量(0.88 mg)均从燕窝中来,可

表 1 食品中亚硝酸盐允许量标准及燕窝中亚硝酸盐建议允许量(mg/kg)

Table 1 The tolerance limits of nitrite in food and the suggested tolerance limits in the EBN (mg/kg)

食品种类	日进食量	允许量标准 (mg/kg)	亚硝酸盐 摄入量(mg)
蔬菜	324	4	1.30
粮食	461	3	1.38
鱼类(鲜)	26	3	0.08
肉类(鲜)	49	3	0.15
蛋类(鲜)	17	5	0.09
食盐	13.2	2	0.03
酱腌菜	13.7	20	0.27
乳粉	9.0	2	0.02
合计	-	-	3.32
建议限量标准			
干燕窝	2.2	30	0.07
燕窝制品	2.2	5	0.01

计算出燕窝中亚硝酸盐允许量可为 400 mg/kg。

考虑到人体还要从饮水和空气中摄入亚硝酸盐和氮氧化物, 及干燕窝中亚硝酸盐实际含量情况(90.3%小于 30 mg/kg), 本研究建议燕窝中亚硝酸盐的限量标准可设定在 30 mg/kg。如燕窝中亚硝酸盐的限量标准设为 30 mg/kg, 那每人每日从燕窝中摄入亚硝酸盐的量仅为 0.07 mg, 干官燕的合格率为 90.3% (表 2)。

根据即食产品中亚硝酸盐实际含量情况(91.0%小于 5 mg/kg), 本研究建议即食燕窝产品中亚硝酸盐的限量标准可设定在 5 mg/kg。如燕窝中亚硝酸盐的限量标准设为 5 mg/kg, 那每人每日从燕窝中摄入亚硝酸盐的量仅为 0.01 mg, 即食产品的合格率为 91.0% (表 2)。

表 2 试验官窝中亚硝酸盐含量及符合率(mg/kg)

Table 2 The nitrite content in the EBN and the compliance (mg/kg)

样品	<i>n</i>	<i>C</i> _{min}	<i>C</i> _{max}	\bar{x}	中位数	检出率(%)	符合率(%)
干官燕	432	<1	138	13.0	8.7	99.5	90.3(限量值为 30 mg/kg)
即食产品	89	<1	10.9	1.5	1.0	52.8	91.0(限量值为 5 mg/kg)

4 小结与讨论

大量干官燕样品检测结果表明, 90%以上干官燕样品中亚硝酸含量小于 30 mg/kg, 经暴露毒性评估, 限量设为 30 mg/kg, 对人体是安全的。大量燕窝即食产品检测结果表明, 91%以上燕窝即食产品中亚硝酸含量小于 5 mg/kg, 经暴露毒性评估, 限量设为 5 mg/kg, 对人体是安全的。

在 GB 2760 标准中规定了肉制品类食品亚硝酸盐的最大使用量及残留量, 最大残留量可达 70 mg/kg。在 GB 2762 标准对粮食、蔬菜、鱼类、肉类、蛋类、酱腌菜、乳粉、食盐等 8 大类食品中亚硝酸盐含量进行规定, 限量值最高的为 20 mg/kg。上述两标准均未对燕窝产品中亚硝酸盐限量做出规定。干燕窝作为天然的滋补品, 为非即食入口的产品, 需要经过多次浸泡、清洗、挑毛、炖煮等多道工序去除亚硝酸盐后, 才能食用, 因此, 执法部门如参照 GB2760 的规定(不允许添加, 按不得检出处理)来判断燕窝原料的安全性是不合适的。亚硝酸盐是整个燕窝行业的问题, 业界应该正视这一现实。

当前社会上对血燕的真伪存在许多疑点, 有人

否认血燕的存在, 有人认为是白燕染色而成。《本经逢原》: “燕窝, 能使金水相生, 肾气上滋于肺, 而胃气亦得以安, 食品中之最驯良者。惜乎本草不收, 方书罕用, 今人以之调补虚劳, 咳吐红痰, 每兼冰糖煮食, 往往获效”。《闽小纪云》: “燕取小鱼, 粘之于石, 久而成窝, 有乌、白、红三色。乌色最下, 红者最难得, 能益小儿痘疹, 白色愈痰疾”。《岭南杂记》: “燕窝有数种, 日本以为蔬菜供僧。此及海燕食海边虫, 虫背有筋不化, 复吐出而为窝。缀于海山石壁之上, 土人攀援取之, 春取者白, 夏取者黄, 秋、冬不可取, 取之则燕无所栖, 冻死, 次年无窝矣”。《本草从新》: “燕窝可入煎药, 须用陈久者。色如糙米者最佳。燕窝脚(色红紫, 名血燕)功用相仿”。《饮食辨录》: “每枚可重在一两以上, 色白如银, 琼州人呼为崖燕, 力尤大。一种色红者, 名血燕, 能治血痢, 兼补血液”。自古就有血燕之说, 故“世间本无血燕之说”应是不合适宜^[12]。本研究组通过对 116 个血燕样品中的色素(胭脂红、苋菜红、苏丹红、偶氮玉红等)进行分析, 均未检出。因此, 有关染色的说法, 值得进一步深入研究。

由于目前没有燕窝制品相关的行业标准或者国

家安全标准, 导致市场良莠不齐, 加之媒体炒作, 给燕窝企业造成不良影响和损失, 给消费者造成困惑。基于燕窝为非即食产品, 需经浸发、烹炖等环节后才被人类食用, 亚硝酸盐可能被大量消除。且燕窝作为滋补品, 每日摄入量也较少。因此, 建议相关部门根据我国人群燕窝摄食情况及食用方法, 制定我国燕窝安全卫生项目标准, 以填补国内空白, 打击假冒伪劣产品, 给天然燕窝一个合法的身份, 推动我国燕窝行业的健康发展。

参考文献

- [1] 魏红. 食品中亚硝酸盐与人体健康[J]. 中国初级卫生保健, 2004, 18(3): 58.
- [2] 吴永宁. 正确看待亚硝酸盐[J]. 中国食物与营养, 2002, (3): 13-16.
- [3] 林晓丽. 昂贵血燕检出高浓度亚硝酸盐[N]. 广州日报, 2011. 6.22 A3.
- [4] 厦门日报社. “燕之屋”血燕检出致癌物—亚硝酸盐浓度比腌菜还高[N]. 厦门日报, 2011. 6. 23.
- [5] 李兴元, 孙应明, 李东平. 浅析亚硝酸盐中毒[J]. 实用医技杂志, 2004, 11(5): 625.
- [6] Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA): Nitrite(2011. 11. 6)[2011. 11. 6]. <http://apps.who.int/ipsc/database/evaluations/chemical.aspx?chemID=711>.
- [7] 吴颖珍, 黄秋婵. 食品中亚硝酸盐的风险评估[J]. 畜牧与饲料科学, 2009, 30(5): 62-63.
- [8] 王琦, 李悦鹏, 姜峰阁. 亚硝酸盐的危害及其替代物的研究进展[J]. 中国饮食卫生与健康, 2005, 3(2): 36-37.
- [9] 林洁茹, 周华, 赖小平. 燕窝研究概述[J]. 中药材, 2006, 29(1): 58-62.
- [10] 张能荣. 燕窝的成分和药理研究概况[J]. 中国生化药物杂志, 1993, (4): 6-10.
- [11] 胡雅妮, 李峰, 康廷国. 燕窝的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2003, 28(11): 1003-1005.
- [12] 钱松祥. 血燕考证与形成[J]. 浙江临床医学, 2005, 7(1): 2654.
- [13] 李兆奎, 周红艳, 李卫红, 等. 燕窝中亚硝酸盐来源及定量分析[J]. 中国中医药科, 2010, 17(5): 419-420.
- [14] GB 5009.33-2010 食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定 [S].
- [15] GB 2760-2011 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].
- [16] GB 2762-2005 食品中污染物限量[S].

(责任编辑: 张宏梁)

作者简介



徐敦明, 博士, 高级工程师, 硕士生导师, 主要从事食品安全研究与检测。
E-mail: xudm@xmciq.gov.cn



周昱, 研究员, 主要从事食品安全研究与监管。
E-mail: zhouy@xmciq.gov.cn