

不同干燥工艺对南美白对虾仁品质的影响

李文盛¹, 朱庆庆¹, 孙金才^{2*}, 桑卫国¹, 杨芳银³

(1. 宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211; 2. 浙江医药高等专科学校, 浙江 宁波 315100; 3. 宁波海通食品科技有限公司, 浙江 慈溪 315300)

摘要:以南美白对虾仁为实验原料,研究了热风干燥、微波干燥、热风联合微波喷动干燥和真空冷冻干燥对南美白对虾的影响,并且以干燥速率、复水率、色泽变化、质构以及脂肪氧化等指标进行比较。研究表明:真空冷冻干燥得到产品的品质最好,但是干燥时间是热风干燥的 2.25 倍,是微波干燥和热风联合微波干燥的 9 倍和 10.3 倍;热风联合干燥能够克服单一微波干燥的不均匀性,且干燥后样品的品质最接近于真空冷冻干燥,因此热风联合微波喷动干燥是一种具有发展前景的干燥方法。

关键词:南美白对虾;干燥处理;微波喷动干燥

中图分类号:TS 254.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1673—1689(2016)05—0543—06

Effect of Different Drying Methods on the Quality of White Shrimps

LI Wensheng¹, ZHU Qingqing¹, SUN Jincan^{2*}, SANG Weiguo¹, YANG Fangyin³

(1. Ningbo University, Ningbo 315211, China; 2. Zhejiang Pharmaceutical College, Ningbo 315100, China; 3. Haitong Food Group Co., Ltd., Cixi 315300, China)

Abstract: This paper took white shrimp granules as the text materials. Effects of different drying methods, hot air drying, microwave drying, microwave spouted drying, vacuum freeze-drying, on texture properties, rehydration ratio, color of dried white shrimps were researched. The results show that vacuum freeze drying to obtain the product quality is the best, but the drying time is hot air drying of 2.25 times, microwave drying and hot air drying and microwave drying of 9 times and 10.3 times; hot air drying can overcome the single microwave drying, and drying the sample quality is the most close to the vacuum freeze drying, so microwave spouted drying is a kind of development prospects.

Keywords: white shrimp, drying treatment, microwave spouted drying

南美白对虾是一种营养价值丰富、味道鲜美的水产品。相对于其他水产品,南美白对虾具有蛋白质含量高、脂肪含量低的特点^[1]。随着我国养殖技术的提高,南美白对虾的养殖面积也逐步提高,但是

白对虾的深加工技术却没有相应地提高,因此南美白对虾精深加工技术的提高逐步成为众多学者研究的方向^[2-5]。干燥是贮藏食品的一种有效的方法,通过降低食品中的水分活度来抑制微生物的生长、

收稿日期: 2014-06-02

基金项目: 宁波市科技计划项目(201501CX-D01021); 慈溪市科技计划项目(25857)。

* 通信作者: 孙金才(1966—),男,浙江慈溪人,教授级高级工程师,主要从事农产品加工方面的研究。E-mail:sunjincan66@126.com

减少化学反应所需的自由水、延长食品的货架期^[6]。

目前常用的干燥技术有热风、微波等其他干燥方法。热风干燥设备简单、操作方便,但是产品的品质差。真空冷冻干燥的品质好,然而干燥成本高,只适用于产品附加值较高的食品或者药品。微波干燥由于由物料的内部开始加热,因此相对于热风干燥具有时间短、速度快、品质高的特点,但是由于微波干燥的不均匀性可能会导致产品边角糊化现象的产生,限制了微波干燥在农产品干燥领域的应用^[7-8]。热风联合微波喷动的干燥技术充分利用了物料在气流中的不规则运动,克服了单一微波干燥的不均匀性,提高产品的品质。

目前热风联合微波喷动干燥的方法在果蔬方面有研究,但是应用在水产品研究中不多^[7-10]。作者以南美白对虾仁为实验原料,采用热风干燥、微波干燥、真空冷冻干燥以及热风联合微波喷动的干燥方法,观察不同的干燥方法对产品品质的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

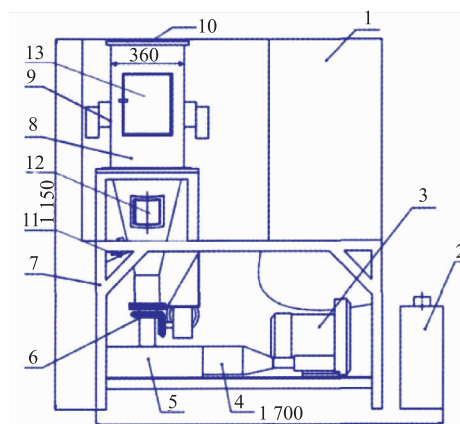
南美白对虾(*Penaeus vannamei* Boone):购于宁波三江超市,平均初始水分质量分数73%(湿基);1,1,3,3-四乙氧基丙烷、乙醇、三氯乙酸、硫代巴比妥酸:均为分析纯;实验所用其他实验试剂均为分析纯。

DHG-9247A 鼓风式恒温干燥箱:上海贺德实验仪器有限公司;VFD200 真空冷冻干燥机:宁波鄞州利和仪器有限公司;ML104 电子天平:梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;UV2200 紫外可见分光光度计:上海舜宇恒平科学仪器有限公司;CR22G III 高速离心机:日本日立有限公司;FA-ST LAB 水分活度仪:法国 GBX 有限公司;HH-21-6 电热恒温水浴锅:金坛市盛蓝仪器制造有限公司;热风微波喷动干燥实验机:课题组自行设计,见图1。

1.2 实验方法

1.2.1 原料预处理方法 将体格大小均匀(5.5 ± 0.5 g)的南美白对虾清洗后,放在沸水浴漂烫4 min,漂烫后的南美白对虾进行三去(去头、去尾、去壳),清洗后切成10 mm的丁状,放置冰箱冷藏备用。

1.2.2 热风干燥 设置烘箱干燥的温度为60℃,每次进料200 g,干燥至水分质量分数20%(湿基)。干燥实验做3个平行。



注:1.电控箱;2.微波功率调谐器;3.离心风机;4.电加热器;5.风箱;6.减速齿轮副;7.机架;8.喷动腔体;9.磁控管;10.箱盖;11.出料口;12.观察口;13.操作口。

图1 热风微波喷动试验机

Fig. 1 Schematic of the hot-air and microwave spouted dryer

1.2.3 微波干燥 设置微波功率为2.5 W/g,每次进料200 g,干燥至水分质量分数20%(湿基)。干燥实验做3个平行。

1.2.4 热风联合微波喷动干燥 设置微波功率为2.5 W/g,热风温度50℃,进风口风速8 m/s,每次进料200 g,干燥至水分质量分数20%(湿基)。干燥实验做3个平行。

1.2.5 真空冷冻干燥 设置真空度为0.26,冷阱温度-30℃,每次进料200 g,干燥至水分质量分数20%(湿基)。干燥实验做3个平行。

1.3 实验测定方法

1.3.1 水分含量测定方法 水分质量分数测定根据GB5009.3-2010直接干燥法进行测定,计算公式如下:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

式中, X 为样品湿基水分质量分数(%); m_1 为样品初始水分质量(g); m_2 为样品干燥至恒重时样品的水分质量(g)。

1.3.2 复水比测定方法 将干燥后的南美白对虾放置在70℃水中做复水性实验,20 min后取出沥干表面的水分,每组实验做3个平行,结果取平均值。计算公式如下:

$$Y = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \quad (2)$$

式中, Y 为复水比; m_1 为干燥后样品的质量(g); m_2 为复水后样品的质量(g)。

1.3.3 色差测定 使用 CR-410 色差仪对样品进行测定。 L 表示黑白, a 表示红绿, b 表示黄蓝。 $L=0$ 表示黑色, $L=100$ 表示白色。 a 表示样品的红绿偏向, 正值越大则偏向红色, 负值越大则偏向绿色; b 表示样品黄蓝偏向, 正值越大则偏向黄色, 负值越大则偏向绿色。每组测定 10 个样品, 每个样品测定 3 次。颜色差异用 ΔE 表示, ΔE 差值越大则说明颜色差异越大。计算公式如下:

$$\Delta E = \sqrt{(L_i - L_0)^2 + (a_i - a_0)^2 + (b_i - b_0)^2} \quad (3)$$

式中, 下标 0 表示对照样品的颜色, 下标 i 是测定样品的颜色。

1.3.4 质构测定 采用 TMS-Touch 质构仪进行全质构分析, 测定干燥后产品的力学特征参数。质构仪参数设定: 回到样品高度 10 mm, 形变量 35%, 测试速度 20 mm/min, 最小感应力 0.01 N。

1.3.5 脂肪氧化测定 脂肪氧化测定参照黄鸿兵等^[12]的方法进行测定。

1.3.6 实验数据处理 实验数据采用 excell2007 与 spss18.0 软件处理。

2 结果与讨论

2.1 不同的干燥方法下干燥曲线的绘制

根据实验设定的方法进行干燥实验, 4 种干燥方法的干燥曲线见图 2。

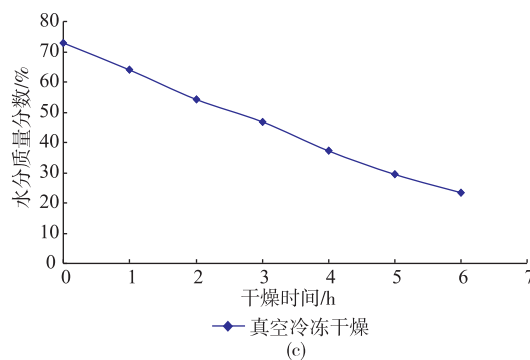
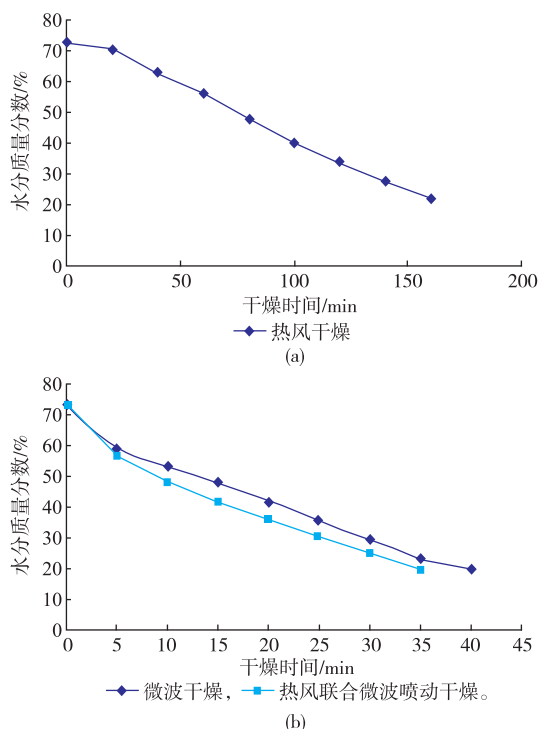


图 2 不同干燥方法下南美白对虾仁的干燥曲线

Fig. 2 Curves of dry white shrimp with different drying methods

图 2 显示了不同的干燥方法下南美白对虾仁的干燥曲线。从图 2 可以看出, 热风联合微波喷动干燥的时间最短, 仅需要 35 min, 真空冷冻干燥时间最长达到 6 h。与热风联合微波喷动干燥相比, 干燥至所设定的水分含量时微波干燥需要 40 min 左右, 这是因为水分子从物料的内部迁移到表面时, 热风能够快速的将水分子带走, 另一方面这是因为热风也能够对物料进行加热, 加快了干燥速率。热风干燥的时间是远大于微波干燥和热风联合微波喷动干燥, 这是因为热风对物料进行的是表面加热, 能量由外向内传递, 水分子由内向外扩散, 因此干燥时间较长, 这与杨性民^[13]干燥得出的结论是相似的。

2.2 不同干燥方法对南美白对虾仁复水率的影响

图 3 是不同干燥方法对南美白对虾仁复水率的影响。从图 3 可以看出, 真空冷冻干燥的复水率最高, 热风干燥的复水率最低, 这是因为真空冷冻干燥先将物料中的水分冻结成小冰晶, 然后进行升华, 物料能够保持原有的结构不被破坏; 另一方面物料中的超微结构也能够最大限度地保持原有的结构, 因此当再次复水时物料能够恢复到原有的结构。热风干燥由于是在较高的温度下进行干燥, 因此能够对物料原有的结构破坏, 而且热风干燥的时间长, 也加剧了物料原有结构的破坏, 因此热风干燥后的物料复水率最低。热风联合微波喷动干燥的复水率要高于微波干燥, 这是因为在联合干燥过程中物料能够改变原有的受热位置, 而微波干燥由于受热不均匀可能会导致物料边角部分糊化现象的发生。图 4 可以看出不同的干燥方式对南美白对虾仁感官的影响。

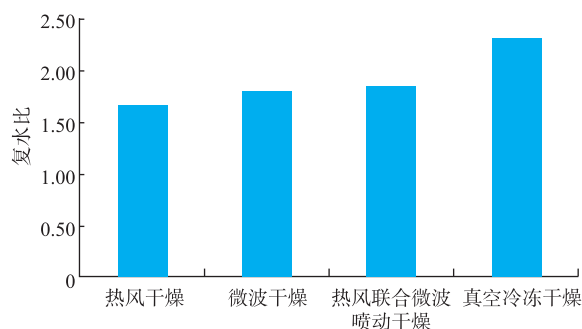


图3 不同干燥方法对南美白对虾仁复水率的影响

Fig. 3 Effects of different drying methods on the rehydration of white shrimp

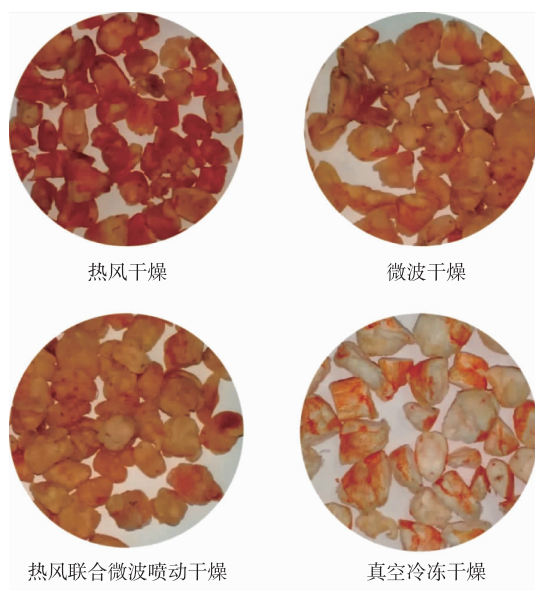


图4 不同干燥方法干燥后的样品

Fig. 4 Different drying methods on samples

2.3 不同的干燥方法对南美白对虾仁色泽的影响

表1显示了不同的干燥方法对南美白对虾仁颜色的影响。从表1可以看出,不同的干燥方法样品颜色变化有明显差异 ($P \leq 0.05$)。由图4可以看出,真空冷冻干燥颜色变化最小,这是因为真空、低温下干燥样品的颜色不易变化^[14]。热风联合微波喷动干燥相对于热风干燥和微波干燥色泽变化最接近真空冷冻干燥,可能是由于干燥时间短,物料干燥时的均匀度高。

2.4 不同的干燥方法对南美白对虾仁质构的影响

由图5可以看出,微波干燥、热风联合微波喷动干燥和真空冷冻干燥之间没有显著性差异 ($P >$

0.05)。样品经热风干燥后硬度最大,可能是因为热风干燥的时间长,样品表面硬化因此其硬度增加。微波干燥和热风联合微波喷动干燥后的样品硬度低于热风干燥,可能是因为由于物料内部的水分子吸收微波能后,组织结构膨胀,产生微孔结构,进而体积增大,所以其硬度会低于热风干燥。

表1 不同干燥方法南美白对虾仁色差分析

Table 1 Effects of different drying methods on color of white shrimps

干燥方法	L^*	a^*	b^*	ΔE
预处理后的虾仁	88.3 ^a	7.3 ^a	12.4 ^a	0
热风干燥	70.2 ^b	15.2 ^b	18 ^b	20.52 ^d
微波干燥	76.7 ^c	13.0 ^c	20.7 ^c	15.36 ^c
热风联合微波喷动干燥	78.5 ^d	11.5 ^d	16.6 ^d	11.45 ^b
真空冷冻干燥	83.5 ^e	7.9 ^c	13.8 ^c	5.03 ^a

注:表中不同的小写字母表示在0.05水平的差异。

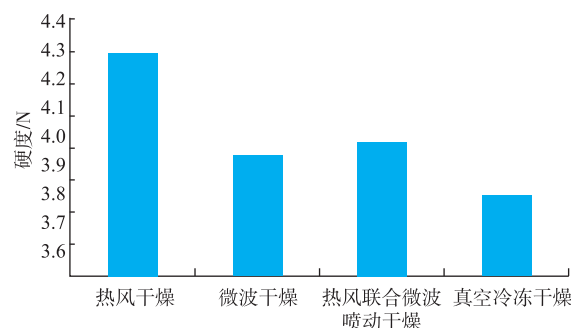


图5 不同干燥方法对南美白对虾仁硬度的影响

Fig. 5 Effects of different drying methods on hardness of white shrimps

2.5 不同的干燥方法对南美白对虾仁脂肪氧化的影响

图6显示了不同的干燥方法对南美白对虾仁脂肪氧化的影响,可以看出,经过真空冷冻干燥的样品脂肪氧化最低,这是因为在低温、真空下能够保护脂肪不被氧化。经过热风干燥后的样品脂肪氧化较高,这是因为脂肪在高温下容易发生氧化;然而微波干燥的脂肪氧化与热风干燥没有明显的差异,可能是因为微波干燥的不均匀性导致样品干燥时发生过度加热,导致局部温度过高而发生脂肪氧化。从图4中也可以看出,经微波干燥后的样品在感官上也次于热风联合微波喷动干燥。热风联合微波喷动干燥后的样品脂肪氧化与真空冷冻干燥最

接近,因此也充分证明了热风联合微波喷动干燥的优势,克服了单一热风干燥的缺点。

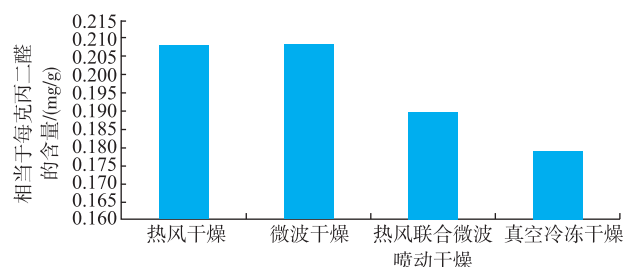


图6 不同的干燥方法对南美白对虾仁脂肪氧化的影响

Fig. 6 Effect of different drying methods on lipid oxidation of white shrimps

3 结语

通过4种干燥方法可以得出以下结论:相对于传统的热风干燥,微波干燥和热风联合微波喷动干燥能够减少干燥南美白对虾的时间,并且热风联合微波喷动干燥能够克服单一微波干燥的不均匀性,提高干燥后南美白对虾的品质;真空冷冻干燥后的样品品质高,但是干燥所需的时间长、能耗高。因此综上所述,热风联合微波喷动干燥是一种具有发展前景的干燥方法。

参考文献:

- [1] 张高静,韩丽萍,孙剑锋,等. 南美白对虾营养成分分析与评价[J]. 中国食品学报,2013(8):254-260.
ZHANG Gaojing, HAN Liping, SUN Jianfeng, et al. Analysis and evaluation of nutritional components of Southern white shrimp [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2013(8):254-260. (in Chinese)
- [2] 胡亚丽,周春霞,洪鹏志. 湛江水产品加工行业发展现状与趋势[J]. 广东农业科学,2014,20:107-113.
HU Yali, ZHOU Chunxia, HONG Pengzhi. Development status and trend of aquatic products processing industry in Zhanjiang[J]. *Guangdong Agriculture Sciences*, 2014, 20:107-113. (in Chinese)
- [3] 苏键. 广西北部湾水产品精深加工的现状及发展方向[J]. 轻工科技,2013(1):17-18,35.
SU Jian. Present situation and development direction of deep processing of aquatic products in Guangxi Beibu Gulf [J]. *Light Industry Science and Technology*, 2013(1):17-18,35. (in Chinese)
- [4] 王少见,何德雄. 湖北公安水产品加工业发展的现状及对策[J]. 渔业致富指南,2013(1):21-23.
WANG Shaojian, HE Dexiong. Present situation and countermeasures of the development of Hubei public security aquatic products processing industry[J]. *Fishing Guide to Rich*, 2013(1):21-23. (in Chinese)
- [5] 张西瑞,李治勋,胡亚东. 河南省水产品加工现状及发展对策[J]. 河南水产,2013(3):1-3,6.
ZHANG Xirui, LI Zhixun, HU Yadong. Henan aquatic products processing present situation and development countermeasure[J]. *Henan Fisheries*, 2013(3):1-3,6. (in Chinese)
- [6] 阚建全. 食品化学[M]. 北京:中国农业出版社,2008.
- [7] 王建中,刘青梅,杨性民. 茭白热风-微波联合喷动干燥的复水性研究[J]. 中国食品学报,2012,12:91-97.
WANG Jianzhong, LIU Qingmei, YANG Xingmin. Study on the waterborne compound Zizania hot-air and microwave drying coupling[J]. *Journal of Chinese Institute Of Food Science and Technology*, 2012, 12:91-97. (in Chinese)
- [8] Zhan M, Tang J, Mujumdar A S, et al. Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2006, 17(10):524-534.
- [9] 范乐明,张丽萍,张慙,等. 土豆片脉冲喷动微波负压干燥特性及品质[J]. 食品与生物技术学报,2013,11:1176-1182.
FAN Leming, ZHANG Liping, ZHANG Min, et al. Characteristics and technology of potato slices by pulse-spouted microwave vacuum drying[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2013, 11:1176-1182. (in Chinese)
- [10] 章虹,冯宇飞,张慙,等. 茼蒿微波喷动均匀干燥工艺[J]. 食品与生物技术学报,2012(4):402-410.
ZHANG Hong, FENG Yufei, ZHANG Min, et al. Study of microwave and spouted bed even drying technology of lettuce[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2012(4):402-410. (in Chinese)
- [11] Therdtai N, Zhou W. Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen)[J]. *Journal of Food Engineering*, 2009, 91(3):482-489.
- [12] 黄鸿兵,徐幸莲,周光宏. 冷冻贮藏对冻猪肉冰晶形态、TVB-N及TBARS的影响[J]. 食品工业科技,2008(2):117-119+122.
HUANG Hongbing, XU Xinglian, ZHOU Guanghong. Effects of frozen storage on ice crystal morphology, TVB-N and TBARS

- of frozen pork[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2008(2): 117-119+122. (in Chinese)
- [13] 杨性民, 虞津山, 王斌, 等. 不同干燥方式对茭白颗粒品质的影响[J]. **食品科技**, 2013, 11: 91-95.
- YANG Xingmin, TUO Jinshan, WANG Bin, et al. Effect of different drying methods on the quality of water particles [J]. **Food Technology**, 2013, 11: 91-95. (in Chinese)
- [14] WANG Rui, ZHANG Min, Arun S. Mujumdar. Effects of vacuum and microwave freeze drying on microstructure and quality of potato slices[J]. **Journal of Food Engineering**, 2010, 1012: 18-22.

科 技 信 息

欧盟拟制定维生素 D 的膳食参考量

近日,据欧洲食品安全局(EFSA)消息,为制定维生素 D 的膳食参考量,欧洲食品安全局对之前的相关科研数据进行了汇总与分析。

作为维生素 D 的指示物质,近年来世界范围内人体血液中 25(OH)D 浓度较低的现象引起重视。该物质主要依赖于晒太阳获得,因此对于高纬度地区的人来讲,膳食补充维生素 D 就显得很重要。了解维持血液中合理 25(OH)D 水平所需摄取维生素 D 的量,有必要系统性研究维生素 D 的摄入水平关系,以制定膳食参考量。

经过审查科研数据,欧洲食品安全局认为,科研资料当中相同剂量维生素 D 对于 25(OH)D 浓度的影响差异较大,因此需要进一步研究维生素 D 的剂量反应关系,例如采用元回归分析。

[信息来源]厦门 WTO 工作站.欧盟拟制定维生素 D 的膳食参考量[EB/OL]. (2016-3-24). <http://www.xmtbt-sps.gov.cn/detail.asp?id=51195>

欧盟就亚硒酸钠作为动物饲料添加剂的安全性与效能发布意见

据欧盟食品安全局(EFSA)消息,2016 年 3 月 30 日欧盟食品安全局就亚硒酸钠作为动物饲料添加剂的安全性与效能发布意见。

欧盟食品安全局称,硒元素是脊椎动物维持代谢功能的一类必需元素。亚硒酸钠可作为动物所需硒安全与有效的来源。如果在限量许可范围内使用,那么对于消费者来讲是安全的,也不会对环境构成风险。

[信息来源]食品伙伴网. 欧盟就亚硒酸钠作为动物饲料添加剂的安全性与效能发布意见 [EB/OL]. (2016-3-31). <http://news.foodmate.net/2016/03/372313.html>