

- ture and mouthfeel for use in low fat applications, Food tech – nology, 1991, 8: 264 ~ 265.
- 8 E. Nebesny, Changes of carbohydrates and molecular structure of dextrins during enzymatic hydrolysis of starch with maltogenase participation, starch, 1990, 42: 432 ~ 436.
 - 9 Ewa Nebesny, Changes of carbohydrates and molecular structure of dextrins during enzymatic liquefaction of starch, starch, 1992, 44: 389 ~ 401.
 - 10 Matsutani chemical industry co. Ltd, EPA 0 540 421 A1.
 - 11 James R. Brooks, A modified method for total carbohydrate anal – ysis of glucose syrups, maltodextrins, and other starch hydrolysis products, Cereal Chemistry, 1986, 63 (5): 46 ~ 47.
 - 12 V. K. Griffin, Production and size deistribution of rice maltodex – trins hydrolyzed from milled rice flour using heat – stable alpha – amylase, J. Of food sci, 1989, 54 (1): 190 ~ 193.
 - 13 James R. Brooks, Saccharide analysis of corn syrup solids and maltodextrins using high – performance liquid chromatography, Cereal chemistry, 1987, 64 (4): 253 ~ 255.
 - 14 J. J. Warthesen, Analysis of saccharides in low – dextrose e – quivalent starch hydrolysates using high – performance liquid chromatography, Cereal chemistry, 1984, 61 (2): 194 ~ 195.
 - 15 J. Ju, Physical properties of various starch based fat – substi
 - tutes, J. Of food processing and preservation, 1995, 19: 361 ~ 383.
 - 16 Charles E. Morris, New applications for maltodextrins, Food En gineering, 1984, 56 (7): 48 ~ 50.
 - 17 方慧英等. 改进型一段连续喷射液化技术和 ZIY 系列喷 射液化器. 食品科学, 19 (12): 45 ~ 47.
 - 18 范进填. 淀粉糊化动力学. 淀粉与淀粉糖, 1994, 2: 8 ~ 11.
 - 19 Kubota, K. et al. J. Food Sci, 1979, 44: 1391.
 - 20 王兆光. 低压蒸汽喷射液化器技术. 淀粉与淀粉糖, 1997, 3: 31 ~ 32, 35.
 - 21 杨连生等. 淀粉连续液化喷射技术的研究与开发. 淀粉 与淀粉糖, 1994, 4.
 - 22 F. Schneider, Sugar Analysis: ICUMSA Methods, ICUMSA, Pe – terborough, England, 1979.
 - 23 Alexander, R. J. Fat replacers based on starch, Cereal Food World, 1995, 40 (5): 366.
 - 24 Reineccius, G. A. Carbohydrates for flavour encapsulation. Food Technol, 1991, 3: 144.
 - 25 尤新. 淀粉精品生产与应用手册. 中国轻工业出版社, 1997, 6.
 - 26 张力田. 淀粉糖. 中国轻工业出版社, 1998, 11.

食品硒源的生物学研究进展

黄峙 暨南大学生物科学技术学院 广州 510632

摘 要 硒是人体必需的微量元素, 对人类健康有着重要意义。机体硒的来源主要是食品, 本文概述了食品硒源的地域性、硒含量及硒形态差异, 并对硒的代谢、生物利用度、组织细胞分布、膳食硒的适宜范围、硒的营养状态评价和富硒功能性食品等生物学研究进展进行了综述。

关键词 食品 硒 生物学 富硒功能性食品

Abstract The essential trace element, selenium (Se), is of fundamental importance to human health. Se status of human body mainly depends on dietary. In this paper, the differences of Se sources of foodstuff in geography; content and chemical form were summarized. Advances in the Se biology studies on metabolism; biological availability; distribution in tissues and cells; optimal intake levels, and assessing of Se status and Se – enriched functional foodstuff were reviewed too.

Key words Foodstuff Selenium (Se) Biology Se – Enriched functional foodstrff

早在 1950 年就已发现因牧草中缺硒而导致家畜大规模发病, 如繁殖力下降、生长抑制、白肌病、渗出性素质、心肌变性 (摇摆病) 等。后来发现硒也是人体必需的微量无素, 与人类疾病、健康有着密切关系, 并成为国内外营养学和医学研究的热点问题。已有的成果表明, 人体的克山病、大骨节病、癌症、心脑血管疾病、糖尿病、不育症、机体免疫力减退和衰老过程等 40 余种疾病均与缺硒有关。硒的来源主要是饮食, 对不同食品

种硒含量的调查发现, 食品硒源及其营养意义是决定人体硒状态的最基本因子。

1 食品硒源

1.1 食品硒源的地域性^[1,2]

土壤中的硒经植物吸收进入食物链, 人类的食物硒来自

动植物的硒代谢成分。硒缺乏主要见于环境低硒带如火成岩地区,另外,在酸性土壤中硒与铁或铝容易形成复合物,大大降低了植物对硒的吸收,硒进入食物链受阻,使可利用硒减少,因此土壤缺硒是全世界广泛存在的问题。低硒带分布在南北半球各呈现一条大致纬向性的地区,基本上为 30° 以上的高纬度。在我国除湖北恩施、陕西紫阳两地是天然富硒地区外,全国有72%国土为不同程度的缺硒区,特别是由东北——西南走向形成一条低硒带,造成食物链的普遍低硒状态,这些地区约有一亿多人的膳食结构中硒含量不足。由于土壤中的硒含量过低,会导致生物种群缺硒而影响食物链系统中硒循环,造成人类食物来源硒表现为地域性差异。在一些低硒带,已发现有硒缺乏的地方性疾病,如克山病,就是一种可能主要由于硒缺乏而引起的地方性心肌病,卡贝病(大骨节病)是一种引起关节畸形的关节炎,也与饮食硒缺乏有极大相关性,大规模补硒已收到良好的治疗效果。

1.2 食品中的硒的含量^[1,3]

日常的主要食品为粮食类食物、动物性食物、水果和蔬菜等,比较各种食物的含硒量,一般情况为:动物性食物含硒量高于植物性食物,尤以动物内脏含硒量为最高;禾谷类和豆类食物的含硒量又比水果和蔬菜高。以南京市农贸市场出售的主要食物为例,动物性食物(平均含硒量的 $0.1835 \pm 0.1835 \mu\text{g/g}$),且以鱼类为最高(平均含硒量为 $0.2515 \pm 0.2027 \mu\text{g/g}$),海鱼含硒量($0.4023 \mu\text{g/g}$),高于淡水鱼($0.1908 \mu\text{g/g}$),其它动物性食品以内脏硒含量较高(如猪肝中硒含量达 $0.4681 \mu\text{g/g}$);禾谷类和豆类食物的含硒量较低(小于 $0.05 \mu\text{g/g}$);水果和蔬菜的平均硒含量更低(分别为 $0.0061 \pm 0.0048 \mu\text{g/g}$, $0.0074 \pm 0.0063 \mu\text{g/g}$);水果和蔬菜中以苦瓜含硒最高,为 $0.0255 \mu\text{g/g}$ 。因此,从食品硒源的品种差异来看,各类食物的硒营养意义表现为:动物性食物(鱼、肉及动物内脏等)优于禾谷干豆类食物,禾谷干豆类食物又优于水果及蔬菜。由于我国人群每日摄入的食物仍以禾谷类为主,所以禾谷类食物一般是人体硒摄入的重要来源。而水果和蔬菜类食物,只有大量摄入时才对人体硒有一定的营养意义。

在欧美国家也同样少有好的食品硒源。据称贝类、螃蟹、鱼是较理想的硒源,但有研究显示因鱼种类、所含硒化合物及与其它金属(如汞、砷等)相互作用等原因,用鱼作为硒源,对提高硒水平并不令人满意。小麦虽然是一种良好的硒源,但由于欧美大陆土壤硒的贫乏而使小麦中含硒甚微,尽管如此,小麦和谷类因食用普遍而成为人们较稳定的硒源(约占摄入硒的22%)。由于欧美的饮食习惯,肉类、家禽和鱼是最主要的硒源(约占摄入硒的36%)。

1.3 食品中硒的形态^[4~7]

对食物中的硒形态研究具有理论的实际意义。硒是氧族元素,具有多种成键特性,在氧族元素比较中,硫和硒由于d轨道参与成键,其化合物类型应比氧更为丰富多样,但实际上,至今发现的含硒生物分子中,硒却以令人惊奇的单一成键方式,这是一个值得注意的问题,这意味着硒经生物有机化作用而成为

食品硒源的形态是受到局限的。食物来源的硒从存在的形态上讲分为有机硒和无机硒。有机硒主要是:含硒蛋白、含硒多肽及含硒氨基酸如硒代蛋氨酸(Se-Met)和硒代半胱氨酸(Se-Cys)、含硒多糖;无机硒主要是指硒酸盐和亚硒酸盐。

硒在蛋白质中有两种存在状态:一种为非共价结合,已发现硒存在于白蛋白、球蛋白、脂蛋白、血红蛋白、肌球蛋白、核蛋白等蛋白质中,这种结合是非特异的,并随时间而有动态变化;另一种为共价结合,其中硒的确切形式是 Se-Cys 和 Se-Met ,含 Se-Cys 的硒蛋白是哺乳动物中最主要的含硒蛋白质,动物体中约有80%的硒是以这种形式存在。植物蛋白质结合硒看来更为复杂,色谱分析表明,对硒积聚植物而言,硒可能作为含硫氨基酸代谢中间产物类似物存在,如硒代胱硫醚和甲基 Se-Cys ,硒结合蛋白很少;而对于非积聚硒植物来说,硒则主要与蛋白质结合,且硒大部分为 Se-Met 形式,如小麦中至少50%,苜蓿中70%为这种有机硒形式。含硒多肽主要指硒谷胱甘肽。含硒多糖在自然界,尤其是在植物中的存在已经得到证实,其中硒以两种可能形式存在: $-\text{SeH}$ 、 $\text{R}_1-\text{OSe}-\text{O}-\text{R}_2$,研究者不断从植物提取出硒多糖,并对其结构和功能进行了研究,如大蒜含硒多糖、箬叶硒多糖、螺旋藻硒多糖等。无机硒则主要来自饮水及添加硒食品。

2 食品源硒的代谢和组织细胞分布

2.1 硒代谢途径^[8,2]

Se-Met 为主动转运,与蛋氨酸为相同转运系统。 Se-Cys 、亚硒酸钠并非主动转运,其摄入不受相应含硫类似物影响,在正常生理条件下,这种转运机制并非限速步骤。由于硒与硫化学特性的相似性,最初认为硒是按照硫代谢途径进行。但总结近年来研究成果发现,硫与硒代谢具有某些显著差异,微量元素硒在动物体内的主要代谢模式为:无机硒盐在肝、脾、血中被酶转化为亚硒酸盐,亚硒酸盐还原反应是重要代谢途径,红细胞通过GSH作用快速摄入和代谢亚硒酸盐,产物可能是 H_2Se ,已确立的非酶反应包括四个巯基化合物与一分子亚硒酸作用生成三元硒硫化物(RSSeSR)及一系列反应。具体过程如下:



H_2Se 进入同化和异化途径,前者指硒以 Se-Cys (Se-Met)形式掺入硒蛋白中,这是一个非常复杂的生物化学过程,特别是第21种蛋白质氨基酸硒半胱氨酸及其基因水平的调控是对传统生物化学的发展和补充;后者还有许多细节存在争论,但较多的研究支持Challenger提出的硒的生物甲基化机理,经甲基化过程,具有高度毒性的 H_2Se 转化为低毒的二甲基硒(可从呼吸道排泄)和动物尿中的主要硒排泄物——三甲基硒,在硒代谢中,甲基化和去甲基化可能是常常发生的。研究表明,通常硒的排泄形式为二甲基硒化物、尿三甲基硒离子和一种未知尿硒化合物。

2.2 硒的生物利用度^[9,3]

膳食中的硒的生物利用度是一些复杂程度不等的生理、代谢过程和综合反应。在这一过程中,一部分摄入的硒被转化成生理活性形式,如硒蛋白或硒酶,一部分以硒蛋白及无机硒化合物存在。由于大多数食物硒的吸收效率较高,动物并不经过吸收途径实现体内硒的稳定调控,但应该注意到,从营养意义上讲,并非所有吸收的硒在生理上都是重要的。

硒的生物利用度因不同硒形态而有较大差别。还原性强的(或不溶性的)无机硒化合物生物利用度非常低;硒酸盐、亚硒酸盐、含硒氨基酸(如 Se-Met, Se-Cys)及植物中的硒有较高的生物利用度;大多数动物性产品中的硒的生物利用度中等或较低。也有研究认为 Se-Met 对硒水平效果较好,可能是因为它可以非特异地取代蛋氨酸而掺入到蛋白质中(如结合在血红蛋白和白蛋白中),然而,这种结合似乎没有生物活性,并且在进入可利用的硒代谢库之前需先经不详途径生成 H_2Se ,因此从代谢意义上看 Se-Cys 的直接前体单硒磷酸化合物,并作为硒的活性形式掺入到硒蛋白分子中。尽管如此,有机硒化合物如高富硒酵母仍然是为人们所关注的补硒产品,部分原因可能是由于其毒性较低。但不可否认,Se-Met 可非特异性掺入蛋白质中而引起硒滞留,不便排泄,如长期食用,可能会产生更大的毒性作用。

2.3 硒的组织分布^[10,2]

机体内的硒从代谢上可分为:1)亚硒酸盐可交换代谢池;2)以硒代氨基酸形式形成的硒蛋白代谢池。动物饲喂亚硒酸钠后,测定动物机体可交换亚硒酸钠代谢池占动物内源硒的36%。在整体水平上,大鼠骨骼肌、肝、肾和血浆中内源硒占总硒分别为41%、10%、5%和7%。硒存在于所有细胞和组织中,其分布水平组织及饮食硒水平而异,一般说来,动物肾(特别是肾皮质)、肝、胰、垂体及毛发含硒量较高,肌肉、骨骼和血相对较低,脂肪组织最低,其中肝组织硒含量对饮食硒依赖性最强。通过 ^{75}Se 示踪进一步研究硒在细胞和分子水平的分布,人们曾观察到,对肝细胞而言, ^{75}Se 较均匀地分布于细胞的颗粒和可溶性部分,而在肾皮质中, ^{75}Se 近75%集中在核部分, ^{75}Se 很快与肝、肾细胞中大量的蛋白质结合,并且微粒体似乎是首先将硒结合于蛋白质的部位,结合硒的主要是 α -球蛋白。另有研究,给狗注射 ^{75}Se ,红细胞中放射性的消失速度在注射中100-120天最大,表明硒一旦进入细胞,便保留有细胞中乃至整个细胞生命期。由于影响组织细胞硒分布的因素很多,且硒在体内的存在形式多种多样,至今的硒代谢库未建立令人信服的模式。但就吸收和排泄相比较而言,由于机体对亚硒酸钠、Se-Met、硒蛋白等吸收较快,机体内硒分布及其稳定调控并非经过吸收途径而可能经过尿硒排泄途径调节。

3 膳食硒的营养状态

3.1 硒摄入的安全范围^[11,1,2]

在不同地区,正常人群硒日摄入量的阈值是不同的,苏联为50 μg 、美国为60-150 μg 、加拿大为98-224 μg 、孟加拉为63-122 μg 、WHO规定为40-100 μg 。中国营养学会推荐正常人

体每日硒摄入量为60-200 μg 。我国13个省市的营养调查表明,成人每日的摄硒量仅26.36 μg ,与中国营养学会推荐日最低硒摄入量60 μg 相差甚远。杨光圻教授等人在低硒的克山病地区和高硒的湖北恩施地区进行了硒的需要量和安全量的研究工作,在研究基础上推荐膳食硒安全范围为每日50-250 μg (全血硒约达0.1-0.4 $\mu g/ml$),硒最高安全摄入量为每日400 μg (全血约0.6 $\mu g/ml$);这些数据已为FAP/WHO/IAEA三个国际组织所采纳,也是我国和美国制订RDA的依据。

3.2 硒营养状态评价的常用参数^[10,1,2]

硒营养状态评价的试验动物模型常用如下测定参数:体重、死亡率、谷胱甘肽过氧化物酶(GPx)活性及其mRNA、甲状腺素-5-脱碘酶(IDI)活性及其mRNA、体液硒和组织硒浓度、硫氧还蛋白还原酶等。由于机体硒的代谢、形态和价态转化、组织分布复杂,兼之含硒蛋白或硒酶对硒依赖性也有较大差异,所以在动物实验中,饲喂硒缺乏饲料,血硒、红细胞GPx活性和血浆蛋白等测定参数的水平降低,和在超出膳食硒水平时各测定参数水平有上升情况并非一致,因此,某一测定参数并不能完全反映硒营养状态。评价人群硒营养状态的常用数有血清、血浆和全血硒;红细胞硒;尿硒;其它体液、器官或组织硒水平(如毛发、指甲、乳汁等中硒浓度);含硒酶活性(主要有GPx和IDI)。

3.3 硒酶活性在硒营养状态评价中的意义^[10,1,2]

硒营养状态评价朝向含硒酶活性检测方向发展。GPx活性最常用作动物硒营养状态和硒需要量的标识,特别是肝GPx活性在标识动物硒营养状态特别有效。GPx是机体最早发现和分布最为广泛的硒依赖酶,也是机体最强的一类抗氧化酶,已发现GPx有四个家庭成员:细胞内或典型谷胱甘肽过氧化物酶(cGPx或GPx1)、血浆或细胞外谷胱甘肽过氧化物酶(cGPx或GPx2)、胃肠谷胱甘肽过氧化物酶(GIGPx或GPx3)、磷脂氢过氧化物谷胱甘肽过氧化物酶(PhGPx或GPx4)。一般说来,硒酶活性和其它参数以一定的模式变化,但实际情况并非如此,在蛋氨酸缺乏鼠饲料中饲喂Se-Met,与GPx1活性所需硒相比,组织摄入硒值高得多。短期试验表明当开始表现出硒缺乏的大鼠,在有限硒摄入后,一些参数特点是硒酶活性恢复到硒适宜水平,由于硒可能流向更重要的生化代谢途径或肌肉、脑、红细胞等硒缺乏组织中硒的缓慢周转代谢,从而导致另一些参数恢复滞后。目前,硒营养学研究面临的挑战仍是要查明在适宜条件下,标识硒营养状态的实用参数。

3.4 GPx的“生物硒”缓冲剂作用^[10,1,2]

动物或其它组织中GPx1可能在机体硒稳定调控机理中也发挥重要作用。在硒缺乏期内,将硒转向更重要的生物学功能,当吸收过量硒,维持低的游离硒浓度,GPx的主要作用是作为“生物硒”缓冲剂,其缓冲功能提供了动物硒缺乏与硒中毒间的伸缩范围。GPx生物功能更适宜为“生物硒”缓冲剂而并不是“硒贮存”或“硒沉积”。“生物硒”缓冲剂假说,解释了机体内硒稳定调控机理特性和调节硒掺入其它硒酶及GPx1中的优先性:硒首先与高亲和力的蛋白质结合;高亲和力蛋白饱和后,硒

开始与低亲和力蛋白结合；只有在低亲和力蛋白饱和后，可变硒代谢池才上升，仅在硒掺入低亲和力蛋白达到最大或没有低亲和力蛋白时，可变硒池快速上升。“生物硒”缓冲剂是一个封闭系统，在生物体内，肝或其它组织硒并不随饲料硒呈线性上升。硒调控具有组织特异性和硒蛋白特异性，在甲状腺中，硒缺乏动物 GPx1 活性下降到硒适宜动物 50%，GPx1 mRNA 水平不受显著影响，甲状腺中游离硒浓度从未下降到维持 GPx1 mRNA 稳定性程度。硒缺乏时，GPx4 活性不受影响，但 GPx4 mRNA 下降 50%，而 IDI 活性及转录的上调可能作为维持甲状腺 T3 水平的反馈机制。GPx1 活性下降显然释放出足够硒提供给 IDI 和 GPx4 以维持更重要的硒生物功能。

4 富硒功能性食品

膳食硒的低水平摄入对人体健康有潜在的威胁，仅靠天然食物中的硒不足以满足人体的正常需要。要保证人体的健康、防治有关疾病，就应当有充足的硒的摄入，特别是当今癌症等许多疾病无特效良药的时候，通过摄取足够的硒来预防多种疾病的发生显得尤其重要，但亚硒酸钠等无机硒的毒性高，因此开发高效安全的补硒食品势在必行。人体补硒可采取多种途径，如：增加动物性食物的摄入，尤其是动物内脏；研制开发富硒食品，如富硒茶、富硒大豆等。其中，硒的生物有机化方法是一种安全有效的途径^[12]。美国学者^[1]提出的硒化学抗癌新战略，即通过生物转化和有机硒化合物的开发来开发有机硒源。当前人们已广泛地应用植物或微生物作为硒的生物有机化载体进行富硒功能性食品的研究和开发。

4.1 富硒酵母^[13,2]

酵母具有高度的富硒能力及将无机硒转化为有机硒的能力。华中理工大学采用麦芽汁加亚硒酸钠作培养基，培养得到富硒酵母，经检验分析，硒酵母中的硒化合物主要是 Se-Met。通过人与动物的实验结果表明，硒酵母中硒的生物效力是氧化硒盐等无机硒的 10-20 倍。富硒酵母的生理活性较无机硒高，在提高机体血硒水平及留存在机体内的数量方面均明显高于亚硒酸钠。硒水平相当的富硒酵母的毒性大大低于亚硒酸钠，无论是对大鼠的生长抑制还是引起组织病变均是如此。富硒酵母的硒含量可高达 1000 μg/g，通常为 300 μg/g，左右，是一种很好的功能性食品。抗癌实验还表明，富硒酵母对由 3-甲基胆蒎(MCA)诱发大鼠肺癌、可移植的路易斯肺癌、S180 腹水癌、肝癌、乳腺癌均有一定的抑制作用。

4.2 富硒食用菌^[12]

天然食用菌中的硒含量较低，通过富含无机硒的培养基料接种入菌种，可生产出富硒食用菌。在富含亚硒酸钠的培养基料上所长出的食用菌成品中硒含量明显提高。在富硒食用菌栽培过程中，随着无机亚硒酸钠转化为有机硒，产品中的蛋白质含量也有一定的增加，特别是必需氨基酸含量的提高尤其显著，幅度达 25-43%。以平菇、凤尾菇、金针菇和香菇为对象，试验结果为：在一定范围内(0-100 μg/g)，成品食用菌中的硒含量与培养基料中亚硒酸钠的浓度呈正相关。

4.3 富硒茶叶^[14,12]

茶树是富硒能力较强的植物，利用土壤—茶树系统的富硒培养方法，在种植茶叶的土壤中喷洒一定浓度的含硒水，使土壤的硒含量达到一定的浓度，茶树在生长过程中吸收土壤中的硒并富集于叶子中，所得茶叶就富含硒元素。茶叶中的硒多为有机硒，是理想的补硒资源，通过茶树开发安全、高效具有补硒功能的茶叶产品，富硒茶可明显改善血和组织硒水平，可提高吞噬细胞数量，增强吞噬细胞的吞噬能力，具有促进机体免疫，加强非特异性免疫功能。目前，我国业已问世的紫阳硒茶、恩施富硒茶、福州富硒花茶和广东的国宾富硒茶等品种，其含量在 0.5-4 μg/g 之间。

4.4 富硒麦芽^[12]

通过谷物种子发芽法转化无机硒为有机硒，也可生产良好的功能性富硒食品基料，进一步生产富硒饼干、面条和面包等一系列食品，应用前景广阔。

其它还有富硒大蒜^[15]、富硒藻类^[16,17]、富硒贻贝^[18]等。

参考文献

- 1 Margaret P Prayman. The importance of selenium to human health (review). The Lancet. 2000; 356: 233 ~ 41.
- 2 徐辉碧主编. 硒的化学, 生物化学及其在生命科学中的应用. 华中理工大学出版社(武昌). 1994: 104 ~ 194.
- 3 陈历程等. 南京市主要食物含硒量分析及居民硒营养水平评价. 食品科学. 2000 21(10) 57 ~ 58.
- 4 Kvalica J. Selenium and organism. Cas - Lek - Cesk., 1999; 138 (4): 99 ~ 106.
- 5 徐碧辉, 黄开勋, 高中洪. 硒蛋白与硒多糖. 科学, 1997 249 (5) 22 ~ 25
- 6 唐家骏, 芮海凤. 硒化角叉菜胶的制备及其理化性质和生化活性研究. 生物化学与生物物理学报, 1988 20(3): 259 ~ 266.
- 7 庞后深, 郭宝江, 阮继红. 螺旋藻抗辐射多糖的提纯及分析. 生物化学与生物物理学报. 1989 21(5) 445 ~ 449.
- 8 Stadtman T C. Selenocysteine. Annu. Rev. Biochem. 1996; 65: 83 ~ 100.
- 9 雷联会. 人体营养和健康的微量元素硒. 国外医学医学地理学分册. 1998 19(2) 51 ~ 54.
- 10 郭荣富等. 微量元素硒代谢及硒蛋白基因表达调控最新研究进展. 微量元素与健康研究. 2000 17(1) 62 ~ 63.
- 11 Standing committee on the scientific evaluation of dietary reference intakes of the food and nutrition board, Institute of medicine, the national academies with health Canada. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids, Washington DC: national academy press, 2000.
- 12 蔡翠华. 生物转化的营养意义. 食品科技. 2000 5(5): 52 ~ 53.

- 13 刘曼西等. 硒酵母成分的研究. 华中工学院学报. 1985; 13(3): 115~118.
- 14 胡秋辉等. 富硒茶提高大鼠非特异性免疫功能的效应. 食品科学. 2000; 21(11): 56~58.
- 15 郑建仙编著. 功能性食品. 北京: 中国轻工业出版社, 1995, 477~482.
- 16 黄峙等. 硒添加方法对螺旋藻生长及富集转化硒的影响. 广州食品工业科技, 1998, 15(2): 60~63.
- 17 李乐农等. 富硒螺旋藻中含硒藻蓝蛋白的纯化、结晶及初步晶体学研究. 中国科学(C辑), 2000; 30(5): 449~455.
- 18 毛文君等. 贻贝及其富硒提取物生物活性的比较研究. 营养学报, 1998; 20(1): 68~71.

离子膜法技术在食品添加剂工业中的应用工艺探讨

毛建卫 杭州商学院食品生物工程学院 310035

崔艳丽 浙江大学理学院化学系 310031

摘 要 对离子膜法技术在食品添加剂工业中的应用工艺进行了较系统的探讨。

关键词 离子膜 食品添加剂 工艺 甘氨酸

Abstract The applied technology of ion-exchange film in the food ingredients industry was discussed.

Keywords Ion-exchange film Food additive Technology glycine

原料、过程与设备、食品添加剂是制药现代食品工业发展的三大要素,而其中食品添加剂是三大要素中最为活跃和积极的要素,以世界范围来说,食品添加剂行业已成为食品生产中最有创造力的领域,而高新技术的应用,又推动食品添加剂工业的进一步发展。

离子膜法技术是新兴的膜法分离工程之一,作为一个崭新的技术领域受到日本和欧美等国的充分重视,属当代高新技术范畴,就它在世界范围的发展情况来说,除水处理行业已成熟应用外,在食品、医药等工业领域中,也日益发展建立起了离子膜法的工艺过程,在食品添加剂工业中,也以其出色的应用实例,证实了其在技术上的先进性以及其它分离方法所不能替代的若干优异的特点,正在开发或着手开发的离子膜法技术新工艺,更是绚丽多彩。

1 离子膜法技术原理和应用特点

1.1 离子膜法技术原理

在直流电场的作用下,以电位差为动力,离子透过选择性离子交换膜而迁移,从而使电解质离子自溶液中部分分离出来,达到提纯精制或去参加反应的目的,此过程称为离子膜法技术,离子膜法技术的关键是要采用离子交换膜,它是一种具有离子交换基团的网状立体结构的高分子膜,离子可以有选择性地透过膜,阳离子交换膜选择透过阳离子而截留阴离子,阴离子交换膜则选择透过阴离子而截留阳离子。

1.2 离子膜法技术的用途

离子膜法技术在食品添加剂工业中的用途有三个方面的:

(1) 把溶液中部分电解质离子转移到另一溶液系统中去,并使其浓度增高,或参加反应等,如海水制氯化钠、L-半胱氨酸制备、膜法制碱等均已工业化。

(2) 从有机溶液中去除电解质离子,如乳清脱盐、甘氨酸等氨基酸提纯、甘露醇脱盐、果汁脱酸等均已工业化。

(3) 电解质溶液中,同电性但具不同电荷的离子的分离。如海水提取一价盐等已工业化。

1.3 离子膜法技术的应用特点

离子膜法技术在食品添加剂工业中的应用特点有:

(1) 产品性能影响小:离子膜法工艺过程可在常温下进行,适用于加氨基酸、维生素等热敏的活泼化合物的生产,减少其结构的破坏可能性或减少副反应的发生,提高产品质量。

(2) 能源消耗低:离子膜法工艺过程为常温无相变过程,从热力学分析可知,无相变过程比相变过程耗能要低。

(3) 实施清洁生产工艺:离子膜法工艺过程使用清洁能源——电力,不污染环境,且又总体能源消耗低;离子膜法工艺过程分离的副产物、电极反应产物,有的也是所需产品,有的可以回收再用。离子膜法工艺过程也避免使用有毒有害的溶剂等物质,所以离子膜法过程又被称为绿色单元操作。

(4) 高效分离,易自动化控制,工艺装置基本以高分子材料组成,耐腐蚀、寿命长,设备投资少,维修方便。

2 离子膜法技术在食品添加剂工业中的应用工艺