Ξυ63μσ20χ6321σ28ξ0 φ6338σπ5χ32

大豆及其制品的重金属污染

云 影s 杨居荣s 刘 虹

（北京师范大学环境科学研究所s环境模拟与污染控制国家重点联合实验室s北京xraaEΔB，σ1ξχ0 H33 N4ω9 ισρ9 ιπ2）

摘 要H 对Πρ、Π9、φo 在大豆籽实各形态结构的分析表明s它们绝大部分分布于子叶中，种皮中也占据一定比例ΘΠρ、Π9、φo 在大豆营养成分中的分布以与蛋白质结合比例为高，脂肪中甚少ΘΠρ、Π9、φo 在不同类型蛋白质中以与球蛋白、清蛋白结合比例为高Θ大豆加工成豆腐、豆浆、豆芽后sΠρ、Π9、φo 的含量较大豆明显降低。

关键词H 大豆Θ 大豆制品Θ 重金属污染

中图分类号H3 xzy **文献标识码**HΞ **文章编号**Hraav—ωyΓΔo yraxpwx —raax —ωz

Φσξ03 ϵ σ8ξ0 φ300 98ξ287 χ2 s33 oσξ2 ξ2ρ s33 oσξ2 φ63ρ9π87
ζβϑ ζχ2υ， ζΞϑΥΨ6μ32υ ∂Xβ Φ32υ
oX278χ898σ 3τ Σ20χ6321σ28ξ0 sπχσ2πσ7 s Oσχ2υ ϑ361ξ0 β2χ0σ67χ3 s s8ξ8σ Ωσ3 Ψ6χ28 ∂ξo36ξ836 3τ Σ20χ6321σ28ξ0
sχ1 90ξ8χ32 ξ2ρ φ300 98χ32 Π328630 s Oσχ2υ s xraaEΔB Πφχ2ξρ
Ξo786ξπ8 HX3 φξ7 oσσ2 τ392ρ8φξ8 8φσ 1ξψ86 φσξ03 1σ8ξ0 430098ξ287 79πφ ξ7 Πρ s Π9 ξ2ρ φo ξ6σ ρχ386χ0 98σρχ2 π3830σρ32
ξ2ρ 1χ236χ2 7σσρπξ4790σ o3 ξ2 ξ2ξ037χ4 uαφσπ32πσ286ξ8χ327 3τ Πρ s Π9 ξ2ρ φo ξ6σχ2 8φσ φχυφσ78χ2 4638σχ2 ξ2ρ0311σ78
χ2 733oσξ2 3χ0 χ2 0ξ6χ397 2396χ4 φπ3 1432σ287 3τ 733oσξ2 uX2 8σ6 17 3τ o38φ υ03o90χ2 ξ2ρξ0o91χ2 s8φσ π32πσ286ξ8χ32 3τ
Πρ s Π9 ξ2ρ φo ξ6σχ2 8φσ φχυφσ78χ2 1ξ23 834σ7 3τ 4638σχ2 uX2 π3286ξ78 s8φσ π328σ287 3τ Πρ s Π9 sξ2ρ φo s6σ74σπ8χ0σ03 s
χ2 oσξ2 π96ρs733oσξ2 1χ0ωξ2ρoσξ2 746398 ρσ6χ0σρτ63 1 733oσξ2 ξ6σξ0ξ7σρ ρχ8χ2π803 u
Ωσ31 36ρ7 H733oσξ2 Θ733oσξ2 463ρ9πσ7 Θφσξ03 1σ8ξ0 430098χ32

生长在重金属污染土壤中的大豆s其籽实常含有较高浓度的重金属s 长期食用会对人体造成不良影响。然而，重金属在大豆籽实中的分布、结合形态以及其在加工过程中的去除与存留直接影响到人体对重金属的吸收与代谢，进而影响其毒性大小。为此，研究大豆中重金属的分布及结合形态对于防止重金属的危害具有重要意义。本文从组织化学及生物化学角度探讨了大豆及其制品中Πρ、Π9、φo 的分布及其存在形态。

x 材料及方法

xux 大豆样品

大豆样品取自云南省兰坪县兰坪铜矿区附近的污染农田。

xuy 籽实形态结构的区分

采用物理剥离方法，将大豆籽实区分为z 部分s即种皮、胚与子叶。

xuz 脂肪的提取

将大豆籽实研碎s准确称取yωaawωυ s称取A 份，分别包入滤纸包中。按国家标准方法ΥOyZωΓ—Ey 提取大豆中的粗脂肪，并计算粗脂肪含量。

xuA 蛋白质的提取

称取脱脂、风干后的大豆样品yωaawωυ，采取连续提取的方法θzκ 依次提取大豆籽实中不同类型的蛋白质。先加入去离子水yw1∂，搅拌xφ，放入A ℃冰箱中保存xwφ，取出后，离心zw1χ2，取上清液备用。以同样方法依次用B%ϑξΠ9、Δw%乙醇、wωy%ϑξφΦ溶液进行提取。余下的残渣用去离子水转移至三角瓶中备用。

xuB 豆腐、豆浆、豆芽的制作θxκ

豆腐：清除大豆中杂质并用去离子水洗净后，浸泡xwφ，去掉种皮，用瓷研钵研磨。将所得浆水与渣子分离，煮浆至沸腾，保持B1χ2 后点卤，静置xw1χ2。适当挤去水分、略压成型。

豆浆：制作同上，研磨后浆、渣分离，即可得豆浆。

豆芽：将大豆清洗、浸泡，置于温室xB ℃—yw ℃

收稿日期：yraav—ωB—yE

基金项目：国家自然科学基金资助项目oAZΔΔxrdΓZp

作者简介：云 影，女，北京师范大学环境科学研究所助工。

并保持其润湿，经Δρ 豆芽长成。

xuΓ 重金属含量的测定

将待测样品经硝酸、高氯酸消化后，用原子吸收分光光度计ο 日立xEκω—Eκφ 测定其含量。用国家标准物茶叶样品(ΥΟδ ωΔΓωB) 进行质量控制，保证方法的准确性。

y　结果与讨论

yωx Πρ、Π9、φο 在籽实中的分布

yωxωx Πρ、Π9、φο 在籽实各形态结构的分布

大豆籽实的最外部是种皮，种皮内有两片肥大的子叶，子叶之间是胚。将这z 种组分中Πρ、Π9、φο 的分析结果示于表x。

表x　Πρ、Π9、φο 在大豆籽实各形态结构中的分布

αξο0σ x　Pχ86χο98χ32 3τ Πρ s Π9 ξ2ρ φο χ2 8σ6 1 7 3τ ο ξ6χ3 9 7 τ36 1 7 χ2 733 οσξ27

形态结构	重量百分比 /%	Πρ 浓度 /μυ·υ⁻ˣ	Πρ 的积累量 /%	Π9 浓度 /μυ·υ⁻ˣ	Π9 的积累量 /%	φο 浓度 /μυ·υ⁻ˣ	φο 的积累量 /%
种皮	ΔωA	wωxωΓ	xEωEZ	xyωEy Z	Bωωx	zΓωBωx	xzωBZ
胚	yωBy	wωzy E	yωΔΔ	yΓωΓy Z	zωΓA	AΓωΔzz Γ	Γωωz
子叶	ZωωA	wωωA Z	ΔEωA	xEωEz B	ZxωB	xΔωZE Z	EωωE

从其结果看出，在大豆籽实各形态结构中s z 种重金属的浓度分布具有一定差异，但不象在稻、麦籽实各形态结构中分布的那样悬殊[θyκ]。Πρ 的浓度顺序是：种皮Λ 胚Λ 子叶ΘΠ9 的浓度顺序是H胚Λ 子叶Λ 种皮Θφο 的浓度顺序是H胚Λ 种皮Λ 子叶。若除去种皮s 则z 种重金属的浓度顺序都是胚Λ 子叶。

从Πρ、Π9、φο 的总量分布看s 由于各结构组分的重量在籽实中所占百分比不同，z 种元素在各结构组分的总量分布差异悬殊。其中占籽实总重ZωωA%的子叶中的积累量占绝大比例，Πρ、Π9、φο 分别占ΔEωA%、ZxωB%、EωωE%。

从大豆各结构组分的营养组成来看，子叶是贮藏营养物质的场所，大豆蛋白质、脂肪主要分布在子叶中。胚中也富含蛋白质和脂肪，还原糖含量较高。种皮中的营养成分较少，富含纤维素和矿物质。对照表x 中z 种元素在各结构组分中的分布推断，Πρ、Π9、φο 可与蛋白质、纤维素等成分相结合。值得指出的是，种皮仅占籽实重量的ΔωA%，而其中Πρ、Π9、φο 的积累量却占xEωEZ%、BωωX%、xzωBZ%，说明纤维素中分布了较多重金属，在食用大豆时，若去除种皮，会明显减少重金属的摄入。

yωxωy Πρ、Π9、φο 在主要营养成分中的分布

大豆因受品种、产地、栽培方式等因素的影响，营养成分含量不完全相同。一般约含蛋白质Aω%、脂肪yω%、碳水化合物yB%、水分xω%、灰分A%—B%s 几乎不含淀粉[θxκ]。现将脂肪、蛋白质以及残渣(包括不易溶的纤维素、糖类等)中Πρ、Π9、φο 的分布比例示于图x。

非常明显，蛋白质中z 种重金属的含量占了绝对

图x　Πρ、Π9、φο 在主要营养成分中的分布

Tχω96σ x　Pχ86χο98χ32 3τ Πρ s Π9 ξ2ρ φο χ2 1 ξψ96 2 986χσ28 π3 278χ89σ287 3τ 733 οσξ27

优势，Πρ、Π9、φο 在其中的分布分别占总量的EωωΓω%、ΓZωxy%、ΓEωEZ%；残渣次之，Πρ、Π9、φο 的比例分别是xΓωΓE%、zωωEE%、zxωωx%。该结果进一步明确了上述推断，即大豆籽实中的重金属主要与蛋白质相结合，同时也易与粗纤维相结合；脂肪中的含量甚少s Πρ 只占总量的yωΔy%s Π9 和φο 均未检出。

大豆中脂肪含量很高，约占yω%，其中对人体有益的不饱和脂肪酸是主要成分，用大豆加工豆油是大豆的重要用途。脂肪中z 种元素含量甚微，从这个角度看来，食用豆油是安全的。另外，φο 与Π9 在各主要营养成分中的分布比例趋于一致。

yωxωz Πρ、Π9、φο 在不同类型蛋白质中的分布

大豆中蛋白质含量丰富且构成极为复杂，其中绝大部分可溶于水。根据其溶解性不同可区分为清蛋白、球蛋白、醇溶谷蛋白、谷蛋白。一般A 种蛋白质的相对含量分别为xy%、Γz%、z%、Δ%，以球蛋白为主要成分[θxκ]。这A 种蛋白质中的重金属含量测定结果列于表y。

表 y　Πρ、Π9、φo 在不同类型蛋白质中的分布

αξo0σ y　ρχ786χo98χ32 3τ Πρ s Π9 ξ2 ρ φo χ2

ρχττσ6σ28 —834σ 4638σχ27

蛋白质种类	Πρ 的相对含量 /%	Π9 的相对含量 /%	φo 的相对含量 /%
清蛋白	xwuΓΔ	zx uΔw	Ax uBy
球蛋白	Δwuy Δ	zΔuux	zEuEy
醇溶谷蛋白	xΓuZy	yBuAy	xAuEΔ
谷蛋白	y ux A	BuEΔ	AuΔZ

从表 y 中看出，Πρ 与球蛋白结合的比例最高，清蛋白和醇溶谷蛋白次之，谷蛋白结合最少。Π9 和 φo 在各蛋白质的分布也以清蛋白、球蛋白较多s 醇溶谷蛋白次之s 谷蛋白最少。z 种元素在各种蛋白质中分布的差异是因为各种蛋白质结构不同s 因而结合金属元素的能力不同。例如对大豆球蛋白做超离心沉降分析或凝胶法过滤分析可得到 ys、Δs、xxs、xBs A 种主要成分θxκ。其中以 Δs 和 xxs 成分最多，这两种成分的共同特点是它们都是二硫键形成的聚合物，提供了金属配体，从而形成蛋白质—金属螯合物。

y.y　大豆制品中的 Πρ、Π9、φo

为了解大豆加工制作中重金属的去除与存留，本文对传统大豆制品豆腐、豆浆和豆芽中 Πρ、Π9、φo 的含量进行了分析，图 y 所示为单位重量大豆及单位重量大豆所加工制品中重金属的含量百分比。

图 y　豆芽、豆腐、豆浆中重金属含量占大豆的百分比

Tχω96σ y　αφσ 4σ6πσ28ξυσ 3τ 8φσ π328σ287 3τ φσξ03 1σ8ξ07 χ2 oσξ2 74639 8 sοσξ2 π96ρ ξ2 ρ oσξ2 1χω07 6ξ1 733oσξ27

其结果表明，大豆去掉种皮加工成豆芽、豆腐、豆浆后，z 种重金属含量均有显著降低。豆腐、豆浆中的重金属含量低于豆芽，原因是制作豆腐、豆浆时豆渣中的重金属被去除。豆腐中的重金属含量又低于豆浆，是因为豆腐经过点卤、压实成型后，部分重金属随外流液体去除。

z　结论

z ux　Πρ、Π9、φo 在大豆籽实各形态结构中的浓度有所差异s 但由于子叶在籽实中重量占 Zwux A%s 故大部分的重金属分布于子叶中，种皮中也占一定比例。

z uy　从 Πρ、Π9、φo 在籽实主要营养成分的分布看，以与蛋白质中结合的比例最高，脂肪中甚少。

z uz　Πρ、Π9、φo 在不同类型蛋白质中的分布比例有明显差异s 以与球蛋白、清蛋白结合比例为高。

z uA　大豆去种皮并加工成豆腐、豆浆、豆芽后，均可使 Πρ、Π9、φo 的摄入量明显降低。

参考文献H

θxκ　杨淑媛s 田元兰s 丁纯孝 u 新编大豆食品θ ϵ κ u 北京H中国商业出版社s xZEZu

θyκ　杨居荣s 查　燕s 刘　虹 u 污染稻、麦籽实中 Πρ、Π9、φo 的分布及其存在形态初探ΨΚ u 中国环境科学sxZZZsxZ(Γ) Hκ—Bu

θzκ　∂χ9 η —ζ o 刘祖荫ps Pχ2 υ Π—ε o 丁纯孝pu Pσσ4σ6 4638πσ77χ2 υ 8σπφ2303υ3 τ36 4638σχ2 χ2 τ33 ρθ ϵ κ us χπφ9 ξ2 HΠφσ2 υ ρ9 sπχσ2 πσ ξ2 ρ ασπφ2303υ3 φ6σ77 sxZZwu

欢迎订阅《中国农业环境保护大事记》

由农业部科技教育司和中国农业生态环境保护协会共同编写的《中国农业环境保护大事记》已于 yraaw 年 Γ 月出版发行。该书收录了 xZΔw 年 xy 月至 yraaw 年 A 月与农业环境保护工作有关的重大事件。内容包括H领导指示，方针政策，法律法规，机构建设，重要会议，考察及培训，国际交流，科技成果，典型污染事故等。该书具有重要的参考价值，每册 yw 元，欢迎大家订阅。

地　址：zraaxZx　天津南开区复康路zx 号

中国农业生态环境保护协会办公室

联系人H潘淑君　　胡　梅　　王　菲

电　话H wyy —yzΓΔAzzΓ　　σ1 ξχφ Hπξσ4 N490χπ ψ48 ψψψπ2 Θ πξσρ N490χπ ψ48 ψψψπ2