

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde = Bulletin suisse de mycologie  
**Herausgeber:** Verband Schweizerischer Vereine für Pilzkunde  
**Band:** 69 (1991)  
**Heft:** 9/10

**Artikel:** Dekontamination von radioaktiv verstrahlten Pilzen (Cäsium-134 und -137) am Beispiel von Xerocomus cadius (Maronenröhrling) = Décontamination de champignon radioactifs (Césium 134 et 137) : exemple du bolet bai (Xerocomus badius)  
**Autor:** Neukom, Hans-Peter / Gisler, Erwin  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-936636>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 03.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

- Lamelle:** Normalmente fitte-lievemente distanti, spesse e larghe come di solito, alla base un poco anastomosate. Filo intero. Colore biancastro con riflessi rosa. Annesse-adnate al gambo, fino a quasi libere.
- Gambo:** 1,5–2 cm × 3–7 mm, cilindrico, striato secondo la lunghezza, pruinoso, in parte con striature longitudinali brune. Concolore al cappello, spesso più intensamente rosa, cavo nella parte superiore. Base con grosso bulbo largamente marginato, simile a velo (orlo largo fino a 5 mm), nel quale il gambo è come immerso. Bulbo grigiastro, orlo con pruina grigia. Più bulbi formano un complesso concresciuto, per cui cresce cespitosa (2–5 funghi in un gruppo di bulbi), ma pure isolata.
- Carne:** Biancastra con zone rosa, nel bulbo grigio bruna, odore e sapore farinosi.
- Habitat:** Tre gruppi di bulbi a una distanza di circa 5–10 metri in un bosco relativamente giovane e chiuso di abete rosso (monocultura), a circa 3 m all'interno del margine boschivo, tra un fitto strame di aghi, a Nagelfluh, 23 sett. 1989 Fontannental, circa 700 m/mare.
- Microscopia:** Spore: non si è ottenuta una buona sporata; secondo Pfaff rosa sporco. Spore ialine, da ellittiche a globose, ruvide a causa di asperità poco appariscenti, appendice fino a circa 1 µm, ± obliqua. Misure: 5,0–7,3×4,0–4,6 µm. – Imenio: basidi tetrasporici, fibulati, senza cistidi. – HDS, Rivestimento gambo: senza particolarità.
- Osservazioni:** In base al bulbo questo fungo fu inizialmente catalogato come Squamanita, ma a causa delle spore ruvide e di colore rosa fu trasferito nel genere Rhodocybe. La presenza di un bulbo vistoso rende questa specie anche macroscopicamente inconfondibile. E possibile che il fungo sia già stato trovato, ma lo scopritore non potè determinarlo, oppure interpretò il bulbo come una malformazione. E pure da dire che *R. stangliana* è un fungo piuttosto poco appariscente, il quale per di più assomiglia ai non molto amati generi Collybia e Hebeloma. Questa specie fu trovata 2–3 volte, per cui non è neppure sicuro se l'habitat dato è tipico per questa specie; ma pure Pfaff come Sandor (il quale descrisse per la prima volta la specie) nomina bosco di abete rosso in vicinanza di un fiume. Vale la pena di cercare in boschi fitti di abeti rossi poveri di altre specie forestali.
- Foto e testo:** M. Wilhelm, Kurzselängeweg 27, 4123 Allschwil
- Traduzione:** E. Zenone
- Bibliografia:** Vedi testo tedesco.

---

## **Dekontamination von radioaktiv verstrahlten Pilzen (Cäsium-134 und -137) am Beispiel von *Xerocomus badius* (Maronenröhrling)\***

Hans-Peter Neukom und Erwin Gisler  
Kantonales Laboratorium, Postfach CH-8030 Zürich, Schweiz

### **Zusammenfassung**

Um die Cäsium-Aktivität in frischen, getrockneten oder tiefgefrorenen Pilzen (*X. badius*) zu reduzieren, wurde versucht, das Cäsium mit Wasser oder Kochsalzlösung, bei Raumtemperatur und Kochtemperatur zu extrahieren. Die Versuche haben gezeigt, dass bei Pilzen, bei denen das Zellgewebe, z. B. durch Zerkleinern, Tiefgefrieren oder Trocknen beschädigt wurde, eine erhebliche Cäsium-Reduktion eintrat.

---

\*Siehe auch Zeitschrift «Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie» (im Druck)

## Einleitung

Die Frage nach der Kontamination von Lebensmitteln mit Radionukliden und dem damit verbundenen Risiko für den Konsumenten hat nach dem Reaktorunglück von Tschernobyl am 24.4.1986 wieder stark an Aktualität gewonnen (14). Von besonderer Bedeutung im Zusammenhang mit Lebensmitteln sind die Cäsiumisotope Cs-137 (Halbwertszeit 30 Jahre), Cs-134 (2 Jahre) und die Strontiumisotope Sr-90 (29 Jahre) und Sr-89 (50 Tage). Während sich das Strontium (als reiner Betastrahler) nur mit viel Aufwand nachweisen lässt (8, 12), kann die Cäsiumaktivität relativ einfach gammaspektrometrisch erfasst werden.

Bei Untersuchungen von Pilzen auf Radioaktivität ist schon zur Zeit der Kernwaffentests, insbesondere aber nach dem Störfall von Tschernobyl, wiederholt beobachtet worden, dass gewisse Pilze (artspezifisch) eine auffallend hohe Cäsiumaktivität aufwiesen (2, 3, 7, 10, 11). Radioaktives Cäsium kann über das Pilzmycel aus dem Boden aufgenommen werden, wo es nach dem Ausfall über Jahre, adsorbiert an Tonmineralien oder Humus (2, 5), zurückgehalten wird.

Überdurchschnittlich hohe Cs-Anreicherungen wurden vor allem bei *X. badius* (Maronenröhrling), einem beliebten Speisepilz gefunden. Entsprechend gross war natürlich die Verunsicherung bei vielen Sammlern und Liebhabern dieser Pilze.

Es schien daher angebracht, nach Möglichkeiten zu suchen, die Radioaktivität der Pilze vor deren Konsumation zu reduzieren. Cs<sup>+</sup>-Ionen dürften wie K<sup>+</sup>- und Na<sup>+</sup>-Ionen vor allem in gelöster Form in der Zellflüssigkeit vorkommen (11). Nach einer neueren Arbeit von Dr. C. Aumann et al. (1) soll Cäsium aber auch als Komplex mit den Hutfarbstoffen Badion und Norbadion im Pilzhuthautgewebe von *X. badius* angereichert sein.

Als einfachste Möglichkeit, die Cs-Aktivität der Pilze zu verringern, erschien eine Extraktion mit Wasser oder Salzlösung. Im folgenden wurde daher versucht, sowohl frische als auch tiefgefrorene und getrocknete Pilzproben unter verschiedenen Bedingungen zu extrahieren. Durch Messung der Cs-Aktivität in den Pilzproben und den Extrakten konnte die Aktivitätsabnahme verfolgt werden.

## Material und Methoden

### Pilzproben

- *Xerocomus badius* (Maronenröhrlinge), frisch: etwa 2 kg Pilzproben im Oktober 1990 aus der Umgebung von Zürich gesammelt und am nächsten Tag untersucht.
- *X. badius*, getrocknet (Polen): etwa 0,5 kg Handelsware, polnischer Provenienz.
- *X. badius*, getrocknet (Böhmerwald): etwa 0,5 kg Privatprobe aus dem Böhmerwald, gesammelt 1989.
- *X. badius*, tiefgefroren: etwa 1 kg Handelsware polnischer Provenienz.

### Messgerät

Die Messungen wurden auf einem computergesteuerten Gamma-Spektrometer mit Germanium-Detektor durchgeführt.

### Messunsicherheit

±25%

### Messeinheit

1 Becquerel (Bq) = 1 Zerfall / s ~ 27 2.703 · 10<sup>-11</sup> Curie (Ci)

### Extraktion

Frische und tiefgefrorene Pilze wurden vorsichtig vom grössten Schmutz befreit und geviertelt. Die Pilzstücke wurden dann in zweckmässige Probemengen von 40 bis 300 g aufgeteilt. Von jeder Probe wurde die Aktivität von Cs-137 und Cs-134 gemessen. Die verschiedenen Pilzproben wurden in einem Becherglas während unterschiedlichen Zeiten, in Trinkwasser oder 0,5%iger Kochsalzlösung (NaCl-Lösung), bei Raumtemperatur oder Kochtemperatur, einge-

legt und anschliessend durch ein Sieb (1,5 mm Maschenweite) abgetropft. Zum Schluss wurde die Cs-Aktivität der behandelten Pilzproben sowie auch der Extrakte (zur Kontrolle der Aktivitätsbilanz) gemessen.

Um eine mögliche Anreicherung des Cäsiums in der Pilzhuthaut (1) zu prüfen, wurde in einer weiteren Versuchsserie an frischen *X. badius* die Epicutis vom übrigen Pilzkörper getrennt. Dazu wurde mit einem Messer sorgfältig eine etwa 1 bis 2 mm dicke Schicht abgeschält (ca. 10% der gesamten Pilzmasse). Die so erhaltenen Proben wurden ebenfalls gammaspektrometrisch erfasst.

## Resultate und Diskussion

Zuerst wurden die Pilzproben auf ihre Cs-Aktivität hin untersucht und für die folgenden Experimente diejenigen ausgewählt, die eine erhöhte Aktivität aufwiesen oder im Bereich des Toleranzwertes (600Bq/kg) lagen (**Tabelle 1**). Es ist zu beachten, dass sich die ersten 3 Werte auf Frischgewicht beziehen (ca. 10% Trockensubstanz), die 2 letzten Werte auf Trockensubstanz. Die Verteilung der Cs-Aktivität zwischen Pilzhaut und übrigem Pilzkörper ist in **Tabelle 2** angegeben. Sie zeigt, dass im Gegensatz zur Arbeit von D. C. Aumann et al. (1) keine signifikante Cs-Anreicherung in der Huthaut beobachtet wurde. Wiederholte Versuche bestätigten dieses Resultat. Eine mechanische Trennung der Epicutis von frischen *X. badius*, führt demnach zu keiner nennenswerten Aktivitätsabnahme.

Deshalb wurde zunächst versucht, durch Extraktion der frischen Pilze, mit Wasser oder 0,5%iger NaCl-Lösung, bei Raumtemperatur und Kochtemperatur, die Cs-Radioaktivität zu verringern. Nach **Tabelle 3** findet beim Einlegen bei Raumtemperatur nur eine geringe Aktivitätsabnahme statt, die bei Extraktion mit kochendem Wasser etwas grösser ist. Auch mit 0,5%iger NaCl-Lösung wurden keine besseren Resultate erzielt. Offensichtlich lässt sich aus intaktem Pilzgewebe mit seiner lipophilen Gelschicht (4) auf der Pilzoberfläche, das Cäsium nur in geringem Masse extrahieren. Deshalb wurden die nächsten Versuche mit Pilzproben durchgeführt, bei denen das Zellgewebe teilweise oder ganz beschädigt war. Dies wurde erreicht durch Tiefgefrieren oder Trocknen. Erwartungsgemäss konnte bei tiefgefrorenen *X. badius*, sowohl bei Raumtemperatur als auch mit siedendem Wasser und NaCl-Lösung, eine deutliche Steigerung der extrahierten Cäsiummenge festgestellt werden (**Tabelle 4**). Eine Beschädigung des Zellgewebes kann auch durch mechanische Zerkleinerung der Pilze erfolgen (6, 9, 13).

Die Werte in **Tabellen 5 und 6** zeigen, dass auch mit getrockneten *X. badius* durch einmalige und vorallem wiederholte Extraktion mit Wasser bei Raumtemperatur, die Cs-Konzentration stark vermindert werden kann. Bei dreimaligem Einlegen von 50 g während je  $\frac{1}{2}$  Std. in je 0,5 l Wasser, kann die Konzentration von Cäsium in getrockneten Pilzen um mindestens 95% gesenkt werden. Bereits bei einmaligem Einlegen in 0,5 l Wasser oder 0,5%iger NaCl-Lösung, während  $\frac{1}{2}$  bis 3 Std. bei 20 °C, wird eine Radioaktivitätsreduktion um etwa zwei Drittel erreicht. Ein ähnliches Resultat konnte auch durch ein 15minütiges Kochen der Pilze mit Wasser oder Salzlösung erzielt werden. Wird die Menge der Extraktionslösung auf 2 l erhöht, kann eine noch höhere Aktivitätsreduktion erreicht werden (**Tabelle 6**). Die Behandlung mit 0,5%iger Kochsalzlösung an Stelle von Trinkwasser ergab keine signifikanten Unterschiede.

## Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Extraktionsmethode zur Verringerung der Radioaktivität nur bei vorgängiger Beschädigung des Pilzzellgewebes zum Erfolg führt. Bei frischen Pilzen kann die Beschädigung durch Zerkleinern und Kochen erfolgen, bei tiefgefrorenen und getrockneten Pilzen genügt die durch die Konservierungsmethode eintretende Beschädigung des Pilzzellgewebes. In der Pilzhuthaut von *X. badius* konnte keine Anreicherung der Cäsiumisotope (Cs-134 und Cs-137) festgestellt werden.

Beim Einlegen der Pilze in Wasser oder beim Kochen werden auch Aroma- und Nährstoffe herausgelöst, was zu einer Verminderung der sensorischen Qualität führt.

Vorschläge zur Reduktion der Radioaktivität von Cäsium in Speisepilzen.

- *Frische Pilze*: ungefähr 500 g möglichst klein schneiden und während 15 Minuten in ca. 2 l Wasser abkochen (Abnahme der Cs-Aktivität mindestens  $\frac{2}{3}$ ). Das Einlegen von frischen Pilzen in Wasser eignet sich aus praktischen Gründen nicht (Pilzstücke tauchen nur schlecht ins Wasser ein).
- *Tiefgefrorene Pilze*: etwa 500 g zerkleinern und ebenfalls in mindestens 2 l Wasser während 15 Minuten abkochen oder während mindestens 2 Std. bei Raumtemperatur einlegen. Wasser weggießen! (Aktivitätsabnahme ca.  $\frac{2}{3}$ ).
- *in Scheiben geschnittene, getrocknete Pilze*: etwa 50 g zweimal  $\frac{1}{2}$  Std. in mindestens je 2 l Wasser bei Raumtemperatur einlegen. Waschwasser wegschütten! (Aktivitätsabnahme etwa 90%).

Im weiteren bleibt es dem Pilzkonsumenten überlassen, wie weit er die Cs-Radioaktivität in Pilzen senken will, ohne eine allzugrosse Beeinträchtigung des Geschmacks in Kauf nehmen zu müssen.

## Literatur

- 1 AUMANN, D.C., CLOOTH, G., STEFFAN, B. und STEGLICH, W. Komplexierung von Cäsium-137 durch die Hutfarbstoffe des Maronenröhrlings (*Xerocomus badius*). *Angewandte Chemie*, **101**, 495–496 (1989)
- 2 BERRECK, M. und HASELWANDTER, K. Belastung wildgewachsener Pilze durch Cs-137 und Cs-134. *Österreichische Forstzeitung*, **8**, 57–60 (1989)
- 3 DIETEL, G. und BREITIG, D. Radioaktives Cäsium in Pilzen aus dem Raum Schwäbisch Gmünd. *Zeitschrift für Mykologie*, **54**, 109–112 (1989)
- 4 FOSTER, R.C. and MARTIN J.K. In Situ Analysis of Soil Components of Biological Origin. In: *Soil Biochemistry*, Vol. 5. PAUL, E.A. and LAAD, J.N. (Eds.), New York: M. Dekker-Verlag, pp. 75–111 (1981)
- 5 GRÜTTER, A., VON GUNTEN, H.R., KOHLER, M. and RÖSSLER, E. Sorption, Desorption and Exchange of Cesium on Glaciofluvial Deposits. *Radiochimica Acta*, **50**, 177–184 (1990)
- 6 GRÜTTER, H. Verhalten einheimischer Pilzarten gegenüber dem Spaltprodukt Cs-137. *Zeitschrift für Lebensmittel, Untersuchung und Forschung*, **134**, 173–179 (1967)
- 7 HASELWANDTER, K. Accumulation of the Radioactive Nuclide Cs-137 in Fruitbodies of Basidiomycetes. *Health Physics*, **34**, 713–715 (1978)
- 8 HERMANN, A., STÖCKLI, M. und SCHÜPBACH, M.R. Die Analyse von Sr-90 in Lebensmitteln via Y-90-Messung. In: *Radioaktivitätsmessungen in der Schweiz nach Tschernobyl und ihre Wissenschaftliche Interpretation*. Tagungsbericht, Band I. ANDRE, L., BORN, E.J. und FISCHER, G. (Eds.), Bern: Bundesamt für Gesundheitswesen, pp. 525–527 (1986)
- 9 ROHLEDER, K. Über die radioaktive Dekontamination von Speisepilzen durch Blanchieren. *Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung*, **52**, 64–66 (1967)
- 10 RÜCKERT, G. und DIEHL, J.F. Anreicherung von Cäsium-137 und Cäsium-134 in 34 Pilzarten nach dem Reaktorunglück von Tschernobyl. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, **185**, 91–97 (1987)
- 11 SEEGER, R. Zur Frage der Cäsium- und Strontiumaufnahme in Pilzen. Auswirkungen des Reaktorunfalls von Tschernobyl. In: *Arbeitsgemeinschaft Mykologie Ostwürttemberg (Ed.), Beiträge zur Kenntnis der Pilze Mitteleuropas III (Festschrift)*. Schwäbisch Gmünd: Einhorn-Verlag, pp. 289–298 (1987)
- 12 SEEGER, R., ORTH, H. und SCHWEINSHAUT, P. Strontiumvorkommen in Pilzen. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, **174**, 381–389 (1982)
- 13 STEGER, U., BURGER, A., ZIEGLER, W. und WALLNÖFER, P.R. Verteilung von Cs-134 und Cs-137 bei der küchentechnischen Verarbeitung verschiedener Lebensmittel. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, **83**, 85–88 (1987)
- 14 ZIMMERLI, B. und BOSSHARD, E. Strahlenexposition durch Radionuklide in Lebensmittel. *Mitteilungen aus dem Gebiet der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene*, **80**, 387–404 (1989)

Tabelle 1 / Table 1

Gesamtaktivität von Cs-134 und Cs-137 in frischen (F), tiefgefrorenen (T) und getrockneten (G) *X. badius* / Radioactivité globale de Cs-134 et de Cs-137 de *X. badius* frais (F), congelés (T) et séchés (G).

Pilzprobe / Échantillon	Herkunft / Provenance	Probemenge total (g) / Poids total examiné (g)	Cs-Aktivität / Radioactivité (Bq/kg)
F	Umgebung Zürich/ Environs de Zurich	1200	500
F	idem	300	550
T	Polen / Pologne	1000	680
G	Polen / Pologne	500	10000
G	Böhmerwald / Forêt de Bohême	500	16000

Tabelle 2 / Table 2

Verteilung der Cs-Aktivität in Huthaut (H) und Pilzkörper (P) von frischen *X. badius* bei 2 Versuchsproben / Répartition de la radioactivité dans la cuticule (H) et dans le reste du carpophore (P) sur deux échantillons

Pilzprobe / Échantillon	Pilzteil / Partie	Einwaage (% Anteil) / Poids respectifs (%)	Cs-Aktivitätsanteil / Répartition radioact.
1	H	27 g (10 %)	12 %
	P	243 g (90 %)	88 %
2	H	32 g (11 %)	11 %
	P	258 g (89 %)	89 %

Tabelle 3 / Table 3

Abnahme der Cs-Aktivität in frischen *X. badius* (geviertelt) durch Extraktion mit Wasser und 0.5%-iger NaCl-Lösung / Diminution de radioactivité de Bolets bais frais coupés en quatre, trempés dans l'eau et dans une solution d'eau salée à 0.5 %

Einwaage / Poids échant.	Extraktionsbedingungen / Conditions d'extraction	Temp.	rel. Cs-Restaktivität in Pilzprobe / Radioactivité résiduelle des carpophores
300 g	2 Std. Einlegen in 1.5 l Wasser 2 h trempage dans 1.5 l d'eau	20°C	71 %
300 g	2 Std. Einlegen in 1.5 l NaCl Lös. 2 h trempage dans 1.5 l eau salée	20°C	85 %
300 g	5 Min. Kochen in 1.5 l Wasser cuisson 5 min dans 1.5 l d'eau	100°C	66 %
300 g	5 Min. Kochen in 1.5 l NaCl Lösung cuisson 5 min ds 1.5 l eau salée	100°C	67 %

Tabelle 4 / Table 4

Abnahme der Cs-Aktivität in tiefgefrorenen *X. badius* durch Extraktion mit Wasser und 0.5%-iger NaCl Lösung / Diminution de radioactivité de Bolets bais congelés dans l'eau et dans une solution salée à 0.5 %

Einwaage / Poids éch.	Extraktionsbedingungen / Conditions d'extraction		Temp.	rel. Cs-Restaktivität in Pilzprobe / Radioactivité résiduelle des carpophores
	Dauer/durée	in/dans		
140 g	3 Std./3 h	0.5 l Wasser/eau	20 °C	32 %
140 g	3 Std./3 h	0.5 l NaCl-Lös./sol.	20 °C	29 %
140 g	1 Min./min	0.5 l Wasser/eau	100 °C	71 %
140 g	1 Min./min	0.5 l NaCl-Lös./sol.	100 °C	59 %
140 g	5 Min./min	0.5 l NaCl-Lös./sol.	100 °C	44 %
140 g	15 Min./min	0.5 l NaCl-Lös./sol.	100 °C	28 %

Tabelle 5 / Table 5

Abnahme der Cs-Aktivität in getrockneten *X. badius* (Polen) durch einmalige und wiederholte Extraktion mit Wasser und 0.5%-iger NaCl-Lösung / Diminution de radioactivité chez *X. badius* séchés par extraction (1 fois et plus) dans l'eau et dans une solution d'eau salée à 0.5 %

Einwaage / Poids éch.	Extraktionsbedingungen / Conditions d'extraction		Temp.	rel. Cs-Restaktivität in Pilzprobe / Radioactivité résiduelle des carpophores
	Dauer/durée	in/dans		
50 g	3 Std./3 h	0.5 l Wasser/eau	20 °C	35 %
50 g	3 Std./3 h	0.5 l NaCl-Lös./sol.	20 °C	35 %
50 g	1 Min./min	0.5 l NaCl-Lös./sol.	100 °C	51 %
50 g	5 Min./min	0.5 l NaCl-Lös./sol.	100 °C	42 %
50 g	15 Min./min	0.5 l NaCl-Lös./sol.	100 °C	41 %
50 g	15 Min./min.	0.5 l Wasser/eau	100 °C	35 %
50 g	4x½Std./½ h	0.5 l Wasser/eau	20 °C	38%, 15%, 5%, 2%
50 g	4x1Std./1 h	0.5 l Wasser/eau	20 °C	34%, 11%, 4%, 1%
50 g	3x1Std./1 h	2 l Wasser/eau	20 °C	22%, 5%, 1%

Tabelle 6 / Table 6

Abnahme der Cs-Aktivität in getrockneten *X. badius* (Böhmerwald) durch wiederholte Extraktion mit Wasser / Diminution de radioactivité de Bolets bais séchés (Forêt de Bohême) par extraction répétée dans l'eau

Einwaage / Poids éch.	Extraktionsbedingungen / Conditions d'extraction		Temp.	rel. Cs-Restaktivität in Pilzprobe / Radioactivité résiduelle des carpophores
	Dauer/durée	in/dans		
40 g	3x½Std./½ h	2 l Wasser/eau	20 °C	31%, 7%, 2%
40 g	3x1Std./1 h	2 l Wasser/eau	20 °C	15%, 3%, <1%
40 g	3x2Std./2 h	2 l Wasser/eau	20 °C	11%, 2%, <1%

# Décontamination de champignons radioactifs (Césium 134 et 137): exemple du Bolet bai (*Xerocomus badius*)

## Résumé

Afin de réduire le taux de radioactivité sur des champignons frais, séchés ou congelés (*X. badius*), les auteurs ont cherché à en extraire le césium (Cs) dans l'eau ou dans une solution salée, à température ambiante et à température de cuisson. Les essais ont montré qu'une notable réduction du césium est obtenue lorsqu'on endommage le tissu cellulaire par fragmentation, par congélation ou par séchage.

## Introduction

Le problème de la contamination d'aliments par des radionucléides et des risques encourus par les consommateurs est redevenu de brûlante actualité après la catastrophe de Tchernobyl, le 24 avril 1986 [14]. Les corps radioactifs les plus significatifs au niveau des aliments sont les deux isotopes Cs-137 (rayonnement 50% après 30 ans) et Cs-134 (2 ans) ainsi que les deux isotopes de strontium, Sr-90 (29 ans) et Sr-89 (50 jours). La mise en évidence du rayonnement «bêta» du strontium exige des techniques compliquées [8, 12]; par contre le rayonnement «gamma» du césium peut se mesurer assez facilement au spectromètre.

On a déjà constaté lors d'essais d'armes nucléaires, mais en particulier après l'accident de Tchernobyl, que certaines espèces de champignons montraient une concentration remarquablement élevée en césium [2, 3, 7, 10, 11]. Le mycélium puise le césium radioactif dans le sol où, après les retombées radioactives, il est retenu des années durant dans les composés minéraux de la terre ou dans l'humus [2, 5].

On a constaté un enrichissement en Cs au-dessus de la moyenne surtout chez le Bolet bai, un comestible apprécié, ce qui n'a pas manqué d'inquiéter de nombreux mycophages. Il semblait par conséquent utile d'essayer de réduire le taux de radioactivité de ces champignons avant de les consommer. Les ions  $Cs^{+/-}$ , comme les ions  $K^{+/-}$  et  $Na^{+/-}$  devraient être présents avant tout en solution dans le protoplasme cellulaire [11]. Selon des travaux récents de D.C. AUMANN & al. [1], la cuticule de *X. badius* serait aussi enrichie en Cs, sous la forme d'une combinaison avec les pigments badion et norbadion.

La méthode la plus simple pour diminuer la radioactivité des champignons se révéla être une extraction de Cs dans l'eau ou dans une solution salée. Nous avons donc cherché à extraire le césium dans des conditions différentes aussi bien sur des échantillons frais que sur des carpophores congelés ou séchés. Les mesures de la radioactivité sur les échantillons et sur les extraits ont permis de chiffrer les résultats obtenus.

## Matériel et méthodes

### Echantillons de champignons:

- *X. badius* frais: env. 2 kg, récoltés en octobre 1990 aux environs de Zurich et traités le lendemain.
- *X. badius* séchés: env. 0,5 kg, dans le commerce, provenant de Pologne.
- *X. badius* séchés: env. 0,5 kg, récolte privée en 1989 en forêt de Bohême.
- *X. badius* congelés: env. 1 kg, dans le commerce, provenant de Pologne.

### Instrument de mesure

Les mesures de radioactivité ont été faites par spectromètre gamma couplé sur ordinateur, avec détecteur au germanium.

### Incertitude

±25%.

### Unité de mesure

1 Becquerel (Bq) = 1 fission / sec  $\sim 2.703 \cdot 10^{-11}$  Curie (Ci)



### Extraction

Les carpophores frais et les carpophores congelés ont été soigneusement nettoyés et coupés en quatre. Ces morceaux ont été répartis en échantillons de 40 à 300 g. On a mesuré pour chacun d'eux la radioactivité de Cs-137 et de Cs-134. Les différents échantillons ont été mis dans un Becher, avec de l'eau potable ou avec une solution d'eau salée (NaCl) à 0,5%, à température ambiante ou à température de cuisson. Suit un égouttage au tamis (maille de 1,5 mm). Enfin on a mesuré la radioactivité des échantillons traités, ainsi que celle des filtrats, de façon à contrôler le bilan radioactif.

Pour vérifier un possible enrichissement de radioactivité de la cuticule [1] on a procédé à une série d'essais sur des exemplaires frais de *X. badius*: on a pelé soigneusement une couche d'environ 1 à 2 mm d'épaisseur (env. 10% de la masse totale). Ces échantillons ont aussi été observés au spectromètre gamma.

### Résultats et discussion

On a d'abord mesuré la radioactivité des échantillons; puis, pour les expériences suivantes, on a choisi ceux dont la radioactivité était élevée ou se situait dans le voisinage du seuil de tolérance de 600 Bq/kg (**Table 1**). Les trois premières valeurs sont rapportées au poids frais (env. 10% de la matière sèche), et les deux dernières sont rapportées au poids sec.

La **Table 2** montre la répartition de la radioactivité sur la cuticule et sur le reste des carpophores. Elle démontre que, contrairement aux travaux de D. C. Aumann & al. [1], nous n'avons pas observé un enrichissement significatif en Cs<sup>+/-</sup> dans la cuticule. Nos essais répétés ont conduit au même résultat. Par conséquent, un pelage des chapeaux de Bolets bais frais n'entraîne aucune diminution significative de radioactivité.

Dans l'expérimentation suivante, les carpophores ont été coupés en quatre et plongés soit dans de l'eau soit dans une solution de NaCl à 0,5%, à température ambiante et à température de cuisson. On voit dans la **Table 3** qu'à température ambiante la diminution de radioactivité est faible, un peu plus élevée dans l'eau bouillante. Les résultats ne sont pas meilleurs dans l'eau salée. C'est évidemment en raison de la présence d'une couche superficielle de gel lipophile [4] que le césium ne peut être extrait qu'en quantité réduite des carpophores non dilacérés. C'est pourquoi, dans les expériences suivantes, on a cherché à endommager les tissus, totalement ou en partie, soit par congélation soit par dessiccation. En traitant *X. badius* sous forme congelée, on a constaté une augmentation significative du césium extrait dans les filtrats, aussi bien en température ambiante que dans l'eau bouillante et dans une solution de NaCl (**Table 4**). On peut aussi endommager les tissus par découpage mécanique des carpophores en petits morceaux [6, 9, 13].

Les valeurs citées dans les **Tables 5 et 6** montrent que pour des Bolets bais séchés, la concentration en césium peut fortement diminuer par extraction dans l'eau à température ambiante, surtout si le processus est répété. En trempant trois fois de suite 50 g de champignons, chaque fois dans un demi litre d'eau pendant une demi heure, on peut abaisser la concentration en césium d'au moins 95%. En ne trempant qu'une fois les Bolets secs dans un demi litre d'eau ou dans une solution salée à 0,5% pendant 30 min à 3 h, à 20 °C, l'activité radioactive est réduite d'environ deux tiers. Nous avons obtenu un résultat analogue par une cuisson des champignons pendant 15 minutes dans l'eau ou dans l'eau salée. En augmentant à 2 litres la solution d'extraction, la diminution de radioactivité est encore améliorée (**Table 6**). Le traitement à l'eau salée en lieu et place de simple eau potable n'a pas donné de différences significatives.

### Conclusions

La méthode d'extraction préconisée pour diminuer la radioactivité des Bolets bais n'est couronnée de succès que si l'on endommage d'abord le tissu fongique. Pour les champignons frais, il suffit de les débiter en petits morceaux; la congélation et la dessiccation dilacèrent suffisamment les structures pour que la méthode soit efficace. Nous n'avons pas pu mettre en évidence une concentration accrue en Cs-134 et en Cs-137 dans la cuticule.

Par trempage et par cuisson on extrait, en même temps que le césium, des composants nutritifs et aromatiques, ce qui réduit d'autant les qualités organoleptiques. Nous donnons aux mycophages qui veulent réduire l'activité radioactive des champignons les conseils suivants:

*Champignons frais:* découper en très petits morceaux environ 500 g de carpophores et les cuire durant 15 minutes dans au moins 2 l d'eau (réduction d'environ  $\frac{2}{3}$  de la radioactivité). Jeter l'eau! Le simple trempage dans l'eau à température ambiante ne convient pas.

*Champignons surgelés:* découper environ 500 g de carpophores en morceaux, les cuire 15 minutes dans au moins 2 l d'eau, ou bien les y tremper au moins pendant 2 h à température ambiante (réduction d'environ  $\frac{2}{3}$  de la radioactivité). Jeter l'eau!

*Champignons secs, coupés en tranches:* tremper environ 50 g de champignons séchés dans au moins 2 l d'eau, pendant 30 minutes; jeter l'eau; répéter l'opération; jeter l'eau. (Réduction de la radioactivité d'environ 90%).

Pour le surplus il appartient à chaque consommateur d'évaluer la diminution de radioactivité due au césium qu'il veut obtenir sans trop porter préjudice aux qualités gustatives des champignons.

H. P. Neukomm & E. Gisler, Laboratoire cantonal, Case postale, CH-8030 Zürich

(trad.: F. Brunelli)

Littérature: voir à la fin du texte original en allemand.

## Einführung in die Pilzkunde

### Xanders sechszwanzigster Pilzbrief

Lieber Jörg,

recht hast Du! Der Pilz, den Du mir letzte Woche zugesandt hast, ist ohne jeden Zweifel ein Anistrichterling (*Clitocybe odora*). Grosse Mühe ihn zu bestimmen, wirst Du kaum gehabt haben, ist er doch gut gekennzeichnet, einmal durch seine grüne Farbe und zum andern durch den Anisgeruch, der ihm natürlich zu seinem Namen verholfen hat. Diese Gelegenheit benütze ich deshalb gerade, Dir ein paar Zeilen zu schreiben über

### Die Pilzgerüche

Der «Vater der Mykologie» – so bezeichnet man etwa den schwedischen Gelehrten Elias Fries, der von 1794 bis 1878 lebte – hat bei seinen Pilzbeschreibungen den Geruch eines Pilzes überhaupt nie erwähnt. Diese erstaunliche Auslassung wird nur verständlich, wenn man weiss, dass Fries sehr stark Tabak schnupfte und dabei seine Geruchsnerve nach und nach ruinierte. Im Gegensatz zu Fries haben dann aber spätere Naturwissenschaftler wie die Franzosen Quélet, Patouillard und René Maire die Geruchsmerkmale der Pilze gewertet und auch als wichtige Kennzeichen gebührend hervorgehoben. Roger Heim – auch er Franzose – hat darauf versucht, die Gerüche der Pilze zu klassifizieren. Er unterscheidet vier Arten von Gerüchen:

1. blumig-fruchtige Gerüche; sie sind immer angenehm und mild
2. würzige Gerüche; sie sind ausgeprägt und oft sehr intensiv
3. faulige Gerüche (stinkig, unangenehm und häufig auch sehr auffällig)
4. spezifische Gerüche.

Bevor ich auf Einzelheiten eingehe und einige Beispiele erwähne, müssen allerdings noch einige Dinge klargestellt werden.

– In den meisten Fällen ist der Geruch eines Pilzes am ausgeprägtesten in den Lamellen, bzw. den Röhren. Sicher hast Du auch schon beobachtet, wie ein Pilzkenner einen Fruchtkörper umdreht, ihn in die hohlen Hände nimmt und dann die Lamellen oder die Stielspitze leicht beschnuppert.