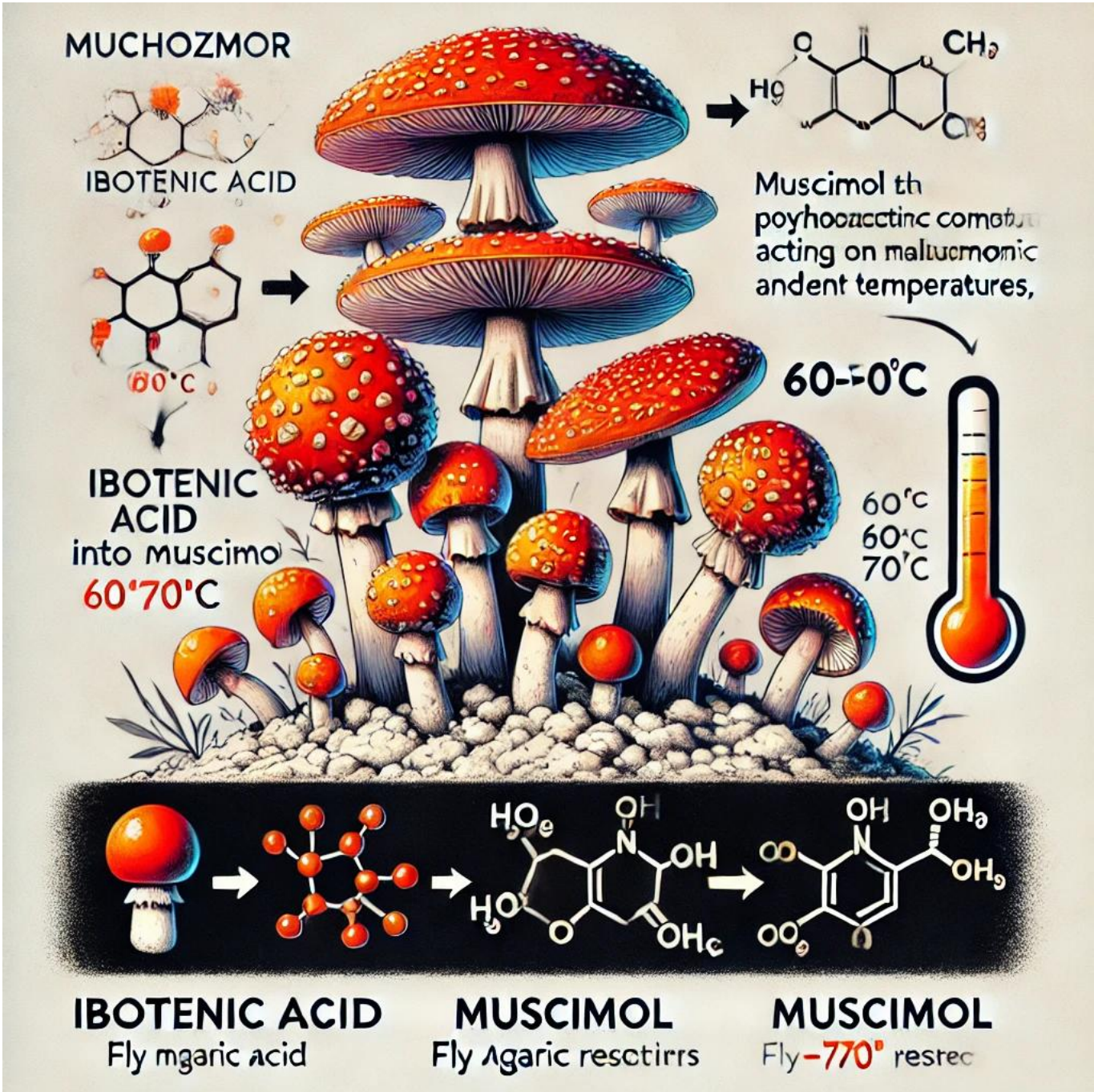
W 1993 roku zespół japońskich naukowców: Koujun Tsunoda, Noriko Inoue, Yasuo Aoyagi i Tatsuyuki Sugahara, opublikował badania dotyczące zmian zawartości kwasu ibotenowego i muscymolu w muchomorze czerwonym (*Amanita muscaria*) podczas suszenia, przechowywania i gotowania. Ich praca, zatytułowana „Change in Ibotenic Acid and Muscimol Contents in *Amanita muscaria* during Drying, Storing or Cooking", ukazała się w czasopiśmie *Food Hygiene and Safety Science* (Vol. 34, No. 2, 1993, s. 153-160).



Główne ustalenia badania:

- **Dekarboksylacja kwasu ibotenowego:** Podczas suszenia muchomora czerwonego na słońcu lub przy użyciu grzejnika, kwas ibotenowy ulegał dekarboksylacji do muscymolu. Chociaż poziom muscymolu wzrastał, znaczna część kwasu ibotenowego

była tracona w procesie. Sugeruje to, że takie przetwarzanie może zwiększać toksyczność grzyba ze względu na wyższą zawartość muscymolu.
- **Stabilność podczas przechowywania:** Zarówno kwas ibotenowy, jak i muscymol pozostawały stabilne podczas przechowywania w suchych warunkach lub w solance, co oznacza, że toksyczność grzyba nie zmniejszała się z czasem w takich warunkach.
- **Wpływ gotowania:** Podczas gotowania, zwłaszcza w warunkach kwaśnych, obserwowano wzrost stężenia muscymolu i spadek kwasu ibotenowego. Jednak standardowe metody gotowania (do 10 minut) nie redukowały znacząco zawartości tych toksycznych substancji.
- **Ekstrakcja wodna:** Gotowanie lub moczenie muchomora czerwonego w wodzie powodowało szybkie uwalnianie zarówno kwasu ibotenowego, jak i muscymolu do wody, co sugeruje, że taka metoda może być skuteczna w redukcji toksyczności grzyba przed spożyciem.

Badania z 1993 roku autorstwa Tsunoda, Inoue, Aoyagi i Sugahara dostarczają kompleksowych informacji na temat przemian chemicznych w muchomorze czerwonym (*Amanita muscaria*), szczególnie dotyczących jego dwóch głównych związków aktywnych: kwasu ibotenowego i muscymolu. Przyjrzyjmy się szczegółom:

---

1. Kontekst badania

Muchomor czerwony od wieków jest stosowany w celach rytualnych i terapeutycznych, jednak jego toksyczność, związana z obecnością kwasu ibotenowego i muscymolu, budzi obawy. Celem badania było określenie, jak różne metody przetwarzania (suszenie, gotowanie, przechowywanie) wpływają na zawartość tych związków i potencjalne ryzyko toksykologiczne.

---

2. Główne wyniki

a) Suszenie:

- **Proces:** Grzyby suszono na słońcu, w cieniu oraz przy użyciu grzejnika.
- **Wpływ na związki chemiczne:**
  - Kwas ibotenowy ulegał dekarboksylacji do muscymolu, co powodowało wzrost stężenia muscymolu w suszonych grzybach.

    - Część kwasu ibotenowego była tracona, prawdopodobnie poprzez ulatnianie lub rozkład.
- **Wnioski:** Suszenie zwiększa psychoaktywność muchomora czerwonego przez wzrost zawartości muscymolu, ale może także zwiększać ryzyko niepożądanych efektów neurologicznych.

---

b) Przechowywanie:

- **Warunki testowe:**
    - Suchy materiał przechowywano w temperaturze pokojowej.
    - Grzyby przechowywano również w solance.
- **Wpływ:**
    - Związki chemiczne były stabilne w obu warunkach, nie wykazując znaczącego spadku stężenia nawet po dłuższym czasie.
- **Wnioski:** Przechowywanie w suchych warunkach lub w solance nie redukuje toksyczności grzyba, co sugeruje, że surowce te mogą zachować swoją potencjalną toksyczność przez długi czas.

---

c) Gotowanie:

- **Proces:** Grzyby gotowano w wodzie o różnym pH i czasie trwania.
- **Wpływ na toksyczność:**
    - Kwas ibotenowy ulegał przemianie w muscymol, szczególnie w środowisku kwaśnym (np. po dodaniu octu).
    - Całkowite stężenie toksyn w grzybie nie zmniejszało się znacząco w przypadku krótkiego gotowania (do 10 minut), ale większość toksyn przechodziła do wywaru.
- **Wnioski:** Gotowanie może redukować toksyczność grzyba, jeśli woda, w której był gotowany, zostanie odrzucona. Jednak efektywność tej metody zależy od czasu gotowania i objętości użytej wody.

---

d) Ekstrakcja wodna:

- **Proces:** Moczenie w wodzie w temperaturze pokojowej oraz podgrzewanie do umiarkowanych temperatur.
- **Wpływ:**
  - Oba związki (kwas ibotenowy i muscymol) były łatwo rozpuszczalne w wodzie.
  - Prolongowane moczenie lub wielokrotne wymiany wody znacznie zmniejszały ich zawartość w grzybie.
- **Wnioski:** Moczenie to skuteczna metoda redukcji toksyn, jednak nie eliminuje ich całkowicie.

---

3. Znaczenie wyników

- **Bezpieczeństwo konsumpcji:** Badanie dostarczyło ważnych wskazówek, jak przetwarzać *Amanita muscaria*, aby zmniejszyć toksyczność. Wskazano, że gotowanie i wylewanie wody to jedne z najskuteczniejszych metod.
- **Psychoaktywność:** Zwiększenie stężenia muscymolu poprzez suszenie lub gotowanie w kwaśnym środowisku wskazuje na ryzyko silniejszych efektów psychoaktywnych i neurologicznych.
- **Stabilność toksyn:** Stabilność związków w warunkach przechowywania sugeruje, że surowe lub nieprzetworzone grzyby mogą stanowić długoterminowe ryzyko toksykologiczne.

Badania Tsunody i zespołu z 1993 roku były kluczowe dla zrozumienia chemicznych przemian *Amanita muscaria* oraz sposobów minimalizowania toksyczności. Wyniki mają znaczenie zarówno dla etnofarmakologii, jak i dla potencjalnych zastosowań grzyba w kontrolowanych warunkach terapeutycznych. Wykazano, że temperatura ma kluczowe znaczenie dla przemiany kwasu ibotenowego w muscymol podczas procesów suszenia i gotowania. Oto szczegóły dotyczące wyników związanych z temperaturami:

---

1. Dekarboksylacja kwasu ibotenowego do muscymolu:

- Przemiana kwasu ibotenowego w muscymol zachodzi podczas **suszenia** lub

gotowania w wyższych temperaturach.
- **Optymalne warunki dekarboksylacji:**
  - **Temperatura:** Około **60–70°C** to najbardziej efektywny zakres temperatur dla przemiany kwasu ibotenowego w muscymol.
  - **Czas:** Dłuższe działanie temperatury w tym zakresie sprzyja pełniejszej konwersji.

---

2. Wpływ suszenia:

- **Temperatury poniżej 40°C:** Proces dekarboksylacji był powolny i nieefektywny, co prowadziło do zachowania większej ilości kwasu ibotenowego, a więc wyższej toksyczności grzyba.
- **Temperatury 60–70°C:** Zawartość muscymolu wzrastała, a ilość kwasu ibotenowego znacznie malała, co czyniło grzyb bardziej psychoaktywnym, ale potencjalnie mniej toksycznym w aspekcie objawów żołądkowo-jelitowych.
- **Temperatury powyżej 80°C:** Poziom muscymolu zaczynał spadać, prawdopodobnie z powodu degradacji termicznej tej substancji.

---

3. Wpływ gotowania:

- Gotowanie w wodzie (szczególnie w środowisku kwaśnym, np. z dodatkiem octu) przy temperaturze około 100°C Kwas ibotenowy ulegał przekształceniu w muscymol.

4. Największe stężenie muscymolu:

- **Temperatura:** Około **60–70°C** (suszenie lub gotowanie w tej temperaturze bez przekroczenia 80°C).
- **Czas:** Suszenie przez kilka godzin lub gotowanie przez dłuższy czas skutkowało największą koncentracją muscymolu w grzybie.

Podsumowanie:

Jeśli celem jest uzyskanie wyższego stężenia muscymolu (np. dla badań naukowych lub kontrolowanego zastosowania terapeutycznego), optymalne warunki to **60–70°C**. Wyższe

temperatury (>80°C) mogą prowadzić do degradacji muscymolu, a niższe (<40°C) pozostawiają znaczną ilość kwasu ibotenowego, co zwiększa toksyczność.