

KRYSPINA SMIERZCHALSKA, ELŻBIETA GUBRYNOWICZ  
*Instytut Warzywnictwa w Skierniewicach*

## STOSOWANIE PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO W PRZECHOWALNICTWIE PIECZAREK

Pieczarki stanowią produkt bardzo nietrwały, trudny do przechowywania i transportu.

Po ścięciu grzyby nadal rosną. W wyniku intensywnych procesów życiowych pogarsza się ich jakość; następuje otwieranie kapeluszy, wydłużanie trzonek, ciemnienie, utrata twardości, pogarsza się zapach i smak.

Pieczarki przechowywane w temperaturze 20°C bardzo szybko tracą cechy świeżości. Procesy wzrostu grzybów można zahamować przechowując je w obniżonych temperaturach.

W optymalnych warunkach składowania — temperaturze 2—4°C i wilgotności zabezpieczającej przed desykacją, można utrzymać świeżość grzybów w ciągu kilku dni.

Chłodnicze przechowywanie nastęrcza trudności wynikające z wytwarzania przez grzyby znacznych ilości ciepła, co przy dużej masie nie pozwala na szybkie schłodzenie i utrzymanie niskiej temperatury. Ilości ciepła wydzielane przez 1 tonę grzybów, w temperaturze 20°C w ciągu 24 godzin, wynoszą około 15 000 Kcal.

Wobec rosnącego stale zapotrzebowania na grzyby i rozwijanej produkcji, znaczenia nabiera opracowanie odpowiednich metod przechowywania, zapewniających zachowanie świeżości i pełnej wartości odżywczej.

Poza walorami smakowymi pieczarki mają również wartość dietetyczną. Przy małej zawartości tłuszczu (0,2%), zawierają około 5% białka o wysokiej przyswajalności (90%) oraz około 4% węglowodanów. Nie bez znaczenia są także witaminy (C — ok. 86 mg/kg, B<sub>2</sub> — 5 mg, B<sub>1</sub> — 1 mg) oraz sole mineralne [12].

W poszukiwaniu nowych sposobów utrzymywania świeżości pieczarek badano różne środki chemiczne [8]. Nie stwierdzono ich przydatności, a sama metoda nie rokuje nadziei.

W latach 1960 podjęto badania nad zastosowaniem promieniowania jonizującego do zahamowania procesów wzrostu i dojrzewania pieczarek i tym sposobem przedłużania okresu składowania. Prowadzono je w Ho-

landii [9, 11, 15, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 29], USA [2, 3, 5, 17, 26], na Węgrzech [4, 12, 13, 14] oraz w Czechosłowacji [10, 19].

Niniejsze opracowanie stanowi przegląd wyników badań laboratoryjnych nad wpływem promieniowania jonizującego na pieczarki, a także doświadczeń na dużą skalę, związanych z wprowadzaniem metody radiacyjnej do przechowywania grzybów, uwzględniających prawne, techniczne i ekonomiczne aspekty.

### *Wpływ promieniowania jonizującego na przedłużenie okresu składowania i jakość pieczarek*

Przedłużenie okresu składowania grzybów zależy od wielkości dawki promieniowania jonizującego, temperatury i wilgotności podczas składowania, rodzaju opakowania, stopnia dojrzałości grzybów, w jakim zostały zebrane oraz terminu ich napromieniowania (licząc od zbioru do wykonania zabiegu).

Badania nad wpływem promieniowania jonizującego na przedłużenie okresu składowania i jakość pieczarek rozpoczął w 1963 r. Staden [20]. Zastosował różne dawki, w granicach 0,5—2,5 kGy promieniowania elektronowego (1,5 i 3,0 MeV) oraz gamma. Ocenę stanu przechowywanych grzybów przeprowadzono na podstawie stopnia otwarcia kapeluszy. Już po 7 dniach przechowywania w temperaturze 10°C, wszystkie grzyby kombinacji kontrolnej (nienapromieniowane) miały otwarte kapelusze. Pieczarki napromieniowane dawką 1 i 2 kGy, w tym czasie miały kapelusze otwarte tylko w 3 i 2% (odpowiednio). Procent otwartych kapeluszy u grzybów potraktowanych dawką 2 kGy nie zwiększył się nawet po 12 dniach. Najbardziej efektywne było promieniowanie gamma, następnie — prawie równorzędne z nim — elektronowe o energii 3 MeV, a słabsze efekty dawały elektrony niżej energetyczne 1,5 MeV. Przy mniej przenikliwym promieniowaniu efekt wysokości dawki był wyraźny. Ze względu na większą przenikliwość, stosując promieniowanie gamma, można skrócić czas napromieniowania, uzyskując ten sam efekt.

Doświadczenia prowadzone w Uniwersytecie Stanowym w Michigan, nad wpływem promieniowania jonizującego na przedłużenie okresu składowania pieczarek, których wyniki podaje Markakis [17], potwierdzają celowość stosowania radiacyjnej metody. Po 12 dniach składowania w temperaturze 5°C grzyby napromieniowane dawkami 0,25, 0,50 lub 1,00 kGy miały kapelusze zamknięte lub tylko słabo otwarte. W badaniach, w których symulowano warunki transportu pieczarek na odległość 300 km w warunkach normalnych (bez chłodzenia) w temperaturze lipca,

napromieniowane grzyby nieco dłużej zachowywały kapelusze zamknięte niż nienapromieniowane.

Obszerne badania nad napromieniowaniem pieczarek prowadzone przez Langeraka [15] uwzględniały nie tylko wysokość dawek i warunki przechowywania, ale również wpływ opakowania — rodzaj pojemników i materiał, z którego były wykonane. Ten ostatni element jest ważny ze względu na utrzymanie właściwej wilgotności wewnątrz opakowania. Grzyby traktowano promieniowaniem gamma (Co-60) oraz wysokoenergetycznymi elektronami 3 MeV. Stosowano dawki 2—3 kGy. Badając różne warunki składowania po wykonaniu zabiegu, naśladowano również warunki, zbliżone do panujących podczas transportu i dystrybucji. Oznaczono następujące cechy: zabarwienie, wysychanie, wzrost i otwieranie się kapeluszy oraz wartość handlową. Wyniki tych badań, dotyczące wpływu wysokości dawki i warunków składowania na jakość, podano w tabeli.

Tabela

*Wpływ promieniowania jonizującego na długość okresu składowania pieczarek, wyrażonego ilością dni, w ciągu których zachowują jakość I [15]*

Dawka promieniowania	Temperatura składowania (po napromieniowaniu)		
	3—5°C	8—10°C	20°C
0 kGy	3	2	1
2 kGy (gamma)	10	7	5
3 kGy (elektrony 3 MeV)	10	7	5

Najbardziej odpowiednie opakowanie stanowiły 600 g pudełeczka, wyściełane wewnątrz papierem absorbującym wilgoć, a zewnątrz wodoszczelnym, przykryte wieczkiem z okienkiem z folii octanowo-celulozowej. Pieczarki zamknięte w takim opakowaniu, mogą być składowane po napromieniowaniu w normalnych warunkach bez stosowania obniżonej temperatury, która sprzyja dłuższemu utrzymaniu świeżości, ale z ekonomicznego punktu widzenia nie jest uzasadnione, gdyż zabieg napromieniowania ma zastąpić kosztowny sposób składowania w niskich temperaturach.

W doświadczeniach Salkovej i wsp. [19] oprócz wpływu promieniowania na okres przechowywania grzybów oznaczono również wpływ na mikroorganizmy i niektóre cechy fizjologiczne. Pieczarki rasy białej MS-13-6, napromieniowano w torebkach plastikowych różnymi dawkami. Najbardziej skuteczne były dawki 1,5—3,0 kGy.

W 1977 r. przeprowadzono w Czechosłowacji doświadczenia na szerzą skalę, napromieniowując 0,5 t. grzybów, które następnie trzymano w temperaturze 2°C. Zachowały one stan dobry do spożycia w ciągu 20 dni. Przy składowaniu w temperaturze 15° ich świeżość utrzymywała się do 7—14 dni, natomiast w temperaturze 24°C — wpływ napromieniowania nie uwidocznił się w porównaniu z kombinacją kontrolną. Psucie się grzybów następowało bardzo szybko.

Straty wagowe grzybów napromieniowanych, po 7-dniowym okresie składowania w temperaturze 8°C i 80—100% wilgotności względnej, wynosiły 1,5—3,0%, a nienapromieniowanych 5%. Przy wilgotności niższej niż 80% straty wagowe były znacznie większe.

Zarodniki grzybów *Mycoflora pernicioso Magnus* i *Verticillium malthausei Ware*, którymi sztucznie zakażano grzyby, nie rozwijały się po traktowaniu promieniowaniem jonizującym. Dawka 2 kGy wpływała na zmniejszenie się liczby mikroorganizmów (epifitów).

Gill, Nicolas i Markaris [5] oceniali jakość pieczarek, potraktowanych promieniowaniem gamma [0,1, 0,2, 0,5, 1,0 i 2,0 kGy] i przechowywanych w różnych temperaturach (0, 10 i 15°C). Głównym kryterium oceny grzybów były pomiary biometryczne. Dawka 1 kGy przedłużyła okres przechowywania pieczarek w temperaturze 10°C do 11 dni.

W doświadczeniach Kovačs i Vas [13] grzyby napromieniowane dawką 6—8°C (ok. 65% wilgotności względnej) zachowywały cechy świeżości w ciągu 13 dni; w temperaturze 16—18°C (takiej samej wilgotności) przez 11 dni.

Według Farkasa [4] potraktowanie pieczarek dawką 0,25 kGy promieniowania gamma dawało wydłużenie okresu przechowywania z 3 do 9 dni w warunkach składowania 5—8°C i 70—90% wilgotności względnej. Dla wydłużenia okresu przechowywania pieczarek w wyższych temperaturach potrzeba wyższej dawki promieniowania (1—3 kGy). Przy dawce 3 kGy okres przechowywania w temperaturze 16—18°C i 65% wilgotności względnej wydłużał się z 1 do 3 dni. Po tym okresie czasu notowano wyraźnie większe ubytki wagowe przechowywanych grzybów. Poza tą jedną cechą niekorzystną, grzyby do 6 dnia składowania charakteryzowały się dobrą jakością.

Cechami decydującymi o jakości grzybów jest również barwa, zapach, smak i twardość.

Ocenę organoleptyczną jakości pieczarek w doświadczeniach Stadena [21] wykonywało 8 osób. Smak napromieniowanych grzybów po ich ugotowaniu, nie uległ zmianie w porównaniu z grzybami kontrolnymi.

W doświadczeniach Langeraka [15] pieczarki napromieniowane, przechowywane w niskiej temperaturze (3—5°C) dłużej pozostawały białe. Grzyby nienapromieniowane trzymane w temperaturze 20°C brunatniały po 2 dniach, napromieniowane natomiast ciemniały dopiero po 5—7 dniach. Badania organoleptyczne grzybów napromieniowanych wykazały właściwości smakowe takie same jak grzybów nienapromieniowanych.

Kovačs i Vas [12] badając właściwości organoleptyczne zastosowali ocenę, określaną w stopniach według systemu Kramera.

Po 13-dniowym przechowywaniu grzybów, traktowanych dawką 0,25, 0,50 i 1,00 kGy i utrzymanych w temperaturze 6—8°C i 65—66% wilgotności względnej, wyraźnie bielszą barwę zachowały pieczarki napromieniowane zaraz po zbiorze dawką 1,00 kGy. Promieniowanie jonizujące nie wpływało na zmianę innych cech jak zapach, smak i twardość, w porównaniu z kombinacją kontrolną.

Stadium dojrzałości grzybów w momencie zbioru i napromieniowania miało również wpływ na barwę pieczarek, przechowywanych przez 9 dni w temperaturze 4—7°C i 67—90% wilgotności względnej. Niedojrzałe grzyby, napromieniowane zaraz po zbiorze dawką 0,25 i 1,00 kGy miały wyraźnie bielszą barwę niż nienapromieniowane, natomiast starsze (dojrzałe) grzyby pod względem jakości nie różniły się od kontrolnych.

Inne doświadczenie tych autorów miało wykazać wpływ terminu napromieniowania grzybów (licząc od zbioru do wykonania zabiegu) na ich jakość. Pieczarki napromieniowano po 2 dniach od sprzętu (przechowywano je w tym czasie w temperaturze 5—8°C i 70—90% wilgotności względnej) dawkami 0,25 i 1,00 kGy, po czym składowano w tych samych warunkach przez następne 15 dni. Stwierdzono, że grzyby które otrzymały dawkę 0,25 kGy po 7 dniach miały bielszą barwę, lepszy smak i teksturę niż kontrolne. Potraktowane dawką 1 kGy wyróżniały się lepszym smakiem, zapachem i twardością, ale ich barwa pozostawała zbliżona do grzybów kontrolnych. Po 15 dniach przechowywania grzyby napromieniowane dawką 0,25 kGy były nadal lepszej jakości w porównaniu z napromieniowanymi dawką 1 kGy i kontrolnymi. Grzyby przechowywane w temperaturze 16—18°C i 65% wilgotności względnej po 11 dniach były jakościowo takie same jak kontrolne.

W badaniach Stadena [20] specjalna seria doświadczeń, również miała naświetlić w jakim stopniu termin wykonania zabiegu i warunki składowania grzybów w tym czasie mogą wpływać na jakość grzybów. Termin napromieniowania okazał się bardzo istotny, szczególnie przy składowaniu grzybów w wyższych temperaturach (15, 20°C). Wykonanie zabiegu po 1—2-dniowym składowaniu grzybów w temperaturze pokojowej, nie miało wpływu na hamowanie otwierania się kapeluszy. Markakis [17] wnioskuje, że gdy świeże grzyby są napromieniowane możliwie

jak najszybciej po sprzęcie, skuteczność zabiegu jest większa i nie ma potrzeby stosowania wysokich dawek.

*Wpływ promieniowania jonizującego na tempo wzrostu i procesy fizjologiczne*

Stosunkowo niewielu badaczy zajmowało się bliższym naświetleniem wpływu promieniowania jonizującego na procesy fizjologiczne, związane z jego hamującym wpływem na wzrost i rozwój grzybów. Najbardziej widoczne cechy wzrostu grzybów, jak otwieranie się kapeluszy i wydłużanie trzonków, w badaniach omawianych w poprzednim rozdziale, przeważnie były oceniane na podstawie optycznie dostrzegalnych cech, przyjętych w handlowej klasyfikacji [4, 12, 14, 15, 20, 21].

Gill, Nicolas i Markakis [5] przeprowadzili bardziej szczegółowe pomiary biometryczne. Oznaczali stopień otwarcia grzybów, tempo otwierania się i zmiany średnicy ich kapeluszy, wysokości grzyba, średnicy trzonka oraz ciężaru grzybów.

Stopień otwarcia grzybów wyznaczali w skali od 0 do 1, przyjmując, że zerowy stopień określa grzyb zamknięty z brzegiem kapelusza ściśle przylegającym do trzonka; stopień otwarcia 1 — gdy błonka łącząca kapelusz z trzonkiem jest całkowicie od niego oderwana.

Wyżej wymienieni autorzy poszukiwali współczynnika, który mógłby określić wypadkową zmian wzrostowych. Zakładając, że najważniejsza cecha stopień otwarcia kapelusza jest efektem jednoczesnego wzrostu kapelusza i wysokości trzonka oraz kurczenia się średnicy trzonka, tempo otwierania się kapeluszy pieczarek określili za pomocą mierzenia zmian tych parametrów i obliczenia następującego wskaźnika O.R.)\*:

$$\text{O.R.} = (b+c)/[a - (b+c)]$$

gdzie:  $(b + c)$  oznacza długość średnicy kapelusza, mierzonej po jego spodniej stronie, z wyłączeniem średnicy trzonka.

$a$  — oznacza długość średnicy kapelusza, mierzoną po jego wierzchu.

$[a - (b + c)]$  stanowi efektywną średnicę, odpowiedzialną za oddzielanie brzegu kapelusza od trzonka.

$(b + c)$  — wskazuje równocześnie na zmiany wzrostu kapelusza ; i średnicy trzonka.

\*) O.R. — Opening Ratio

Przy mierzeniu powyższych parametrów, grzyby krojono wzdłuż na połowę. Jest to pierwsza próba oceny wzrostu grzybów z zastosowaniem liczbowych wskaźników. Pomiar jednakże może być tylko jednorazowy, co zwiększa zmienność wyników doświadczenia.

Wyniki pomiarów przeprowadzonych według skali (1—0) wykazały, że promieniowanie jonizujące wyraźnie hamowało otwieranie się pieczarek. Już w czwartym dniu przechowywania w 10°C, grzyby kontrolne miały całkiem otwarte kapelusze — stopień otwarcia 1, podczas gdy napromieniowane dawką 1 kGy, aż do 11 dnia przechowywania były całkiem zamknięte (ocena zero). Mniejsze dawki promieniowania nie były tak skuteczne, choć w pewnym stopniu zahamowały wzrost; pieczarki napromieniowane dawkami 0,1, 0,2 i 0,5 kGy, w czwartym dniu przechowywania miały stopień otwarcia odpowiednio 0,3, 0,5 i 0,2. Każda z tych wartości stanowi średnią pomiarów dokonanych na 15 grzybach.

W oparciu o obliczone wskaźniki (O.R.) autorzy wykazali, że dobowe tempo otwierania się pieczarek aż do wartości równej 1 było wprost proporcjonalne do czasu przechowywania.

Wyniki innych pomiarów biometrycznych wskazują, że napromieniowanie zahamowało wzrost średnicy kapelusza. Efekt działania promieniowania nie zależał od wielkości dawki.

Wysokość grzybów wzrastała prostoliniowo do 6—7 dnia przechowywania, po czym nie zmieniała się. Dawka 0,5 kGy promieniowania gamma nie wpłynęła na zmiany wysokości; dawki 0,1 i 0,2 kGy nawet stymulowały wzrost, dopiero 1,0 kGy zahamował tempo wzrostu. Zahamowanie wydłużania się trzonka następowało po zastosowaniu dawki 1,0 kGy. Natomiast do zahamowania kurczenia się średnicy trzonka wystarczyła dawka 0,2 kGy.

Wzrostowi grzybów towarzyszy intensywne oddychanie, przy czym wydziela się dużo ciepła, CO<sub>2</sub> i pary wodnej. Sveine i wsp. [26] badali wpływ temperatury na tempo oddychania, mierząc ilość wydzielonego przez grzyby dwutlenku węgla (w g/t/24 h) przy przechowywaniu w 0,5, 2,5, 4,0 i 6,0—7,0°C. Niska temperatura 0,5°C hamowała szybkość oddychania w ciągu 10 dni. Natomiast stan krytyczny — maksymalna szybkość oddychania (8 kg CO<sub>2</sub>/t świeżej masy) i towarzyszący temu rozkład gnilny w temperaturze 6—7°C występował po 7 dniach, a w niższych temperaturach (2,5, 4,0°C) po 15 dniach.

Gill, Nicolas i Markakis [5] badali wpływ promieniowania jonizującego na tempo wydzielania CO<sub>2</sub> w µg CO<sub>2</sub>/g tkanki × h. Napromieniowa-

nie grzybów obniżyło tempo oddychania, w ciągu 4 dni, w stosunku do grzybów kombinacji kontrolnej. Nie stwierdzono istotnych różnic między dawkami (0,1, 0,2, 0,5 i 1,0 kGy). Natomiast w początkowym okresie przechowywania decydujące znaczenie miała temperatura (5, 10 i 15°C) — zwiększenie temperatury o 10°C powodowało 4-krotny wzrost szybkości oddychania.

Doświadczenia Kovacs i Vasa [13] wykazały istotne zmniejszenie szybkości zużywania tlenu (w ml/kg świeżej masy  $\times$  h) u grzybów napromieniowanych dawkami 0,25, 1,00 i 3,00 kGy i przechowywanych w 5—8°C i 70—90% wilgotności względnej. U napromieniowanych grzybów, przechowywanych w wyższej temperaturze (16—18°C i 65% wilgotności względnej) dawka 1,0 kGy wyraźnie hamowała oddychanie w pierwszym dniu po zabiegu — szybkość pobierania tlenu spadła do połowy. Napromieniowanie dawką 3 kGy jeszcze silniej obniżyło zużycie tlenu. Grzyby napromieniowane 3 kGy i przechowywane w 21—22°C i 60—65% wilgotności względnej w pierwszym dniu przechowywania cechowało szybsze wydzielanie CO<sub>2</sub>; w drugim dniu wydzielanie CO<sub>2</sub> zostało znacznie zahamowane, natomiast zwiększyło się wydzielanie etylenu.

Grzyby napromieniowane dawką 3 kGy i przechowywane w 16—18°C i 65% wilgotności względnej wykazały zahamowanie oddychania w ciągu 4 dni. Po tym terminie pomimo że kapelusze grzybów nadal się nie otwierały, zużycie tlenu gwałtownie wzrastało, czemu towarzyszyło wyraźne brunatnienie, wędnięcie, zmiana smaku, zapachu i tekstury.

Salkova i wsp. [19] również udowodnili wyraźny wpływ promieniowania jonizującego na hamowanie procesu oddychania. Równoległe z tym zjawiskiem stwierdzali obniżenie się aktywności enzymów autolitycznych. Obserwowany spadek aktywności proteaz był proporcjonalny do dawki promieniowania w granicach 1—3 kGy.

Wyżej cytowani autorzy [5, 12] stwierdzali, że napromieniowane grzyby ciemnieją wolniej od kontrolowanych.

Ciemnienie pieczarek jest związane ze wzrostem aktywności oksydazy o-dwufenolowej w przeliczeniu na jednostkę masy [6, 7]. Goodenough i Cook [7] wykazali, że podczas szybkiego wzrostu grzybów w temperaturze 25°C następował 2-krotny wzrost aktywności tego enzymu. Aktywność oksydazy o-dwufenolowej wyrażoną w przeliczeniu na jednostkę masy grzyba uznano za wskaźnik fizjologiczny wieku grzybów.

W dostępnej literaturze nie znaleziono badań nad wpływem promieniowania jonizującego na zmiany aktywności oksydazy o-dwufenolowej w związku z ciemnieniem grzybów.

*Prawne, ekonomiczne i technologiczne aspekty metody radiacyjnej*

Wprowadzenie radiacyjnej metody utrwalania żywności na szerszą skalę wymaga jej zalegalizowania przez władze resortu zdrowia.

Podstawę dla legalizacji stanowią wyniki badań stwierdzające, że radiacyjnie utrwalony produkt jest całkowicie pewny, nie zawiera substancji toksycznych — nie zagraża zdrowiu konsumentów.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami do uzyskania legalizacji metody radiacyjnej dla każdego produktu wymagane są nie tylko wyniki laboratoryjnych testów toksykologicznych, ale również doświadczeń żywieniowych przeprowadzanych na kilku czy kilkunastu pokoleniach zwierząt eksperymentalnych.

Campbell i wsp. [3] w doświadczeniach żywieniowych, prowadzonych na albinotycznych myszach, badali toksyczność napromieniowania grzybów. Napromieniowane grzyby, dodawane do codziennej diety, w ilości 20%, nie wpłynęły na dzienne spożycie paszy dojrzałych myszy, ani ciężar ich potomstwa (w wieku 40 dni).

Następnie nie stwierdzono też istotnych różnic w przyroście masy ciała potomstwa, żywionego takim samym składem paszy do wieku 6 tygodni.

W Holandii w latach 1968-70 [28] badano wpływ żywienia szczurów napromieniowanymi grzybami. Sześciu grupom zwierząt (w każdej 10 samic i 10 samców) przez 90 dni podawano karmę, której 25% stanowiły grzyby napromieniowane strumieniem elektronów (0,25 lub 0,50 kGy), promieniowania gamma (0,175 lub 0,350 kGy) lub też nienapromieniowanych. Szczury te hodowano do trzeciego pokolenia. Nie stwierdzono żadnych zmian, wynikających z wpływu żywienia napromieniowanymi grzybami na wzrost, rozwój i reprodukcję zwierząt.

Zezwolenie na napromieniowanie i sprzedaż pieczarek najwcześniej zostało wydane w Holandii, w 1969 r. [27, 29]. Jest to zezwolenie Kategorii III, Nielimitowane czasem\*). W Czechosłowacji [19] zezwolenie na napromieniowanie pieczarek w ilości 2 000 kg (dawką 2 kGy) wydano w 1976 r.

Na Węgrzech [4] zezwolenia dotychczas wydane dotyczą kilku warzyw, nie obejmują grzybów. Spodziewane jest wydanie zezwolenia na radiacyjne utrwalenie grzybów w oparciu o wyniki badań toksykologicznych przeprowadzonych w innych krajach po przedstawieniu odpowiedniej dokumentacji.

---

\*) W Holandii obowiązują trzy kategorie sukcesywnie wydawanych zezwoleń:  
I — dla badań laboratoryjnych, organoleptycznych, technologicznych 5—100 kg;  
II — ograniczone ilości dla badań na skalę handlową i techniczną 100—3000 kg;  
III — pełne zezwolenie na sprzedaż i konsumpcję w ilościach nieograniczonych.

Do napromieniowania większych ilości produktów niezbędne jest urządzenie na skalę techniczną lub półtechniczną, wyposażone w źródło promieniowania jonizującego o odpowiedniej mocy, pojemniki i transportery doprowadzające do komory radiacyjnej. Bardzo ważnym elementem jest dozymetria. Obliczanie i kontrola dawkowania jest ważną i odpowiedzialną funkcją. Opracowanie metod dozymetrycznych jest jednym z ważniejszych zagadnień badawczych, koncentrujących uwagę wielu uczonych.

Badania nad napromieniowaniem pieczarek na skalę handlową podjęto w Holandii w 1969 r. zaraz po wydaniu zezwolenia na stosowanie metody. Prowadzono je przy współpracy wielu zainteresowanych placówek badawczych, a także koncernu handlowego A. Heijn, w ramach którego sprzedawano grzyby [9, 27, 29].

Pieczarki napromieniowano w urządzeniu na skalę półtechniczną (Pilot-Plant), wybudowanym w roku 1968 r. w Wageningen, które posiadało źródło promieniowania gamma Co-60, o aktywności około 3700 TBq (obecnie uzupełnione do ok. 7400 TBq) oraz akcelerator van de Graaffa (3 MeV).

Pieczarki były dostarczane przez dwie duże firmy hodowlane, w opakowaniach jednostkowych — pudełeczkach tekturowych zawierających 250 g grzybów umieszczonych w większych skrzynkach drewnianych lub polystyrenowych.

Warunki napromieniowania określało wydane zezwolenie. Dotyczyły one m. innymi wysokości dawki, która wynosi 1,5—2,0 kGy. Do zabiegu mogło być stosowane promieniowanie gamma, lub elektrony wysokoenergetyczne (3 MeV).

Oczekiwany okres przedłużenia składowania grzybów, po wykonaniu zabiegu i przechowywaniu ich w temperaturze 15°C określono na 3—7 dni.

Zgodnie z wymaganiami — opakowania jednostkowe, w których napromieniowywano i sprzedawano grzyby, były oznakowane symbolem (specjalnie opracowanym graficznie) oraz napisem informującym o zastosowaniu metody radiacyjnej.

Wyżej wymienione badania pozwoliły na opracowanie organizacji całego cyklu sprzedaży grzybów, począwszy od ich zbioru, transportu do źródła promieniowania, wykonania zabiegu, a następnie transportu, dystrybucji i sprzedaży w sklepach Firmy A. Heijn.

Wprowadzenie na rynek produktów utrwalanych metodą radiacyjną wymaga uświadomienia społeczeństwa o nowej metodzie oraz wartości produktu.

Akcję tę prowadzono w Holandii na bardzo szeroką skalę. Specjalnie przygotowane firmy informowały społeczeństwo o radiacyjnym utrwa-

laniu produktów. W prasie codziennej ukazało się szereg artykułów, a także opracowano różnego rodzaju broszury, przeznaczone dla uświadomienia służby zdrowia, nauczycieli szkół, personelu sklepów oraz kupujących. Organizowano również pokazy produktów radiacyjnie utrwalonych oraz potraw z nich przyrządzanych. W czasie tych pokazów zainteresowani mogli próbować je.

Specjalna służba informacyjna udzielała wyjaśnień telefonicznych i pisemnych.

Badania opinii konsumentów prowadzone drogą ankietyzacji [11] wykazały akceptację nowej metody przez większość społeczeństwa.

W Czechosłowacji [19], w 1976 r. dostarczono do sklepów warzywnych w Pradze około 500 kg napromieniowanych pieczarek. Sprzedaż radiacyjnie utrwalonych grzybów została podana do wiadomości społeczeństwa drogą komunikatów w radio i artykułów w prasie codziennej. Na konferencji prasowej zorganizowanej wcześniej dyskutowano nad nową metodą. Serwowano też potrawy przyrządzone z grzybów napromieniowanych i nienapromieniowanych.

W wielu krajach opracowane są projekty różnych urządzeń do napromieniowywania produktów rolnych, biorąc pod uwagę ich techniczną sprawność i opłacalność.

Uwzględnia się możliwość napromieniowywania różnorodnych produktów, co może zapewnić większą opłacalność. I tak np. w Czechosłowacji opracowano projekt urządzenia do napromieniowywania ziemniaków, cebuli, truskawek oraz grzybów. Te ostatnie w ilości 250 ton rocznie. Lokalizację urządzenia zaplanowano w Pradze.

Na Węgrzech [1, 4] zaprojektowano urządzenie na skalę przemysłową uwzględniając napromieniowanie ziemniaków, cebuli, papryki, pomidorów, truskawek oraz grzybów. Według tego planu grzyby mają być napromieniowywane w miesiącach od stycznia do kwietnia oraz od sierpnia do grudnia; ogólna ilość 600 ton rocznie. Aktywność źródła promieniowania gamma Co-60 ma wynosić około 7400 TBq (200 kCi).

Ekonomiczne badania przeprowadzone w USA [2] wykazują, że duże straty świeżej masy pieczarek, które określono na około 33% (w 1968 r.) mogłyby być zredukowane co najmniej o połowę przez zastosowanie metody radiacyjnej. Wnioskowano, że celowe byłoby zainstalowanie w centrum uprawy grzybów urządzenia na skalę handlową, ze źródłem o aktywności około 8880 TBq. Obliczono, że przy stosowaniu dawki 1 kGy i napromieniowaniu 20 000 t rocznie, koszt jednostkowy wyniósłby 2,5% ceny pieczarek.

W Polsce badania nad zastosowaniem promieniowania jonizującego do utrwalania pieczarek nie były prowadzone. Rozpoczęto je w 1978 r.

w Instytucie Warzywnictwa w Skierniewicach. Badaniami będą objęte rasy pieczarek o znaczeniu gospodarczym.

Doświadczenia będą miały na celu ustalenie optymalnych dawek promieniowania jonizującego, które pozwalają na utrzymanie świeżości grzybów bez chłodniczego składowania.

#### LITERATURA

1. Balazs-Sprincz V.: Evaluation of the economic feasibility of radiation preservation of selected food commodities. *Atomic Energy Review*. 15, 3, 407—459, 1977.
2. Bird K.: Supplement data on mushroom plus results of a costbenefit analysis of irradiation and an industry survey of irradiation. Rep. US Dept. of Agriculture and USAAEC Isotopes Division. 1969.
3. Campbell J. D., Stothers S., Veisey M., Berck B.: Gamma irradiation influence on the storage and nutritional quality of mushrooms. *Journal of Food Science*. Vol. 33, s. 540—542, 1968.
4. Farkas J.: Present status and prospects for the commercialization in Hungary of irradiated food items for human consumption. Requirements for the Irradiation of Food on a Commercial Scale. Proc. of a Panel, Vienna 1974, IAEA, s. 37—57, 1975.
5. Gill W. I., Nicolas R. C., Markakis P.: Irradiation of cultured mushrooms. *Food Technology*, Vol. 23, s. 385—388, 1969.
6. Goodenough P. W.: How chilled storage affects the physiology of mushrooms. *The Mushroom Journal* 43, s. 1—4, 1976.
7. Goodenough P. W., Cook D. J.: The nutritional implications of changes in pre-packed mushrooms stored under optimum conditions. *Proc. Nutr. Soc.* 35, 122 A, 1976.
8. Halevy A. H., Wittwer S. H.: Effect of growth retardants on longevity of vegetable mushrooms and cut flowers. *Am. Soc. Hort. Sci.* 88, 582, 1965.
9. Heins H. G.: The test marketing of irradiated mushrooms in cooperation with a food chain (materiały nieopublikowane).
10. Horaček P.: „Preparation for commercialization of irradiated foods in the Czechoslovak Socialistic Republic”. *Proceedings of a Panel, Vienna 18—22. 03.1974*, s. 175—178, IAEA 1975.

11. Kooij van, J.: Consumer attitudes towards food irradiation in the Netherlands. Requirements for the Irradiation of Food on a Commercial Scale. Proc. of Panel Vienna, s. 203, 1975.
12. Kovács E., Vas K.: Effect of ionizing radiation on some organoleptic characteristics of edible mushroom. Acta Alimentaria. Vol. 3, s. 11—17, 1974.
13. Kovács E., Vas K.: Effect of ionizing radiation on post-harvest ripening processes of cultured mushrooms (*Agaricus bisporus*) with special reference to the rates of respiration and of ethylene production. Acta Alimentaria, Vol. 3, s. 19—25, 1974.
14. Kovács E., Vas K., Farkas J.: Increasing the storage life of cultivated mushrooms by ionizing radiations. Atomtech. Tájékoztató 7, s. 349—54, 1968.
15. Langerak D. Is.: The influence of irradiation and packaging upon the keeping quality of fresh mushrooms. Proc. Mushrooms Science. Vol. 8, s. 221—230, 1971.
16. Mac-Queen F. K.: Some considerations which influence the economic feasibility of food irradiation. Factors Influencing the Economical Application of food Irradiation. Proc. of a Panel Vienna 1971, s. 1—12, IAEA 1973.
17. Markakis P.: Irradiation of Mushrooms. Mushrooms News, Vol. 17, s. 8—11, 1968.
18. Münzner R.: Nachweis einer Strahlenbehandlung bei Champignons. Z. Lebens. Untersuch.-Forsh. 151, 318—319, 1973.
19. Salkova Z., Kubin K., Stanek M., Horaček P.: Presents status of food irradiation in Czechoslovakia. Proc. of Symposium: Food Preservation by Irradiation. Wageningen, 21—25.11. 1977, V. I. s. 43—51. IAEA 1978.
20. Staden O. L.: Radiation preservation of fresh mushrooms, Mushrooms Science 6, s. 457—461, 1965.
21. Staden O. L.: Radiation of fresh mushrooms in order to prolong shelflife. Scientific Symposium on the Cultivated Mushroom, Wageningen, 28—29. V. 1965.
22. Staden O. L.: Experiences with the irradiation of vegetables in the Netherlands. Proc. of Symp. „Food Irradiation” s. 609—617, IAEA 1966.
23. Staden O. L.: Bestrahlung von Champignons. Der Champignon 45, s. 24—25, 1965.
24. Stoller B. B.: Die Anwendung von Gamma-Strahlung in der Champignonkultur. Der Champignon 8, s. 12—13, 1968.
25. Sveine E., Klougart A., Rasmussen C. R.: Various gas composition and their influence on the shelf-life of mushrooms. Mushroom Science 6, 1965.
26. Sveine E., Klougart A., Rasmussen C. R.: Ways of prolonging the shelf-life of fresh mushrooms. Mushroom Science 6, s. 463—473, 1965.

27. Ulmann R. M.: Introducing irradiated foods to the producer and consumer. *Peaceful Uses of Atomic Energy* Vol. 12, s. 299—308, 1972.
28. Zeeuw de D., Kooij van J. G.: Status of public health acceptance of irradiated food in the Netherlands. *Radiation Preservation of Food. Proc. of a Symp. Bombay 1972*, 753—760, 1973.
29. Zeeuw de D.: Commercialization of irradiated potatoes, mushrooms, onions and spices in the Netherlands. Requirements for the Irradiation of food on a Commercial Scale. *Proceedings of Panel Vienna 18—22.03.1974*, s. 133—139, IAEA 1975.