

Politechnika Łódzka

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska



VII SEMINARIUM STUDENCKIE BEZPIECZEŃSTWO W INŻYNIERII PROCESOWEJ

VII SEMINARIUM STUDENCKIE

**BEZPIECZEŃSTWO W INŻYNIERII
PROCESOWEJ**

Łódź, Tkaczew 2017



Organizacja:

Filip Malinowski	Przewodniczący SKN BioActive
Angelika Olczak	Przewodnicząca SKN SUKCES
Paulina Pędziwiatr	Przewodnicząca SKN OKTAN
Dawid Kowalczyk	Przewodniczący WRS

Pod patronatem:

dr hab. inż. Grzegorz Wielgosiński prof. nadzw. PŁ
Prodziekan ds. Studenckich Wydziału Inżynierii
Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ

Goście:

dr hab. inż. Grzegorz Wielgosiński prof. nadzw. PŁ
prof. dr hab. inż. Lech Nowicki
dr hab. inż. Marek Stelmachowski prof. nadzw. PŁ
prof. dr hab. inż. Czesław Kuncewicz
dr inż. Jarosław Sowiński
dr inż. Maciej Jaskulski
dr inż. Michał Głogowski
mgr inż. Artur Lewandowski
mgr inż. Adam Płachta (przedstawiciel PCC Rokita S.A.)

Opracowanie graficzne
i projekt okładki:

mgr inż. Maciej Jaskulski

ISBN 978-83-7283-891-9

Wydawca: WYDAWNICTWO POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ
90-924 Łódź, ul. Wólczańska 223



SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	4
EKSTRAKCJA ZWIĄZKÓW BIOAKTYWNYCH Z ZIAREN RYŻU WSPOMAGANA ULTRADŹWIĘKAMI	6
DODATKI DO ŻYWNOŚCI, A OGÓLNIE POJĘTE BEZPIECZEŃSTWO.....	15
POTENCJAŁ TKWIĄCY W SAPONINACH.....	29
ZASADY BEZPIECZEŃSTWA NA TERENIE SKAŻONYM PROMIENIOTWÓRCZO.....	38
BEZPIECZEŃSTWO PRACY PODCZAS PROCESU ODLEWANIA METODĄ ODŚRODKOWĄ.....	50
BEZPIECZEŃSTWO W NANOTECHNOLOGII.....	58
TOKSYNY ORAZ SUBSTANCJE TOKSYCZNE OBECNE W BUDYNKACH MIESZKALNYCH – DZIAŁANIE, ŹRÓDŁA ORAZ ZAPOBIEGANIE	74
ROLA INŻYNIERII CHEMICZNEJ I PROCESOWEJ W AGROTECHNICE.....	89
PROCES POZYSKIWANIA I OCZYSZCZANIA PRODUKTÓW PSZCZELICH.....	99
LED – WPŁYW NA JAKOŚĆ WIDZENIA I ZAGROŻENIA Z NIMI ZWIĄZANE	108



PRZEDMOWA

Tegoroczne seminarium studenckie rozpoczęło się wycieczką do zakładu badawczo-rozwojowego produkcji oleju napędowego drugiej generacji w Tkaczewie w dniu 21 kwietnia 2017 roku należącego do firmy DKS-Bio sp. z o.o.

Zakład ten, od podstaw został zaprojektowany przez absolwentów naszego Wydziału, byłych członków SKN Oktan: mgr. inż. Marcina Czyżewskiego, mgr. inż. Roberta Filipczaka oraz mgr. inż. Adama Płachtę. Zakład powstał, aby w nim została opracowana technologia pozwalająca na przetwarzanie biomasy w olej napędowy. Aktualnie obiekt jest w fazie testów sprawdzających opracowaną technologię. Obecnie w zakładzie pracuje dwoje z naszych absolwentów na stanowiskach specjalistów do spraw rozwoju technologii.

Marcin Czyżewski przybliżył studentom możliwości oprogramowania COMOS, które pozwala na zarządzanie projektem w całym życiu zakładu. Natomiast Robert Filipczak oprowadził nas po zakładzie, gdzie przyjrzelśmy się, w jaki sposób od surowca, jakim jest zrębka drewniana, powstaje paliwo drugiej generacji. Studenci mogli przyrzedzić się aparaturze, którą znali dotychczas tylko z teorii. Zajrzeliśmy również do sterowni, gdzie dowiedzieliśmy się, w jaki sposób kontrolowany jest cały proces oraz jak wyglądają systemy zabezpieczeń. W części laboratoryjnej zobaczyliśmy wersję pilotażową całej instalacji oraz urządzenia do badania jakości wyprodukowanego biopaliwa. Uczestnicy wycieczki zadawali wiele pytań dotyczących nie tylko zakładu oraz aparatury, ale również tego na co warto zwrócić uwagę podczas studiów.

W sobotę, w sali seminaryjnej LabFactor odbyła się część referatowa VII Studenckiego Seminarium „Bezpieczeństwo w Inżynierii Procesowej”, którą oficjalnie rozpoczął Prodziekan ds. Studenckich i Promocji dr hab. inż. Grzegorz Wielgoński, prof. nadzw. PŁ. Szeroka rozpiętość tematyczna prezentowanych referatów pozwalała na wielopłaszczyznowa dyskusję. Przedstawiciele SKN Oktan przedstawiali osiągnięcia inżynierii chemicznej, które znalazły zastosowanie w agrotechnice, przybliżyli problematykę stosowania druku przestrzennego w medycynie, zwrócili uwagę na źródła toksyn i substancji toksycznych w naszych domach, oraz omówili jakie procesy przetwarzania i oczyszczania należy zastosować do danych produktów pszczelich.

Członkowie SKN BioActive poruszyli temat saponin – naturalnych mydeł, omówili zasady bezpieczeństwa na terenie skażonym promieniotwórczo, omówili aspekty bezpieczeństwa stosowania dodatków do żywności oraz zaprezentowali wyniki badań ekstrakcji związków bioaktywnych z ziaren ryżu.

Przedstawiciele SKN SKUCES zwracali uwagę na aspekt bezpieczeństwa przy pracy z nanocząstkami, jakie zagrożenia może nieść ze sobą wszechobecność stosowania lamp LED oraz omówili wyniki badań poświęconych zmianom właściwości odzieży ochronnej w warunkach użytkowania.

Wśród osób referujących znalazł się również absolwent WIPOŚ oraz SKN OKTAN, mgr. inż. Adam Płachta, aktualnie Specjalista Kierujący Zespołem Analiz i Optymalizacji Procesowych PCC Rokita S.A. Przybliżył nam aspekty bezpieczeństwa produkcji poliolipolieteryowych, ze szczególnym uwzględnieniem warunków prowadzenia procesu reaktorowego.

Dziękujemy za przybycie zaproszonym gościom: Dziekanowi ds. studenckich Grzegorzowi Wielgosińskiemu, prof. Markowi Stelmachowskiemu, prof. Lechowi Nowickiemu, prof. Czesławowi Kuncewiczowi, mgr. inż. Adamowi Płachcie oraz opiekunom Kół: dr. inż. Maciejowi Jaskulskiemu, dr. inż. Michałowi Głogowskiemu oraz mgr. inż. Arturowi Lewandowskiemu.

Tekst: P. Pędziwiatr Foto: SKN Oktan





KINGA SOŁTYSIAK

Koło naukowe „BIOACTIVE”

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska

Opiekun naukowy: prof. dr hab. inż. Stanisław Ledakowicz

EKSTRAKCYJA ZWIĄZKÓW BIOAKTYWNYCH Z ZIAREN RYŻU WSPOMAGANA ULTRADŹWIĘKAMI

Olej ryżowy jest używany na szeroką skalę w przemyśle farmaceutycznym, chemicznym oraz spożywczym. Ze względu na bogatą zawartość takich związków, jak tokoferol, tokotrienol i oryzanol uznawany jest jako naturalne źródło antyoksydantów. W przeprowadzonych badaniach jako materiału badawczego użyto otrębów ryżowych będących produktem pośrednim w procesie przemiału ryżu. Ekstrakcję przeprowadzono, stosując cztery typy rozpuszczalników (etanol, aceton, izopropanol oraz heksan) przy zmianie podstawowych parametrów procesu (temperatura i czas). W celu zwiększenia ilości wyekstrahowanych związków zastosowano ekstrakcję wspomaganą ultradźwiękami.

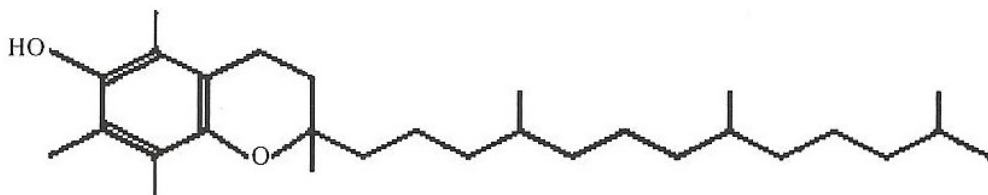
WPROWADZENIE

Ryż jest nieodłącznym elementem diety w krajach Azji. Tradycyjnie Chiny, Tajlandia oraz Indie mają największy udział w jego światowej produkcji^[1]. Otręby ryżowe jako produkt pośredni w procesie przemiału ryżu zawierają 8-20% oleju, w zależności od miejsca wzrostu i procesów technologicznych jakim podlegają^[2]. Obecność w ekstrahowanym oleju związków tokoferol, tokotrienol, oryzanol powoduje, że jest on uznawany jako

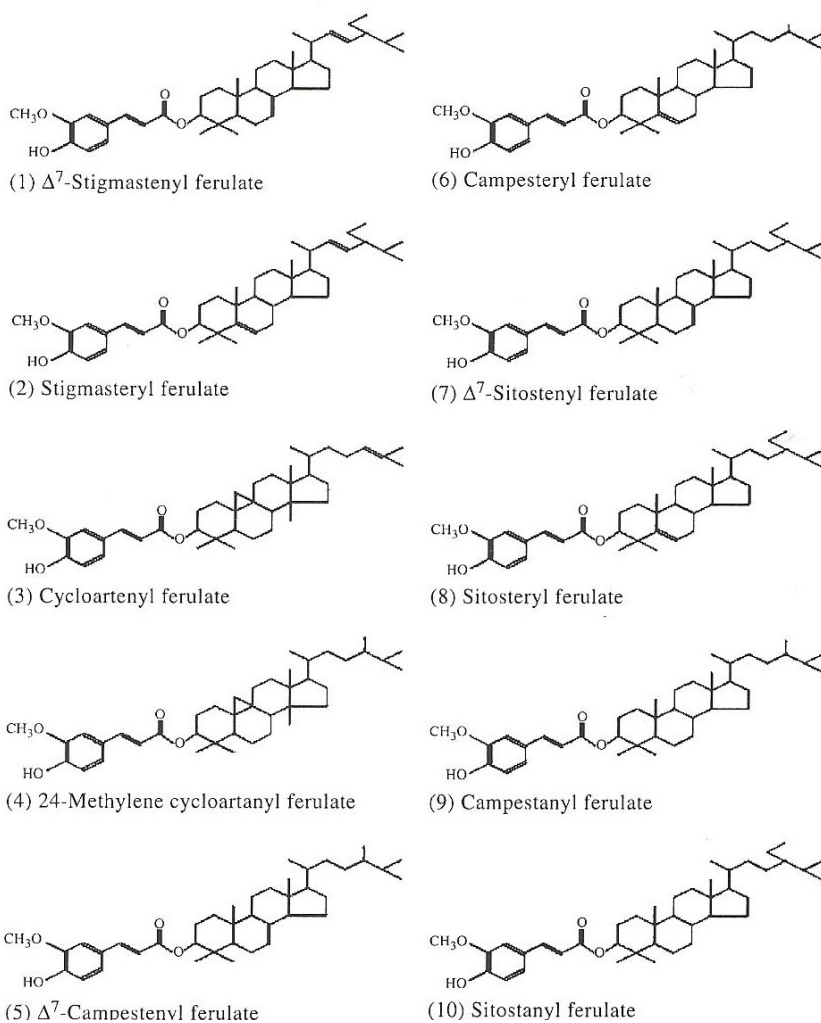


naturalne źródło antyoksydantów^[3]. Ich poszczególna zawartość oscyluje w zakresie 0,1-0,14% dla tokoferolu, 0,9-2,9% dla gamma-oryzanolu^[4,5]. Gamma-oryzanol jest kompleksem estrów fitoestrioli (kampestrolu, stigmasterolu i sitosterolu), kwasu felurowego i innych związków organicznych. Wysoka zawartość bioaktywnych frakcji pozwala wykorzystać olej, na szeroką skalę, w przemyśle chemicznym, farmacji i w przemyśle spożywczym do podniesienia wartości odżywczej końcowego produktu^[6,7]. Wiele badań potwierdza jego korzystny wpływ na układ odpornościowy oraz liczbę płytek miażdżycowych^[8,9]. Wybór odpowiedniego rozpuszczalnika w celu usunięcia lipofilnych cząsteczek z nierozpuszczalnego ciała stałego jest jednym z głównych czynników decydujących o ilości wyekstrahowanych związków w metodach tradycyjnej ekstrakcji. Polarność rozpuszczalnika i polarność odzyskiwanych frakcji powinna mieć zbliżoną wartość. Pomimo ryzyka pożarowego i szkodliwego oddziaływania na środowisko najczęściej wykorzystywanym rozpuszczalnikiem jest heksan ze względu na wysoką stabilność oraz zdolność do rozpuszczania wyekstrahowanego oleju^[10]. W celu znalezienia zamiennika heksanu prowadzono badania procesu ekstrakcji oleju ryżowego, stosując np. etanol, propanol^[11,12]. Przy zastosowaniu etanolu jako rozpuszczalnika zauważono, że końcowa zawartość gamma-oryzanolu jest często wyższa niż w przypadku stosowania heksanu. Ekstrakcja wspomaganą ultradźwiękami opiera się na interakcji wysokiej częstotliwości fal dźwiękowych z badanym materiałem. Kawitacja, tarcie na powierzchniach międzyfazowych i absorpcja energii fali akustycznej oraz związane z nimi wydzielanie ciepła sprawia, że wspomaganie ekstrakcji ultradźwiękami zwiększa rozpuszczalność, dyfuzję, penetrację rozpuszczalnika i transport analitu, a to zdecydowanie skraca czas ekstrakcji i zwiększa jej wydajność^[13].

Celem przeprowadzonych badań było przeanalizowanie czterech typów rozpuszczalników (heksan, aceton, etanol i propanol) w procesie ekstrakcji wspomaganą ultradźwiękami pod kątem zdolności do odzyskiwania oleju. W badaniach ponadto poddano ocenie wpływ czasu (20, 40, 60 min) oraz temperatury (30, 40°C) ekstrakcji na ilość gamma-oryzanolu.



Rys. 1. Struktura chemiczna α -tokoferolu



Rys. 2. Struktura chemiczna gamma-oryzanolu

MATERIAŁY I METODY

1. Przygotowanie materiału

W przeprowadzonych badaniach użyto otrąb pochodzących z ryżu jaśminowego. Materiał przesiano przez sита o rozmiarach 850 μm w celu oczyszczenia z niechcianych ziaren i zanieczyszczeń. Frakcje przechowywano w foliowych woreczkach w lodówce. Zmierzona zawartość wilgoci wynosiła 11,86%.

2. Odczynniki chemiczne

Wzorzec gamma oryzanolu został dostarczony przez WakoPureChemicalIndustries Ltd. Japan. Heksan, etanol, propanol i aceton z firmy Baker Analyzed, USA. Rozpuszczalniki wykorzystane w analizie HPLC (metanol, etanol, heksan) pochodziły z firmy Carlo Erba.

3. Ekstrakcja UAE

Badany materiał został zmieszany z rozpuszczalnikiem w stosunku wagowym 1:4.5 g odważonych otrąb przesypało do 30 ml szklanej butelki, a następnie dodano 20 ml wybranego rozpuszczalnika. Butelkę umieszczono w łaźni ultradźwiękowej. Ekstrakcja była przeprowadzona w różnej temperaturze (30, 40°C) i czasie (20, 40 i 60 min). Filtracja przez papier filtracyjny o rozmiarze por 0,45 μm miała na celu oddzielenie rozpuszczalnika z wyekstrahowanym olejem od cząstek stałych. Ekstrakt zagęszczono w temperaturze 40°C i pod ciśnieniem 5-10 mbar, stosując wyparkę obrotową. Poniższy wzór został użyty do obliczenia procentowej zawartości oleju w badanych próbach

$$\text{Zawartość oleju [\%]} = \frac{\text{waga wyekstrahowanego oleju (g)}}{\text{waga próbki(g)}} * 100\%$$

Próbki z olejem były przechowywane w lodówce, dopóki nie oznaczono w nich gamma oryzanolu. Każdą z prób w przeprowadzonych badaniach powtórzono dwukrotnie.

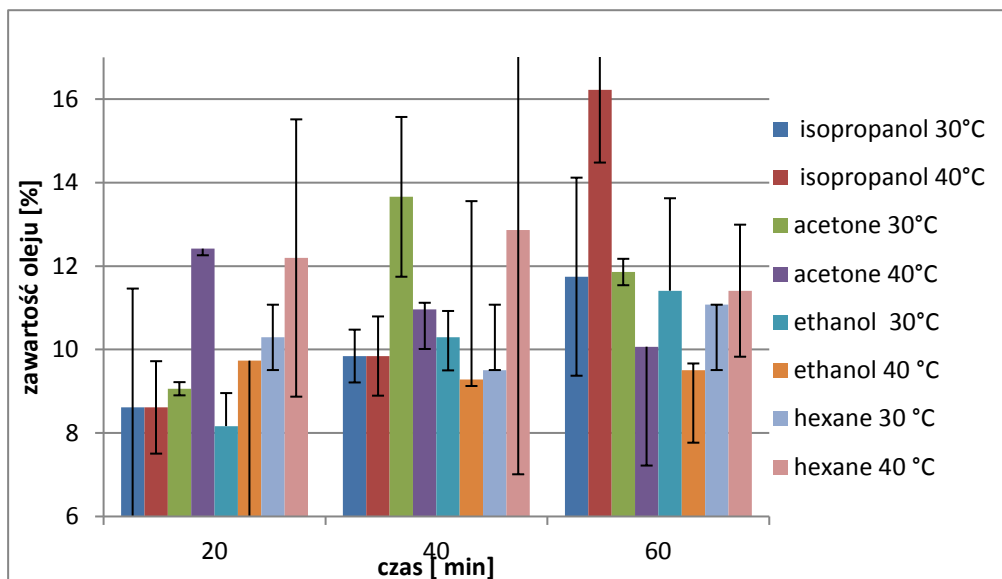
4. Oznaczenie gamma-oryzanolu za pomocą HPLC

Ilość gamma-oryzanolu w poszczególnych próbach zmierzono, stosując aparaturę HPLC. Fazę stacjonarną stanowiła kolumna C18 o rozmiarze 250 x 4,6 mm. Wyekstrahowany olej został rozpuszczony w fazie ruchomej stanowiącej mieszaninę metanolu, propanolu i octanu metylu (47.5:40:12.5 ml), uzyskując koncentrację 100 µg/ml. 20 µl, każde z przygotowanych prób wprowadzono do systemu z przepływem 1 ml/min. Długość fali detekcji ustawiono na 330 nm. Obliczenia koncentracji związku w poszczególnych próbach zostały oparte na analizie obszaru pod pikiem w takim samym czasie retencji jak wzorcowa próba gamma oryzanolu.

WYNIKI I DYSKUSJA

1. Wpływ temperatury i czasu

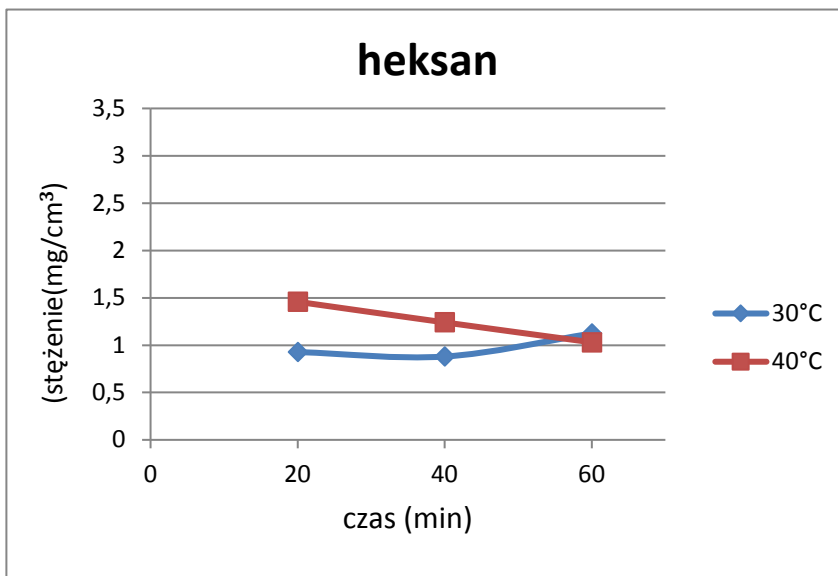
Z analizy rysunku 3 jednoznacznie wynika, że ilość wyekstrahowanego oleju zależy od temperatury i czasu prowadzenia reakcji. Dla propanolu wraz ze wzrostem czasu ekstrakcji wzrasta procentowa zawartość oleju^[11]. Co prawda, między 20 a 40 min wzrost jest nieznaczny (ok. 1,5%), jednak prowadząc proces w 40°C wydłużenie czasu reakcji o 40 minut skutkuje wzrostem o 8% ilości oleju. Stosując ten sam czas ekstrakcji dla procesu przebiegającego w temperaturze 30°C procentowa ilość otrzymanego oleju jest niższa o 6%. Warto także zauważyć, że zmiana temperatury ekstrakcji w 20 i 40 minucie nie skutkuje zmianą ilości wyekstrahowanego oleju. W przypadku zastosowania acetonu i etanolu jako rozpuszczalnika największą wydajność uzyskuje się prowadząc proces w temperaturze 30°C. Dla acetonu czas po którym uzyskano największą ilość wyekstrahowanego oleju to 40 minut (13,65%), w przypadku etanolu to 60 minut. Dla procesu przebiegającego w czasie 40 minut, stosując heksan jako rozpuszczalnik, zauważono, że ilość wydzielonego oleju w temperaturze ekstrakcji 40°C jest o 4,7% wyższa niż w temperaturze 30°C, w czasie 20 minut ok 2%. W przypadku ekstrakcji w czasie 60 minut różnica wynosiła tylko 0,6%.



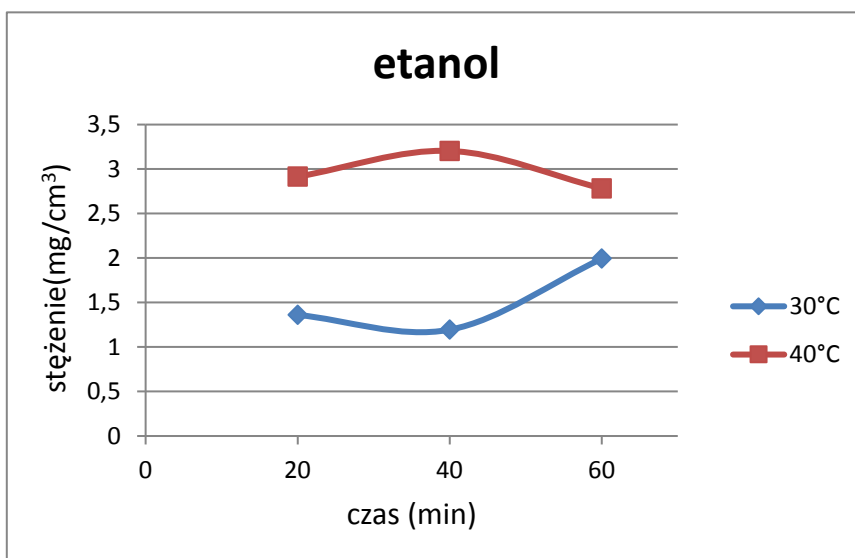
Rys. 3. Procent wyekstrahowania oleju przy zmianie czasu i temperatury procesu

2. Gamma-oryzanol

Z rysunków 4-5 wynika, że wzrost temperatury procesu ekstrakcji prowadzi do zwiększenia koncentracji gamma-oryzanolu w ekstrahowanym oleju. Wzrost temperatury zmniejsza lepkość rozpuszczalnika, co skutkuje zwiększoną dyfuzyjnością, a tym samym wzrostem wskaźnika ekstrakcji i ilością ekstrahowanych związków^[14]. Analizując proces w temperaturze 40°C i w czasie 20 minut stężenie gamma-oryzanolu w przypadku zastosowania etanolu jako rozpuszczalnika jest prawie dwa razy większe niż przy użyciu heksanu. Wynika to z faktu, iż gamma-oryzanol jest kompleksem polarnych molekuł, więc łatwiej rozpuszcza się w etanolu, który także jest polarnym związkami. Wiele badań dowiodło, że kluczowym czynnikiem wpływającym na końcową koncentrację gamma-oryzanolu jest objętość i rodzaj rozpuszczalnika^[15].



Rys. 4. Zmiana koncentracji gamma-oryzanolu od czasu prowadzenia ekstrakcji w temp. 30°C i 40°C w heksanie



Rys. 5. Zmiana koncentracji gamma-oryzanolu od czasu prowadzenia ekstrakcji w temp. 30°C i 40°C w etanolu

WNIOSKI

Optymalny czas oraz temperatura procesu ekstrakcji są ściśle powiązane z zastosowanym rozpuszczalnikiem. Otrzymane wyniki wskazują, że, przeprowadzając proces w temperaturze 40°C w czasie 40 minut przy zastosowaniu propanolu, jest możliwe uzyskanie, w porównaniu z innymi rozpuszczalnikami, największej ilości ekstraktu. Wzrost temperatury ekstrakcji prowadzi do zwiększenia koncentracji gamma-oryzanolu w ekstrahowanym oleju. Zastosowanie etanolu jako polarnego rozpuszczalnika umożliwia uzyskanie dwukrotnie wyższego stężenia gamma-oryzanolu.

LITERATURA

- [1] Sereewatthanawut I., Prapintip S., Watchiraruj K., Extraction of protein and amino acids from deoiled rice bran by subcritical water hydrolysis, *Bioresource Technology*, 2007.
- [2] Oliveira R., Oliveira V., Kazue K., Effects of the extraction conditions on the yield and composition of rice bran oil extracted with ethanol—A response surface approach, *Food and bioproducts processing*, 2012.
- [3] Saikia D. and Deka S.C., Cereals: from staple food to nutraceuticals, *International Food Research Journal* 18: 21-30, 2011.
- [4] Lerma-Garcia, Herreo-Martinez J.M., Ramos-Ramos G., Simo-Alfonso E.F., Mendonca R.B., Composition industrial processing and applications of rice bran γ -oryzanol, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* 6, 2015, 24-30.
- [5] Patel M. & Naik, Gamma-oryzanol from rice bran oil – a review, *Journal of Scientific & Industrial Research* Vol. 63, July 2004, 569-578.
- [6] Gul K., Yousuf B., Singh A.K., Singh P., Wani Ali Abas, Rice bran: Nutritional values and its emerging potential for development of functional food—A review, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 2015.



- [7] Most Marlene M., Tulley R., Morales Silvia Lefevre M., Rice bran oil, not fiber, lowers cholesterol in humans, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2005, 64-68.
- [8] Tabaraki R., Nateghi A., Optimization of ultrasonic-assisted extraction of natural antioxidants from rice bran using response Surface methology, *Ultrasonics Sonochemistry* 18(6):1279-86, 2011.
- [9] Kusum R., Bommayya H., Fayaz P., Palm oil and rice bran oil: Current status and future prospects, *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 2011.
- [10] Cuevas Maite S., Shinzato Regiane E., Costa Mariana C., Rodrigues Christanne E.C., Gamma-oryzanol Solubility and Effects of Solvent Mixture, 2011.
- [11] Weicheng H., Wells J.H., Shin Tai Sun, Goldberg J.S., Comparision of isopropanol and Hexane for extraction of Vitamin E and Oryzanols from Stabilized Rice Bran, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1996.
- [12] Sawada M.M., Lopes L., Effects of different alcoholic extraction conditions on soybean oil yield, fatty acid composition and protein solubility of defatted meal, 2004.
- [13] Romdhanea M., Gourdon, Investigation in solid–liquid extraction: influence of ultrasound, *Chemical Engineering Journal* 87, 2002, 11-19.
- [14] Imsanguan P., Extraction of alpha-tocopherol and gamma-oryzanol from rice bran, *Swiss Society of Food Science and Technology*, 2007.
- [15] Heidtmann-Bemvenuti R., Saião N.N., Badiale-Furlong E., Extraction of γ -oryzanol from rice bran, 2012.



MATEUSZ DROŹDŹEWSKI

Koło naukowe: „BIOACTIVE”

Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności

Politechniki Łódzkiej

Opiekun naukowy: dr inż. Michał Głogowski

DODATKI DO ŻYWNOCI A OGÓLNE POJĘTE BEZPIECZEŃSTWO

W artykule zostały opisane dodatki do żywności oraz ich podział ze względu na zastosowanie technologiczne. Ponadto, zostaną omówione aspekty związane z niebezpieczeństwem stosowania wybranych dodatków do żywności. Do niebezpieczeństw tych zaliczono niebezpieczeństwo wynikające z samego procesu produkcji, takie jak przedawkowanie, niekontrolowany wyciek, zapylenie itp. Zostały omówione także wybrane zagadnienia z wpływu dodatków do żywności na zdrowie człowieka, w przypadku przedawkowania lub ich niedoboru. Na koniec tego artykułu omówiono metody zapobiegania nieumiejętnemu korzystaniu z dodatków do żywności oraz wyciągnięto wnioski.

WPROWADZENIE

Określenie dodatek do żywności w języku polskim jest dużo szersze niż w języku angielskim. Zawiera następujące składowe:

1. „Food constituent” to dodatek, który występuje w pierwotnym składzie produktu.



2. „Food ingredient” to substancja, która wprowadzona do produktu staje się jego składową np. mączka ziemniaczana (skrobia) jako dodatek do pieczywa.

3. „Food additive” to substancja, która jest dodawana do żywności, aby: poprawić smak, zapach lub trwałość, zmniejszyć koszty produkcji, ułatwić pakowanie. Dodatek taki nie jest stosowany z reguły jako samodzielna żywność oraz nie używa się go jako normalnego składnika jedzenia. W łańcuchu dystrybucji mają różne znaczenie, tj. dla producenta zmniejszają koszty produkcji, ich użycie może zwiększyć trwałość produktów, a co za tym idzie – możliwości transportowe. Dodatki do żywności mają duże znaczenie w procesie pakowania np. antyoksydanty zapobiegają utlenianiu się danego produktu. Dla dystrybutora użycie ich przez producenta pozwala na dłuższe przechowywanie – konserwanty; konsument dostanie produkt lepszy w smaku i o lepszym zapachu. W Unii Europejskiej określa się go mianem „E składnika” (od pierwszej litery słowa Europa).

Dodatki do żywności ze względu na funkcje technologiczne dzielimy na:

- substancje słodzące,
- barwniki,
- substancje konserwujące (konserwanty),
- przeciwutleniacze,
- nośniki,
- kwasy,
- regulatory kwasowości,
- substancje przeciwzbrylające,
- substancje przeciwpieniące,
- substancje wypełniające,
- emulgatory,
- sole emulgujące,



- substancje wiążące,
- wzmacniacze smaku,
- substancje pianotwórcze,
- substancje żelujące,
- substancje glazurujące,
- substancje utrzymujące wilgoć,
- skrobie modyfikowane,
- gazy do pakowania,
- gazy nośne,
- substancje spulchniające,
- sekwestranty,
- stabilizatory,
- substancje zagęszczające,
- środki do przetwarzania mąki (polepszacze),
- wzmacniacze kontrastu.

Oprócz wyżej wykazanego podziału, istnieje specjalny podział dodatków, które mogą być podane niemowlętom. Lista tych składników jest zawarta w rozporządzeniu: „ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (WE) NR 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności”.

Zgodnie z obecnym stanem wiedzy, wszystkie stosowane dodatki do żywności są bezpieczne dla człowieka. Czuwa nad tym szereg organizacji, takich jak WHO (z ang. World Health Organization, czyli Światowa Organizacja Zdrowia) i FAO (z ang. Food and Agriculture Organization of the United Nations, czyli Organizacja Stanów Zjednoczonych do spraw rolnictwa i wyżywienia). Aby dodatek do żywności został dopuszczony do użytku, musi zostać przebadany. Konieczne jest także udowodnienie braku



negatywnego działania na organizm człowieka. Rozporządzenia i ustalenia prawne, wydane, by regulować kwestie dotyczące dodatków do żywności, to:

- ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (WE) NR 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA z dnia 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych.
- ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (WE) NR 1331/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. ustanawiające jednolitą procedurę wydawania zezwoleń na stosowanie dodatków do żywności, enzymów spożywczych i środków aromatyzujących
- ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) NR 257/2010 z dnia 25 marca 2010 r. ustanawiające program ponownej oceny dopuszczonych dodatków do żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w sprawie dodatków do żywności
- ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) 2016/1776 z dnia 6 października 2016 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w odniesieniu do stosowania sukralozy (E 955) jako wzmacniacza smaku w gumie do żucia z dodatkiem cukrów lub polioli^[15]

NIEBEZPIECZEŃSTWO ŻYWIENIOWE JAKO ZAGROŻENIE – PRZYKŁADOWE SUBSTANCJE

„Wszystkie rzeczy są trujące i nic nie jest bez trucizny. Jedzenie ponad miarę jest również trujące” słowa te wypowiedział w XVI w n.e. słynny lekarz oraz przyrodnik Paracelsus^[1]. Potwierdzeniem tych słów jest fakt, że nawet życiodajny płyn, jakim jest woda, można przedawkować. LD₅₀ dla tej substancji wynosi 90 ml/kg masy ciała^[2]. LD₅₀ to skrót z angielskich słów



lethaldose (w tłumaczeniu na język polski oznacza „dawka śmiertelna”), zaś indeks dolny - 50 - to procent zwierząt, które przy tej dawce umierały^[3]. Efektami spożywania zbyt dużej ilości pożywienia i napojów są różne choroby np. otyłość, nadciśnienie. Najbardziej znana jest otyłość, która, według ekspertów WHO, jest powodowana przez nadmierne spożycie tłuszczów, a nie jak dotychczas sądzono cukrów^[4].

Ważnym wskaźnikiem jest ADI (z ang. *AcceptableDailyIntake*) co oznacza akceptowalne dzienne spożycie danego dodatku. Wszystkie wartości są zapisane w ROZPORZĄDZENIU PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (WE) NR 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności. Jednostką jest g/kg. Przy niektórych składnikach jest napisane *quantum satis*, co w tłumaczeniu oznacza „dozwolone w minimalnej potrzebnej ilości”.

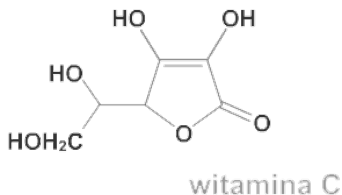
Wymienione zostaną niepożądane i pożądane skutki używania kilku wybranych, tzw. „E składników”.

E300

Pierwsza opisywana substancja to kwas L-askorbinowy, znany również jako witamina C lub E300. W przemyśle stosuje się ją jako antyoksydant.

Witamina C jest niezbędna w organizmie człowieka, gdyż jej braki w organizmie ludzkim mogą powodować ciężką chorobę, zwaną szkorbutem, która prowadzi do uszkodzenia naczynek włosowatych, krwawień oraz urazów dziąseł^[5]. Kwas L-askorbinowy w dużych stężeniach występuje w gruczołach nadnercza, co pozwala przypuszczać, że bierze udział w syntezie hormonów sterydowych. W pokaźnych ilościach występuje w cytrusach, owocach czarnej porzeczki, aceroli, owocach dzikiej róży, ziemniakach, porzeczkach itp. Wskaźnik LD₅₀ witaminy C dla szczura wynosi ok. 11900 mg/kg^[6], czyli 11,9 g na kilogram masy ciała, co znaczy, że aby przyjąć zabójczą dawkę, należy spożyć ok. 833 g przy założeniu, iż przeciętna masa człowieka to 70 kg.

Współczynnik ADI wynosi quantum saris^[14].



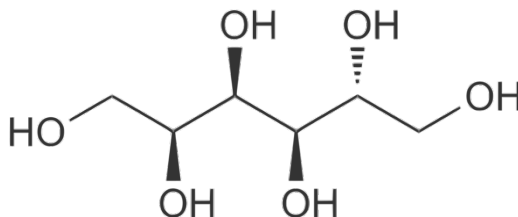
Rys. 1. Wzór strukturalny witaminy C

E420

Jest to sorbitol – substancja słodząca, stosowana również do utrzymywania wilgotności. Należy do grupy polioli, czyli alkoholów cukrowych.

D-Sorbitol jest otrzymywany przez redukcję glukozy^[7]. W przemyśle stosowany jest jako zamiennik cukru, słodzik (np. w miętowych gumach do żucia) i emulgator. Zbyt duże jego spożycie powoduje bolesną obstrukcję. Dawka śmiertelna LD₅₀ dla szczura wędrownego wynosi ok. 15900 mg/kg^[8].

ADI wynosi 40000 mg/kg.^[14]



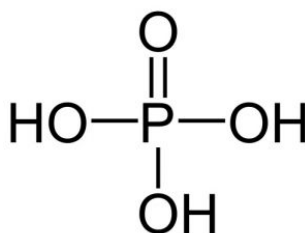
Rys. 2. Sorbitol – wzór strukturalny

E338

Kwas ortofosforowy (V), jest stosowany jako regulator kwasowości artykułów spożywczych.

Głównie stosuje się go w napojach typu Cola, jak np. Coca cola, Pepsi Cola, Hoop Cola itp. Posiada właściwości odrdzewiające, dzięki czemu Coca colę powszechnie stosuje się podczas odkręcania zardzewiałych śrub. LD₅₀ dla szczura wynosi 1530 mg/kg^[9]. Kwas fosforowy dobrze wiąże się z wapniem, co powoduje demineralizację kości, czyli wypłukanie wapnia, co w późnym wieku może poskutkować osteoporozą.

ADI dla kwasu ortofosforowego wynosi 40 000 mg/kg.



Rys. 3. Kwas fosforowy (V) – wzór strukturalny

Gama „E składników” jest bardzo szeroka. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 18 września 2008 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych.

WYBRANE ZAGROŻENIA WYSTĘPUJĄCE PODCZAS STOSOWANIA DODATKÓW DO ŻYWNOŚCI W PROCESACH PRODUKCYJNYCH

Niebezpieczeństwa, które mogą płynąć z zastosowania niektórych dodatków do żywności, wynikają z ich charakterystyki, niewłaściwego przechowywania i użycia. Jako przykład można podać mączny pył ze zwykłej mąki pszennej, który zawieszony w powietrzu jest bardzo łatwopalny, a w kontakcie ze źródłem ognia eksploduje. Ważną rolę w zapewnieniu

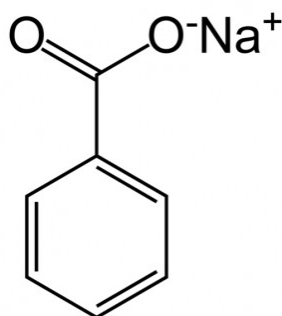
bezpieczeństwa odgrywa system HACCP (z ang. hazard analysis and critical control points) jest to system zapewniający bezpieczeństwo żywnościowe oraz w trakcie produkcji.

Kwas fosforowy

Kwas ortofosforowy (V), który jest stosowany jako stabilizator kwasowości w napojach typu Cola, jest żrący i może powodować oparzenia w bezpośrednim kontakcie. Po spożyciu nie należy powodować wymiotów, ani neutralizować kwasu, gdyż istnieje ryzyko perforacji; należy czekać na lekarza^[9]. W napojach nie mamy kontaktu ze stężonym kwasem.

Benzoosan sodu

Benzoosan sodu, znany również pod nazwą E211, jest stosowany jako konserwant w przemyśle spożywczym. W żołądku w połączeniu z witaminą C może powodować tworzenie kancerogennego benzenu. Benzoosan sodu w bezpośrednim kontakcie ze skórą może powodować jej podrażnienie. Zgodnie z kartą charakterystyki, pierwsza pomoc polega na przemyciu miejsca w którym nastąpił kontakt. W razie spożycia należy spowodować wymioty^[11].



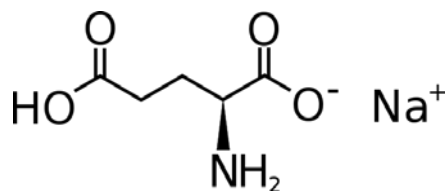
Rys. 4. Wzór strukturalny benzoesu sodu



Rys. 5. Benzoesan sodu

Glutaminian sodu

Znany jako E621 lub MSG (z ang. monosodiumglutamate), jest solą sodową kwasu glutaminowego. Stosowany w zupkach chińskich lub przyprawach typu maggi jako polepszacz smaku. Nie wykazuje żadnego działania niepożądanego. Gdyby doszło do rozpylenia w powietrzu, a w wyniku tego nastąpiła inhalacja, należy zapewnić dopływ świeżego powietrza osobie poszkodowanej. W razie kontaktu z oczami, należy je przemyć pod bieżącą wodą^[12].



Rys. 6. Glutaminian sodu

Sposoby pierwszej pomocy dla każdego dodatku można znaleźć w karcie charakterystyki danego związku chemicznego.

METODY ZABEZPIECZEŃ PRZED ZAGROŻENIEM WYNIKAJĄCYM Z UŻYCIA DODATKÓW DO ŻYWNOŚCI W PROCESACH TECHNOLOGICZNYCH

Najlepszym zabezpieczeniem jest wiedza na temat związku chemicznego (w pewnych warunkach wszystko może być niebezpieczne; nawet woda). Pierwszym zabezpieczeniem jest unikanie groźnych sytuacji, ale jeżeli to niemożliwe (czasem niebezpieczne zachowanie substancji użytych w procesie technologicznym jest jego istotą) należy przeprowadzać proces w specjalnych warunkach dla niego dedykowanych.

Jeżeli mamy do czynienia z substancją silnie kwasową, to potrzebne są okulary oraz rękawice; jeżeli łatwo ulatniającą się – specjalny strój oraz maseczkę/maskę, która zapobiegnie dostaniu się do dróg oddechowych danej substancji.



Rys. 7. Człowiek w środkach ochrony indywidualnej stosowanej w przemyśle chemicznym

Na zdjęciu powyżej przedstawiono człowieka ubranego w strój chroniący przed substancją rozpyloną w powietrzu lub szybko parującą. Ma na sobie specjalny kombinezon, rękawice oraz maskę chroniącą drogi oddechowe i oczy.



Rys. 8. Osoba pracująca przy czekoladzie.

Z reguły w przemyśle spożywczym stosuje się: fartuch, rękawiczki i czepki na głowę jako zabezpieczenie przed niepożądanymi elementami w żywności i przed niebezpiecznymi sytuacjami.

WNIOSKI

Wszystkie dodatki do żywności można uznać za bezpieczne, gdy stosuje się je zgodnie z odpowiednimi normami i przepisami np.:

- ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (WE) NR 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych.
- ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (WE) NR 1331/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r.



ustanawiające jednolitą procedurę wydawania zezwoleń na stosowanie dodatków do żywności, enzymów spożywczych i środków aromatyzujących.

- ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) NR 257/2010 z dnia 25 marca 2010 r. ustanawiające program ponownej oceny dopuszczonych dodatków do żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w sprawie dodatków do żywności.
- ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) 2016/1776 z dnia 6 października 2016 r. zmieniające załącznik II do Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w odniesieniu do stosowania sukralozy (E 955) jako wzmacniacza smaku w gumie do żucia z dodatkiem cukrów lub polioli^[14].

Tym niemniej nawet przy stosowaniu ww. norm istotne jest uwzględnianie specyfiki regionu, czyli czynników środowiskowych. Należy podkreślić, że substancja chemiczna, która została zaakceptowana jako dodatek do żywności musi przejść długotrwałe badania.

W produkcji, za bezpieczeństwo odpowiadają głównie procedury technologiczne oraz bezpośrednio ludzie, którzy je realizują. W przypadku ludzi bardzo ważne jest, aby byli odpowiednio przeszkoleni i świadomi zagrożeń płynących z przyjętego procesu technologicznego.

Należy podkreślić, że substancje (dodatki) stosowane w produkcji pożywienia same w sobie mogą stanowić zagrożenie w przypadku ich nadmiernego spożywania. W praktyce przemysłowej mogą być niebezpieczne, ponieważ występują w większych stężeniach niż w jedzeniu, dlatego trzeba stosować środki zabezpieczające: takie jak maseczka ochronna – w przypadku substancji pyłących i wtedy gdy są sproszkowane lub szybko parują (jak stężone kwasy) lub strój przedstawiony na rysunku 7 w przypadku stężonych kwasów lub substancji pyłących, które w kontakcie ze skórą mogą powodować oparzenia. Z reguły stosuje się strój przedstawiony na rysunku 8, czasem dodatkowo maseczkę na twarz, zapobiegającą dostaniu się substancji pyłących do płuc.

LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa pod redakcją Zdzisława E. Sikorskiego „Chemia żywności” Wydawnictwo Naukowo-Techniczne 2006, s. 510.
- [2] <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927321> (06.04.2017).
- [3] <http://wiedza.alkahest.umcs.pl/wszystko-jest-truczna-i-nic-nia-nie-jest/> (06.04.2017).
- [4] praca zbiorowa pod redakcją Zdzisława E. Sikorskiego „Chemia żywności ożywcze i zdrowotne właściwości składników żywności T.3”, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne 2007, s. 199.
- [5] praca zbiorowa pod redakcją Zdzisława E. Sikorskiego „Chemia żywności”, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne 2006, s. 371-373.
- [6] <http://www.chemart.pl/do-pobrania/run,182.download,file,578.html> (06.04.2017).
- [7] Praca zbiorowa pod redakcją Zdzisława E. Sikorskiego „Chemia żywności ożywcze i zdrowotne właściwości składników żywności T.3”, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne 2007, s. 125.
- [8] https://www.carlroth.com/downloads/sdb/pl/6/SDB_6213_PL_PL.pdf (06.04.2017).
- [9] http://www.poch.com.pl/wysw/utworz_pdf.php?nr_karty=660 (06.04.2017).
- [10] http://www2.mz.gov.pl/wwwfiles/ma_struktura/docs/rozp_dozywnosc__19082008.pdf (06.04.2017).
- [11] http://galfarm.com.pl/files/upload/sodu_benzoesan.pdf (06.04.2017).
- [12] https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwiv24TRp_zSAhVjD5oKHUYU4D28QFgghMAE&url=http%3A%2F%2Ffiles.brenntag.pl%2F00155D4267041ED691A2FA7A1B5C80C4&usq=AFQjCNGL6GO567TCDYqGBQiI3RCTgjJf5g&sig2=KRqj3hzEjT4ELgkb1HbBvA&cad=rja (06.04.2017).
- [13] http://gis.gov.pl/images/bz/prawo/1333_2008_skonsolidowana_maj_2016.pdf (06.04.2017).
- [14] <http://gis.gov.pl/prawo-zywnosc/160-substancje-dodatkowe-aromatyzatory-rozpuszczalniki> (06.04.2017).



ZDJĘCIA

Zdjęcie 1: <http://polskikolagen.pl/informacje-o-kolagenie/124-colvita-a-witamina-c-wplyw-witaminy-c-na-dzialanie-colvity.htm>

Zdjęcie 2: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Sorbitol#/media/File:D-sorbitol.svg>

Zdjęcie 3: <https://www.google.pl/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwj8gmZ4OPSAhWqbZoKHRzUDcgQjxwIAw&url=https%3A%2F%2Fichemia.pl%2F30%2Ckwas-fosforowy-ortofosforowy-85-1kg.html%3F%26sLang%3Dpl&psig=AFQjCNEBTe6jzi8xjwLPXILvcmm5pydO1g&ust=1490053515145416>

Zdjęcie 4: <http://www.era-zdrowia.pl/strefa-toksyczna/dodatki-do-zywnosci/benzoesan-sodu.html>

Zdjęcie 5: <http://www.fabrykaognia.pl/sklep2/63-siarka-mielona.html>

Zdjęcie 6: https://pl.wikipedia.org/wiki/Glutaminian_sodu#/media/File:Monosodium_glutamate.svg

Zdjęcie 7: <http://archiwum.ciop.pl/25661.html>

Zdjęcie 8: <http://praca-produkcja.eu/ogloszenia/niemcy-praca-bez-jezyka-na-linii-produkcyjnej-stuttgart-w-fabryce-czekolady/>

ALEKSANDRA OLCZAK
Koło naukowe „BIOACTIVE”
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Politechniki Łódzkiej
Opiekun naukowy: dr inż. Michał Głogowski

POTENCJAŁ TKWIĄCY W SAPONINACH

*Ze względu na swoje silne właściwości pieniące, dawniej saponiny były używane jako naturalne detergenty pochodzenia roślinnego. Najczęściej wykorzystywana była mydlnica lekarska (*Saponaria officinalis*), która swą nazwę – podobnie jak saponiny – zawdzięcza łacińskiemu słowu *sāpō*, oznaczającemu mydło. Lekka kwasowość powoduje, że omawiane związki wydają się być dla ludzkiego ciała (które również ma kwasowy odczyn) korzystniejszymi substancjami myjącymi niż codziennie stosowane – zasadowe – mydła. Jednak w dzisiejszych czasach największe znaczenie mają saponiny, które mogą być stosowane jako związki wyjściowe do produkcji kortykosteroidów oraz hormonów płciowych. Niektóre badania sugerują możliwość ich zastosowania w walce z chorobami nowotworowymi. Stosowanie saponin może nieść ze sobą również pewne zagrożenia dla ludzi. Przejawiają one właściwości hemolityczne oraz mają zdolność łączenia się z cholesterolem zawartym w błonach komórkowych (co prowadzi do najczęściej nieodwracalnego zniszczenia błony). W niniejszej pracy zostaną omówione budowa i właściwości chemiczne saponin, ich występowanie w przyrodzie oraz korzyści i potencjalne zagrożenia płynące z ich zastosowania.*

WPROWADZENIE

Mimo, że mydło jest wynalazkiem dość starym (znanym Fenicjanom już w starożytności), to mniej więcej do końca XIX wieku stanowiło produkt luksusowy, niedostępny uboższym warstwom społecznym. Dlatego też

poszukiwano zamiennika – taniego i powszechnie dostępnego. Taką namiastką mydła były saponiny, nietrudne do znalezienia w przyrodzie, spotykane prawie wyłącznie w świecie flory (jedynym zwierzęcym wyjątkiem odkrytym nie tak dawno są morskie szkarłupnie). Związki te pod wpływem wody są w stanie tworzyć trwałą i obfitą pianę.



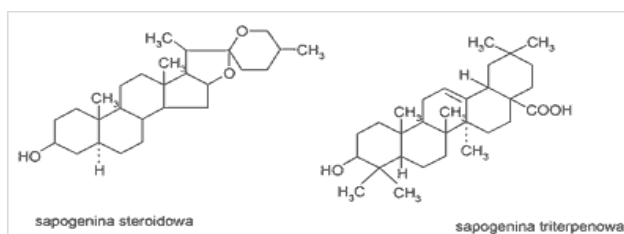
Rys. 1. *Mydlnica lekarska*

W organizmie ssaków również możliwe jest przekształcenie saponin do hormonów sterydowych – istotną rolę w tych procesach pełni mikroflora jelitowa i enzymy, które wytwarza. Na drodze odpowiednich szlaków biochemicznych saponiny, najczęściej o podwójnym wiązaniu między atomami węgla C5 i C6 w części aglikonowej, zostają przekształcone do związków pregnanowych (C-21) i androstanowych (C-19), które dalej mogą być wykorzystane do syntezy testosteronu (C-19), androsteronu (C-19) oraz progesteronu (C-21).

Rośliny zawierające saponiny od dawna były stosowane w ziołolecznictwie i medycynie ludowej jako surowce przeciwgrzybiczne, przeciwzapalne, przeciwwirusowe, cytotoksyczne i wykrztuśne. W chwili obecnej znajdują zastosowanie w branży kosmetycznej do produkcji toników, masek czy też szamponów; również w branży spożywczej oraz branży farmaceutycznej^[1,4].

BUDOWA I WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE

Saponiny to glikozydy cukru (glikonu) oraz części niecukrowej, zwanej aglikonem lub w tym przypadku – sapogeniną. Zasadniczy podział saponin – na triterpenowe (spotykane głównie w roślinach dwuliściennych) oraz steroidowe (spotykane przeważnie w roślinach jednoliściennych) – oparty jest na budowie aglikonu.



Rys. 2. Porównanie budowy saponin o różnych aglikonach

Podstawowa różnica to aglikon typu α -amiryny u saponin triterpenowych i aglikon z rdzenia steranu u saponin steroidowych. Saponiny różnią się również liczbą, położeniem i rodzajem grup funkcyjnych oraz wiązań wielokrotnych, a także rodzajem i liczbą cukrów, występujących w glikonie. Cukry te to najczęściej D-galaktoza, D-ksyloza, D-glukoza, L-fukoza, L-ramnoza, L-arabinoza, a rzadziej kwas D-galakturonowy i D-glukuronowy. Ze względu na ilość reszt cukrowych, saponiny dzielą się na monodesmodyzy (jeden łańcuch cukrowy), bidesmodyzy (dwa łańcuchy) i tridesmodyzy (trzy łańcuchy).

Budowa saponin jest amfifilowa, tzn.: jeden fragment cząsteczki jest silnie polarny i hydrofilowy (cukier lub łańcuch cukrowy), zaś drugi – niepolarny, lipofilowy (aglikon). Amfifilowość saponin jest przyczyną ich najistotniejszej cechy – zdolności zmniejszania napięcia powierzchniowego roztworów wodnych, z czego dalej wynika możliwość wytwarzania piany oraz emulgacji tłuszczów.

Omawiane związki są bezpostaciowe, bardzo słabo krystalizujące, dobrze rozpuszczalne w wodzie. Przeważnie wykazują odczyn kwaśny, ze względu na występowanie reszt (lub reszty) karboksylowych w aglikonie bądź kwasu uronowego w części cukrowej. Często mają słodki lub gorzki smak^[1, 4].

WŁAŚCIWOŚCI BIOLOGICZNE

Saponiny wykazują właściwości przeciwwzapalne, przeciwgrzybiczne, antybakteryjne oraz cytotoksyczne.

Podczas badań nad wyizolowanymi z afrykańskiej rośliny *Maesalanceolata* saponinami wykazano, że im wyższe ich stężenie, tym więcej rodzajów grzybów są w stanie powstrzymać od wzrostu i rozwoju. Stężenie 50 µg/ml powodowało ograniczenie rozwoju trzech gatunków: *Epidermophytonfloccosum*, *Microidesinterdigitalis* oraz *Trichophyton rubrum*; 100 µg/ml – *Candida albicans* i *Microsporumcanis*; a 250 µg/ml – *Microsporumlangeroni*.

W publikacjach można spotkać badania nad właściwościami przeciwbakteryjnymi saponin, i tak Cuellar^[14] i współpracownicy zbadali saponozydy uzyskane z tojeści zwyczajnej i rozesełanej (*Lysimachia vulgaris* i *L. Nummularia*). Odnotowali tę aktywność w stosunku do *Escherichia coli*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus* i *Streptococcus pyogenes*.

Istotnymi cechami są własności cytotoksyczne. Według grupy Bader G., Seibold M., Tintelnot K. i współautorów^[15], saponogenina escyny kasztanowca – hipoeskulina – ma zdolność cytotoksycznego oddziaływania na komórki rakowe nabłonka nosowo-gardłowego. Warto zaznaczyć, że cała cząsteczka saponiny takich cech nie wykazywała.

W literaturze można znaleźć badania, potwierdzające cytotoksyczny wpływ, pochodzących z akacji, awicyn na białaczkowe limfocyty T-Jurkat. W przeciwieństwie do działania escyny (gdzie aktywna jest jedynie saponogenina), awicyna indukuje apoptozę, lecz sama część niecukrowa nie wykazuje takiego działania.

Istnieje hipoteza, że saponiny zawarte w soi mogą chronić przed rakiem jelita grubego, ze względu na łatwość z jaką wiążą się z kwasami żółciowymi. Uważa się, że właśnie duża produkcja kwasów żółciowych, a zwłaszcza

metabolitów cholesterolu i kwasów tłuszczowych, zwiększa zachorowalność na raka jelita grubego. Eksperyment potwierdzający tę tezę przeprowadzono na szczurach, które poddano działaniu kancerogenów. Część z nich miała dietę bogatą w sojowe saponiny, która wyraźnie obniżała zapadalność na nowotwór jelita grubego. Saponozydy mogą również ograniczać inwazyjność oraz liczbę przerzutów komórek nowotworowych, czego przykładem mogą być związki wyizolowane z korzenia żeń-szenia.

Saponiny również wykazują zdolności hemolityczne. Już przy niewielkim stężeniu są w stanie bezpowrotnie zniszczyć erytrocyty. Ta właściwość jest charakterystyczna tylko dla monodesmodyzów – di- i tridesmodyzy nie przejawiają takich własności praktycznie w ogóle. Stwierdzono, że najsilniej hemolityczne są saponiny triterpenowe o aglikonie typu kwasu oleanolowego (przykładem może być escyna, występująca w kasztanowcach) lub hederageniny^[1,3-5].

ZASTOSOWANIE SAPONIN W PRZEMYŚLE

Saponiny są wykorzystywane głównie do izolowania z nich kortykosteroidów i hormonów płciowych.

Większość saponin zwartych w mydlnicy lekarskiej (*Saponariaofficinalis*) kryje się w jej korzeniu. Jest to mieszanina saponazydów A i B, występująca również w nasionach soi (*Glycine max*). Oprócz typowych własności pianotwórczych wykazują się działaniem wykrztuśnym i obniżaniem poziomu LDL – cholesterolu (którego nadmiar powoduje choroby serca, mimo że pełni on istotną funkcję w transporcie cholesterolu z wątroby do innych komórek). Odwary z tego ziele są dobrymi szamponami i tonikami.

W kasztanowcach (*Aesculus L.*), a zwłaszcza w nasionach (popularnych kasztanach) i korze drzewa, znajduje się escyna – również zbiór różnego rodzaju saponin, które wykazują właściwości przeciwzapalne,

przeciwgrzybiczne, przeciwwysiękowe, hipoglikemizujące, przeciwwirusowe i uszczelniające włosowate naczynia krwionośne.

W liściach bluszczu (*Hederahelix*) można znaleźć hederasaponinę C – hederynę. Wykazuje ona, poza pianotwórczym, działanie wykrztuśne, przeciwgrzybiczne, silnie hemolityczne, przeciwdrobnoustrojowe, a także (co istotne w kosmetologii) tonizujące, ściągające, kojące i odżywiające skórę.

Do pozyskiwania saponin wykorzystuje się również rośliny zielne jak buzdyganek naziemny (*Tribulusterrestris* L.). Szacuje się, że zawartość glikozydów saponinowych w tej roślinie wynosi ok. 2,8-3%.



Rys. 3. Buzdyganek naziemny

Występująca w wielu roślinach diosgenina – a w największej ilości w różnych gatunkach kozieradek – jest również zdolna do syntezy steroidów.

Własności wykrztuśne, przeciwgrzybicze i moczopędne objawia primulasaponina A, wyizolowana z korzenia pierwiosnka lekarskiego (*Primulaofficinalis*) i wyniosłego (*Primulaelatior*).

Jak było wspomniane na początku, w przyrodzie występuje wiele gatunków roślin, posiadających w składzie saponozydy. Oprócz wyżej wyszczególnionych można wymienić: łąszcz wiechowaty (*Gypsophilapaniculata*), lukrecję gładką (*Glycyrrhizaglabra*), krzyżownicę (*Polygalasenega*), korzeń żeń-szenia (*Panaxginseng*), traganka błoniastego (*Astragalusmembranaceus*), akację (*Acaciavictoriae*) i wiele innych.



Kolejną branżą, wykorzystującą saponozydy jest kosmetyka. Dzięki właściwościom, takim jak hamowanie procesów zapalnych, przeciwobrzękowym, poprawie ukrwienia tkanek, zmniejszaniu napięcia powierzchniowego wody i zwiększaniu przepuszczalności błon komórkowych (co skutkuje ułatwieniem wnikania substancji odżywczych w głębsze warstwy skóry), a także kwaśnemu odczynowi, saponozydy są idealnymi składnikami łagodnych mydeł, toników i preparatów do przemywania twarzy lub ciała^[1,3-7,9,13].

ZAGROŻENIA

Zagrożeniem są przede wszystkim właściwości hemolityczne saponin podawanych na skórę. Już niewielkie stężenie wpływa na bezpowrotne zmiany w strukturze krwi, a usunięcie czynnika hemolitycznego nie powoduje odbudowania erytrocytów. W większych dawkach i przy niektórych chorobach (np. anemia) saponiny mogą doprowadzić do śmierci.

Silnie toksyczne własności nie objawiają się przy przyjęciu saponin drogą pokarmową, aczkolwiek dla dzieci i kobiet w ciąży również mogą być niebezpieczne. W mniejszych dawkach są zupełnie nieszkodliwe dla osób dorosłych, w większych – powodują podrażnienie błon śluzowych żołądka, ból brzucha i wymioty.

Zagrożeniem może być również łatwość wiązania cholesterolu z błonami biologicznymi, co może powodować trwałe ich przerwanie.

Niebezpieczeństwem dla środowiska naturalnego jest silna toksyczność saponin wobec zwierząt zimnokrwistych. Ten fakt wykorzystywały pierwotne plemiona do połowu ryb, zatruwając wody, na przykład korzeniem mydlnicy lekarskiej, i powodując śmierć ryb^[3, 4, 10, 11].



PODSUMOWANIE

Saponiny to szeroko rozpowszechnione związki pochodzenia roślinnego, o potencjalnie szerokim zastosowaniu. Znajdują je w produkcji artykułów kosmetycznych, mogą także stanowić punkt wyjścia do opracowania receptur nowych leków przeciwgrzybiczych, przeciwzapalnych, przeciwnowotworowych.

LITERATURA

- [1] Sędek Ł., Michalik M., *Nowe badania nad saponinami ujawniają ich liczne lecznicze właściwości*, Kosmos Tom 54, nr 4, 2005, ss. 345-356, dostępne w Internecie:
<http://kosmos.icm.edu.pl/PDF/2005/345.pdf>
- [2] <https://zozalitwin.wordpress.com/2011/09/09/mydlnica-lekarska/>
- [3] Stefanowicz-Hajduk J., Ochocka R., *Saponiny steroidowe – występowanie, właściwości i zastosowanie w lecznictwie*, Postępy Fitoterapii 1/2006, ss. 36-40 dostępne w Internecie:
<http://www.czytelniamedyczna.pl/2383,saponiny-steroidowe-wystepowanie-wlasciwosci-i-zastosowanie-w-lecznictwie.html>
- [4] Parus A., *Właściwości farmakologiczne saponin*, Postępy Fitoterapii , 3, 2013, ss. 200-204 dostępne w Internecie:
http://www.postepyfitoterapii.pl/wpcontent/uploads/2014/11/pf_2013_200-204.pdf
- [5] Lamer-Zarawska E., Kowal-Gierczak B., Niedworok J., *Fitoterapia i leki roślinne*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 2007-2012, ss. 95-96.
- [6] Rao A.V., Sung M.-K., *Saponins as anticarcinogens*, The Journal of Nutrition Mar 1995; 125, 3; s. 717S .
- [7] Róžański H., *Naturalne substancje anaboliczne*, dostępne na stronie:
<http://luskiewnik.strefa.pl/fitosterole/sterole/pages/p7.htm>
- [8] <http://en.mr-ginseng.com/tribulus-terrestris/>



- [9] http://www.poradnikzdrowie.pl/uroda/cialo-higiena/ziola-jako-skladniki-kosmetykow-co-dobrego-daja-skorze_38227.html
- [10] Grochowska M., *Saponozydy – co to są za związki i jak działają*, <http://www.biomedical.pl/zdrowie/saponozydy-co-to-sa-za-zwiazki-i-jak-dzialaja-2358.html>
- [11] <http://zimorodek.com/mydlnica-lekarska-saponaria-officinalis/>
- [12] <http://www.obnizcholesterol.pl/zly-cholesterol-ldl/>
- [13] Modnicki D., *Saponiny i surowce saponinowe – znaczenie w kosmetologii*, Kosmetologia Nr 1, 2011, ss. 35-42, dostępne na stronie internetowej: http://www.sekretywellness.pl/_pliki/publikacja,83827.pdf
- [14] Cuellar M.J., Giner R.M., Recio M.C. i wsp. *Zanhasaponins A and b, antiphospholipase A2 saponins from anantiinflammatoryextract of Zanhaafricanaroot bark*. J Nat Prod; 1997.
- [15] Bader G., Seibold M., Tintelnot K. i wsp., *Cytotoxicity of triterpenoid saponins. Part 2. Relationshipbetween the structures of glycosides of polygalacicacid and theiractivitiesagainstpathogenic Candida species*. Pharmazie 2000.



DAGMARA SPERLING, MARCIN MIŚKIEWICZ

Koło naukowe „BIOACTIVE”

Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności

Politechniki Łódzkiej

Opiekun naukowy: dr inż. Michał Głogowski

ZASADY BEZPIECZEŃSTWA NA TERENIE SKAŻONYM PROMIENIOTWÓRCZO

WPROWADZENIE

26 kwietnia 1986 r. miała miejsce awaria IV bloku elektrowni atomowej w Czarnobylu. Wskutek tej awarii doszło do dwóch eksplozji, pożaru, a tym samym do skażenia ogromnej części terenu pierwiastkami promieniotwórczymi. Była to największa katastrofa w historii energetyki jądrowej. Awaria ta na zawsze zmieniła sposób myślenia o elektrowniach atomowych, wywołując negatywne skojarzenia u milionów ludzi i tworząc wiele mitów dotyczących energetyki jądrowej oraz samej katastrofy w Czarnobylu.

W 2011 roku w wyniku tsunami i trzęsienia ziemi doszło do awarii siódmego (z dziesięciostopniowej skali INES) stopnia w elektrowni atomowej w Fukushima. 14 kwietnia 2011 roku Junichi Matsumoto, pełniący obowiązki prezesa firmy TEPCO, właściciela elektrowni Fukushima I, stwierdził na konferencji prasowej, że z punktu widzenia emisji materiałów radioaktywnych katastrofa była równa katastrofie jądrowej w Czarnobylu lub od niej większa; jednocześnie Japońska Komisja Bezpieczeństwa Nuklearnego oceniała, że ilość uwolnionego materiału promieniotwórczego wynosiła ok. 10% tego, co zostało uwolnione w trakcie katastrofy w Czarnobylu^[1].

PRZYCZYNY AWARII W CZARNOBYLU



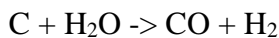
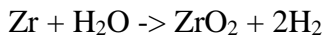
Rys. 1. Makieta przedstawiająca plan elektrowni w Czarnobylu

Po wyłączeniu reaktora jądrowego zawarte w wypalonym paliwie produkty rozszczepienia przez pewien czas wydzielają ciepło. Dlatego niezbędna jest energia (1-2% nominalnej) do napędu pomp chłodziwa. Powszechnym wymogiem jest, by w razie nagłego wyłączenia moment obrotowy turbin zapewnił zasilanie układu chłodzenia, aż do zadziałania awaryjnych generatorów Diesla.

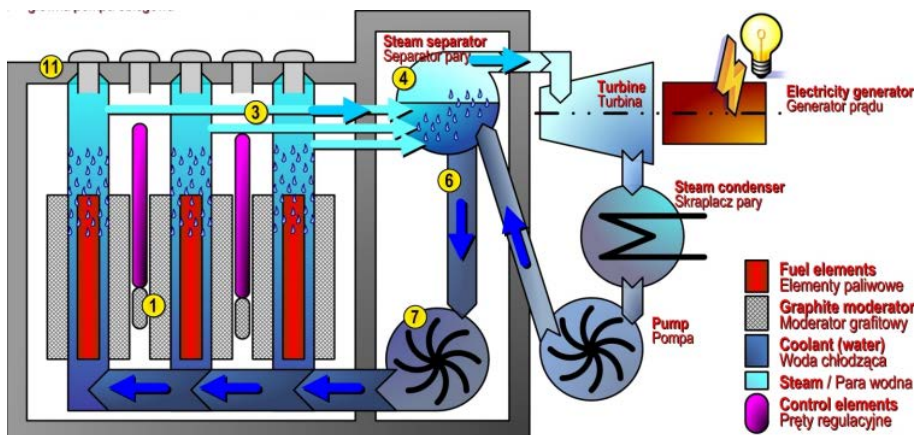
24 kwietnia o godzinie 1:00 rozpoczęto zmniejszanie mocy, o 13:00 odłączono jedną z turbin. Jednak ze względu na duże zapotrzebowanie energii elektrycznej próbę odłożono do 23:00.

26 kwietnia 1986 r. o 01:23 podczas dalszego obniżania mocy wystąpił efekt jej niekontrolowanego wzrostu. Dodatkowo specyficzne cechy systemu prętów kontrolnych powodowały, że przez kilka sekund

po ich zrzucie nastąpił wzrost mocy zamiast zmniejszenia. Ten niezgodny z intuicją efekt nie był znany operatorom. Wzrost mocy cieplnej spowodował 20 sekund po zrzucie prętów kontrolnych (i tym samym wygaszeniu reaktora) wybuch parowy, jak w kotle centralnego ogrzewania. Woda o temperaturze ponad 1100°C weszła w reakcję z cyrkonem koszulek paliwowych i grafitem moderatora.



Drugi (chemiczny) wybuch mieszaniny wodoru z powietrzem zainicjował pożar w 42 sekundzie po wyłączeniu reaktora.



Rys. 2. Budowa reaktora RBMK [8]

Przyczynami awarii były dwa słabe punkty budowy reaktora:

1. Wywołany powstawaniem kieszeni parowych dodatni efekt reaktywnościowy.
2. Nieprawidłowa konstrukcja układu prętów bezpieczeństwa.

Nie ulega również wątpliwości, że operatorzy naruszyli procedury eksploatacji, ale byli też nieświadomi wymogów bezpieczeństwa niezwykle specyficznego projektu reaktora RBMK, potencjalnie niestabilnego.



JAK WYJECHAĆ DO CZARNOBYLA?

Przed wszystkim taka wyprawa jest prawie niemożliwa do zorganizowania „na własną rękę”. W czarnobylskiej Zonie liczą się przede wszystkim znajomości, których nie zdobędziemy w ciągu jednego wyjazdu. Z tego względu najlepiej jechać z zorganizowaną grupą, ale nie jako typowa wycieczka z biura podróży, ale jako grupa pasjonatów. Koszt jest znacznie większy, ale uczestnicy kwaterowani są bezpośrednio w hotelach pracowniczych w Sławutyczu nieopodal Zony.

Najważniejszy w podróży jest paszport. Bez niego nie wjedziemy na teren Ukrainy, ani nie wejdziemy na teren Zony. Aby poruszać się po miejscu katastrofy, trzeba również wynająć przewodnika, choćby oficjalnie, bo dużą część Zony można eksplorować samemu.

ZASADY PANUJĄCE NA TERENIE ZONY

Kontrola paszportowa jest przeprowadzana przed wejściem do Czarnobyla każdego dnia, a niektórzy są również wrywkowo sprawdzani pod kątem wnoszenia alkoholu. Obowiązuje też stan trzeźwości, albo inaczej – nietrzeźwość musi być niewidoczna. Należy również zwracać uwagę na przeklinanie, które może prowadzić do nieprzyjemnych sytuacji. Rezultatem niewłaściwego zachowania może być utrudnienie pobytu w Zonie.

W zamkniętej strefie obowiązuje ubiór całkowicie zasłaniający ciało: długie spodnie, długie rękawy, a także zakryte buty. Ta zasada jest przestrzegana bez względu na pogodę, co istotne zwłaszcza w bardzo ciepłe dni. Buty muszą być pozbawione jakichkolwiek frędzli, futer itp. zbierających kurz z ziemi. Z tego samego powodu konieczne jest też podwinięcie zbyt długich nogawek od spodni.

Nie ma potrzeby wyrzucania ubrań i butów po wyprawie. Obowiązkowa jest jedynie dobra latarka i każdy musi mieć swoją. Przy eksploracji V bloku elektrowni jest to zestaw obowiązkowy (jest to miejsce niebezpieczne).

BEZPIECZEŃSTWO W ZAMKNIĘTEJ STREFIE

- » Przed picciem opłukać usta.
- » Przed załatwianiem potrzeb fizjologicznych opłukać ręce (i po też).
- » Jeść tylko z zamkniętych opakowań np. batony.
- » Chodzić po chodnikach, a nie po wysokiej trawie.
- » Nie wchodzić na stalowe konstrukcje.
- » W przypadku przebywania w pomieszczeniach, gdzie jest dużo kurzu lub został on wzbity przez np. upadek jakiegoś mebla – zakryć usta i nos.
- » Uważać na studzienki kanalizacyjne bez pokryw (łatwo o tragedię).
- » Nie wolno niczego kłaść na ziemię, zwłaszcza plecaków i toreb od aparatów (nie dotyczy statywów).

PROMIENIOWANIE W CZARNOBYLU



Rys. 3. Pomiar dozymetrem

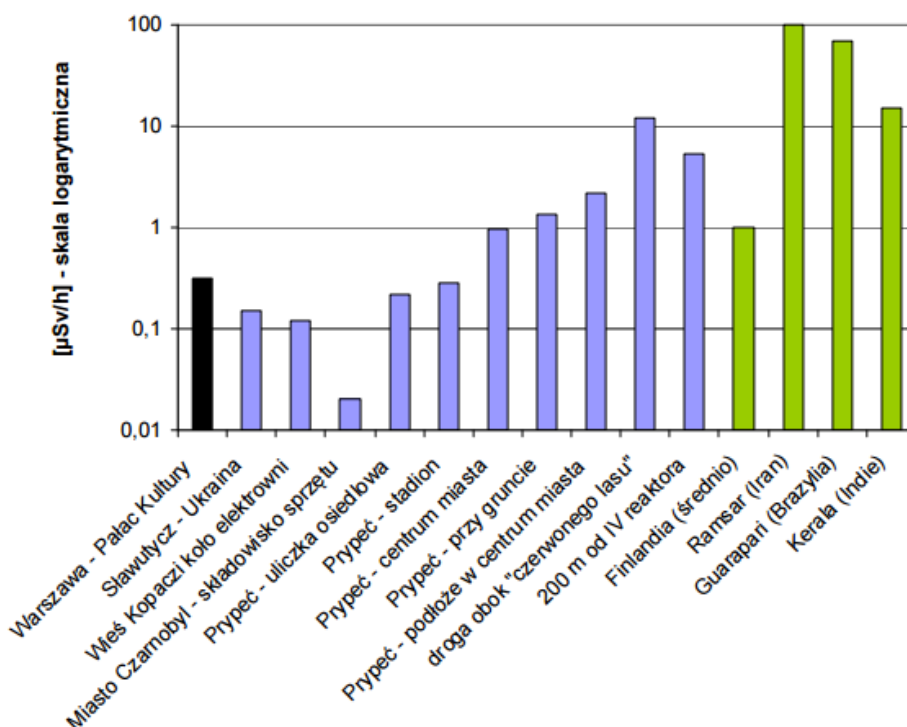
Nawet teraz, wiele lat po katastrofie jaka wydarzyła się w Czarnobylu, badacze prowadzą pomiary promieniowania. Jest to o tyle ważne, że miejsce to jest teraz coraz bardziej popularne turystyczne, gdyż możliwe jest dostanie się na teren Zony grup zorganizowanych. Wcześniej tę możliwość mieli m.in. tylko naukowcy i inni pracownicy Zony.



Elektrownia otoczona jest podwójną strefą: 10 kilometrowa jest całkowicie wysiedlona, a wszelka w niej obecność jest stale monitorowana, a strefa 30 kilometrowa jest tylko częściowo opuszczona. Ostatnie pomiary wykonano w 2011 roku. Na terenie elektrowni licznik Geigera wskazywał około $0,2 \mu\text{Sv/h}$, czyli nie było jakiegokolwiek wzrostu radioaktywności. Następnie dokonano pomiarów w odległości około 200 metrów od sarkofagu słynnego bloku reaktora nr IV. Licznik Geigera wskazywał moc dawki równą $5,39 \mu\text{Sv/h}$. Warto dodać, iż w niektórych miejscach na świecie, gdzie żyją ludzie (np. słynny Ramsar w Iranie czy plaża w Guarapari) tło promieniowania jest porównywalne lub wyższe). W dalszej kolejności dokonano pomiarów w nieistniejącej wsi Kopaczi, gdzie podobno znajduje się prowizoryczne podziemne składowisko odpadów radioaktywnych. Na niewielkim obszarze znajduje się kilka pagórków z tabliczkami ostrzegającymi przed podwyższoną radiacją. Jednak liczniki wskazały moc dawki równą $0,25 \mu\text{Sv/h}$, a przy samym słupku ostrzegawczym – $0,12 \mu\text{Sv/h}$, czyli połowę tego, co w Warszawie pod pałacem kultury. Z kolei w centrum miasta Czarnobyl, odległego od elektrowni o 18 km, moc dawki wynosi około $0,2 \mu\text{Sv/h}$. Ciekawostką jest fakt, iż na miejscowym stadionie znajduje się ekspozycja sprzętu wojskowego używanego w czasie awarii w 1986 r. Zdobią go także tabliczki ostrzegające przed radioaktywnością, lecz liczniki wskazały $0,02 \mu\text{Sv/h}$. Stanowi to dziesięć razy mniejsze tło niż w Warszawie. Prawdopodobnie jest to wynikiem ekranowania promieniowania z gruntu, przez pancerze pojazdów. W następnej kolejności dokonano pomiarów w Prypeci. Miasto to zostało wybudowane dla pracowników pobliskiej elektrowni jądrowej i jest od niej odległe o 1,5 km. Wcześniej jednak zmierzono tło w pobliżu słynnego „czerwonego lasu”. Maksymalna moc dawki jaką zarejestrowano, jadąc drogą, wyniosła niewiele ponad $12 \mu\text{Sv/h}$. Nazwa owego lasu wzięła się stąd, iż zaraz po awarii liście drzew sczerwieniały. Szczątki reaktora opadły właśnie w to miejsce – spowodowało to bardzo wysokie temperatury oraz intensywne promieniowanie. W centrum wysiedlonego miasta widma Prypeć moc dawki wynosi $0,96 \mu\text{Sv/h}$, czyli mniej więcej tyle, ile średnio w całej Finlandii. Jednak w wielu miejscach tło jest niższe. Przykładowo przy wejściu do przedszkola moc dawki wynosi $0,22 \mu\text{Sv/h}$, a na trybunach lokalnego stadionu – $0,28 \mu\text{Sv/h}$. Poziom tła rośnie wraz ze zbliżaniem licznika do gruntu. Jest to

wynikiem wnikania radionuklidów w głębie wraz z deszczem. Moc dawki przy gruncie wynosi średnio ok. 1 $\mu\text{Sv/h}$, lecz zdarzają się miejsca, gdzie zarejestrowano ponad 2 $\mu\text{Sv/h}$. Maksymalnie, i tylko w jednym miejscu w centrum miasta, udało się zaobserwować 4 $\mu\text{Sv/h}$ ^[3,4,5,6,7].

Porównanie mocy dawki dla regionu czarnobylskiego z różnymi miejscami na świecie



Rys. 4. Porównanie mocy dawki dla regionu czarnobylskiego z różnymi miejscami na świecie^[8]

ŻYCIE W CZARNOBYLU



Rys. 5. Opuszczony autobus na terenie Zony

Ze względu na wyludnienie terenu po katastrofie i niską ingerencję człowieka, w Czarnobylu znacząco rozwinęła się fauna i flora. Do jednego z mitów dotyczących promieniowania kwalifikują się wielkie „zmutowane” sumy pływające na terenie Zony. Ryby te są jednak tak duże, gdyż mają wiele pokarmu i nie są odławiane przez człowieka. Żadne badania nie potwierdziły tego, iż ryby uległy mutacji pod wpływem promieniowania.

Cały czas po katastrofie na terenie Czarnobyla żyją jego „rdzenni” mieszkańcy, którzy powrócili do swoich chat, kiedy tylko panika wokół elektrowni opadła. Nazywa się ich samosiolami.



Rys. 6. Budowa nowej Arki, która nakryła sarkofag z reaktorem w 2016 r.

JAK WYGLĄDA FUKUSHIMA KILKA LAT PO AWARII?

W grudniu 2011 roku udało się osiągnąć „zimne wyłączenie” (coldshutdown) częściowo stopionych reaktorów. Planuje się, iż Fukushima Daiichi zostanie rozebrana w ciągu 40 lat. Nie zostanie po niej ślad.

- Faza 1 będzie trwać dwa lata, do momentu, w którym zacznie się usuwać zużyte paliwo z basenów na górnych piętrach reaktorów.
- Faza 2 zajmie kolejne osiem lat, do momentu, w którym rozpocznie się usuwanie szczątków stopionego paliwa z uszkodzonych reaktorów. Zanim to nastąpi trzeba obniżyć poziom promieniowania w reaktorach.
- Faza 3 zakończy się po czterdziestu latach od wybuchu. Po usunięciu stopionego paliwa, elektrownia zostanie rozebrana.



Obecnie trwa praca nad usuwaniem skutków katastrofy. Na terenie Fukushima Daiichi codziennie pracuje siedem tysięcy ludzi. Wylewają beton na terenie elektrowni, instalują ścianę lodu, prowadzą prace naprawcze przy wielkich cysternach na radioaktywną wodę, odgruzowują elektrownię po wybuchach. Wielu z nich to dawni rybacy z okolicznych miast i wiosek, którzy po 2011 roku nie mają już innej pracy.^[2]

CZY NALEŻY BAĆ SIĘ PROMIENIOWANIA?

Jednym z możliwych sposobów mierzenia zaabsorbowanej dawki promieniowania są jednostki Greja (Gy), oprócz tego mamy jeszcze jednostkę zwaną Siwert (Sv). 1 Sv to bardzo duża wartość, dlatego w medycynie zazwyczaj używa się milisiwertów. Przykładowo przy prześwietleniu, nasze ciało absorbuje 0,1–2,5 mSv, przy tomografii jamy brzusznej 8 mSv, a przy tomografii miednicy aż 25 mSv. Nie są to wysoko szkodliwe dawki, ale trzeba mieć na uwadze to, że ciągłe prześwietlenia z czasem mogą odbić się na naszym zdrowiu.

Dawka nie większa niż 0,35 Sv sprawi, że poczujemy się tak, jak podczas zwykłego przeziębienia. Dodatkowymi objawami wskazującymi na chorobę popromienną będą bóle głowy, nudności, zmęczenie i gorączka. Ciężko jest jednoznacznie stwierdzić, że na nią cierpimy, jeżeli nie byliśmy świadomi tego, iż nasz organizm został w jakiś sposób napromieniowany. Jeżeli zaabsorbujemy od 1 do 4 Sv, to w naszym organizmie zaczną obumierać leukocyty, erytrocyty i trombocyty – wchodzi one w skład elementów morfotycznych krwi. Nie jest to śmiertelne pod warunkiem, że podejmiemy się transfuzji krwi i będziemy brać odpowiednie antybiotyki. Niestety nasz system odpornościowy może bardzo mocno oberwać, ponieważ spadnie też liczba białych krwinek. Pojawienie się niekontrolowanych krwawień jest efektem zmniejszonej ilości trombocytów – są one odpowiedzialne za proces krzepnięcia krwi. Na koniec dotknie nas jeszcze anemia ze względu na zaniżoną liczbę czerwonych krwinek. Zaabsorbowanie dawki większej niż 2 Sv sprawi, że naszej skórze pojawią się czerwone plamy oraz bąble, zaś



ona sama znacznie odchodzić, pozostawiając nas w niewyobrażalnym bólu. Efekty naskórne pojawią się w ciągu 24h od napromieniowania.

Przyjęcie od 4 do 8 Sv na raz, może okazać się śmiertelne. Objawy, które pojawią się natychmiastowo to wymioty, biegunka, zawroty głowy i gorączka. Bez odpowiedniego leczenia, człowiek umrze w ciągu kilku tygodni. Nawet dzisiejsza zaawansowana medycyna nie uratowałaby nikogo, kto przekroczył dawkę 8 Sv. Wszyscy, którzy zaabsorbowali od 8 do 30 Sv umrą w ciągu kilku tygodni lub dni. Zaabsorbowanie więcej niż 30 Sv zakończy się uszkodzeniami na tle neurologicznym. W ciągu kilku minut, ofiara promieniowania będzie cierpieć na ciężkie wymioty, ostre biegunki, zawroty i bóle głowy. Jeżeli będzie miała szczęście, to straci przytomność, co uwolni ją od tej agonii. W najgorszym wypadku dojdą drgawki i ataksja (utrata władzy nad ruchami). Po 8 godzinach męczarni nastąpi śmierć^[8].

Najbardziej odporna na promieniowanie jonizujące jest bakteria zwana *Deinococcus radiodurans* – znosi bez uszkodzenia dawkę 5000 Sv! Swoją odporność zawdzięcza niezwykle wydajnym mechanizmom naprawy DNA^{[8], [9]}.

PODSUMOWANIE

Mimo, iż katastrofę Czarnobylską uznaje się za największą w energetyce jądrowej, jej skutki są opanowane i nie stanowi ona zagrożenia dla człowieka. W 2016 roku stary reaktor został nakryty nową arką dla zwiększenia bezpieczeństwa, zwłaszcza iż teren katastrofy stał się popularnym miejscem dla turystów. Mit, iż promieniowanie na terenie Zony jest szkodliwe i zabójcze został obalony. Wskazania licznika podczas badań z 2011 roku świadczą o tym, iż tylko w niektórych miejscach może występować wyższa radioaktywność. Nie jest ona jednak szkodliwa dla człowieka, który przestrzega zasad bezpieczeństwa w Zonie, opisanych w tymże artykule. Również po awarii w Fukushima trwają prace, które mają na celu zapewnić bezpieczeństwo ludziom i środowisku, chociaż emisję promieniotwórczości do środowiska po awarii ocenia się na jedynie 10% tego, co zostało wyemitowane przez elektrownię w Czarnobylu.



Każdy człowiek jest narażony na dawki promieniowania, choćby robiąc zdjęcie rentgenowskie bądź lecąc samolotem. Zwiedzenie miejsca po wybuchu elektrowni atomowej nie jest bardziej niebezpieczne, a na pewno gwarantuje niesamowite wspomnienia. Do czego gorąco zachęcamy i namawiamy, aby naocznie rozprawienie się z mitami dotyczącymi awarii elektrowni atomowych.

LITERATURA

- [1] Hugeradiationreleased to severityhike (ang.). yomiuri.co.jp, 2011-04-14. [dostęp 2011-08-23]. [zarchiwizowane z tego adresu (2011-04-13)].
- [2] <http://mediumpubliczne.pl/2016/06/fukushima-daiichi-kiedys-bedzie-park-piec-awarii/> [dostęp 1017-04-10].
- [3] Nowak R., Awaria w EJ Czarnobyl i jej konsekwencje (WFiIS).
- [4] Strupczewski A., Czy awaria taka jak w Czarnobylu może się powtórzyć?, Biuletyn PSE X/2005.
- [5] UNSCEAR 2000, ANNEX J, Exposures and effects of the Chernobylaccident.
- [6] Chernobyl Report-Final-240102, The Human Consequences of the ChernobylNuclearAccident, A Strategy for Recovery, A Report Commissioned by UNDP and UNICEF with the support of UN-OCHA and WHO 25 January 2002.
- [7] The Chernobyl Forum (Belarus, the Russian Federation, Ukraine, FAO, IAEA, UNDP, UNEP, UNSCEAR, UN-OCHA, WHO, WORLD BANK GROUP), -: Chernobyl'sLegacy: Health, Environmental and SocioeconomicImpacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine, Vienna 2005.
- [8] <http://www.polityka.pl/tygodnikpolityka/nauka/1514050,1,promieniowanie---bezpieczne-i-nie.read> [dostęp 1017-04-10].
- [9] <http://www.ekologia.pl/ciekawostki/fizyk-jadrowy-o-dopuszczalnych-dawkach-promieniowania,15054.html> [dostęp 1017-04-10].



SEBASTIAN PLUTA

Koło naukowe „BIOACTIVE”

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska

Politechniki Łódzkiej

Opiekun naukowy: dr inż. Michał Głogowski

BEZPIECZEŃSTWO PRACY PODCZAS PROCESU ODLEWANIA METODĄ ODŚRODKOWĄ

Odlewanie w formach wirujących, zwane też odśrodkowym, polega na kształtowaniu odlewów z metali, tworzyw sztucznych oraz ceramiki z wykorzystaniem siły odśrodkowej. Technologia ta była stosowana już w starożytności o czym świadczyć mogą znaleziska z III w. n.e., jednak dopiero koniec XIX w. przyniósł jej rozwój oraz zapewnił miejsce wśród podstawowych technik odlewania. Na przestrzeni lat pracowano nad poprawieniem kultury pracy maszyn odlewniczych oraz zapewnieniem bezpieczeństwa osobom je obsługującym. W niniejszej pracy zostaną opisane zagrożenia związane z obsługą maszyn przeznaczonych do odlewania metodą odśrodkową oraz środki zapobiegawcze stosowane przez konstruktorów oraz osoby zajmujące się wykonywaniem odlewów^[1]

WPROWADZENIE

Odlewnictwo to technologia pozwalająca otrzymać wyroby o pożądanym właściwościach oraz strukturze przez zalewanie odpowiednio przygotowanych form materiałem w formie ciekłej, który dzięki procesowi krzepnięcia zmienia swój stan skupienia z ciekłego w stały^[2].

Historia odlewnictwa sięga około 6000 lat. Pierwsze odlewy powstawały na terenach dzisiejszej Syrii i Iranu. Odlewy wykonywano

w formach wykonanych przez wydrążenie pożądaných kształtów w kamieniu, glinie czy ziemi. Dzięki technologii odlewania, jeszcze przed naszą erą powstały takie stopy, jak brąz czy mosiądz, które do dziś cieszą się wielką popularnością.



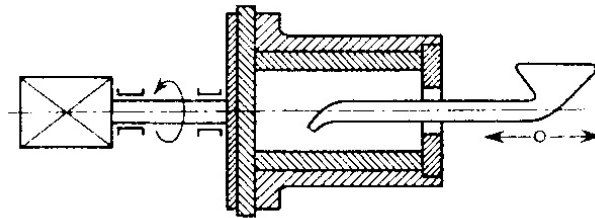
Rys. 1. Forma jamowa w kamieniu wapiennym z Ras-Shamara w Małej Azji: A – siekiera, B – sierpa^[3]

Na przestrzeni wieków odlewnictwo było prężnie rozwijającą się gałęzią przemysłu metalurgicznego. Przedmioty wykonane dzięki tej technologii towarzyszyły zarówno wszystkim wielkim wojnom i rewolucjom w postaci broni czy pancerza jak i zwykłym ludziom podczas prostych czynności domowych^[3].

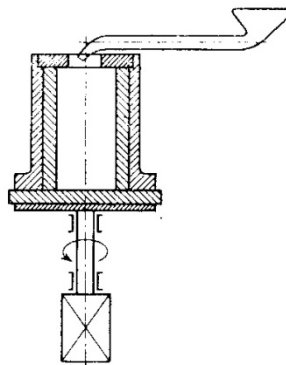
ODLEWANIE ODŚRODKOWE

Zapoczątkowana w XVIII wieku rewolucja przemysłowa przyniosła ze sobą szereg zmian. Rozkwit przemysłu sprawił, że ludzie dokładali jeszcze większych starań do opracowywania nowych technologii oraz rozwijania już istniejących. Pierwszy patent wykorzystujący technologię odlewania w formach wirujących pochodzi z 1809 r. Kolejne lata tego stulecia przyniosły znaczny rozwój odlewania odśrodkowego. Obecnie wyróżniamy trzy podstawowe sposoby odlewania wykorzystujące działanie siły odśrodkowej:

1. Odlewanie odśrodkowe właściwe, które charakteryzuje się tym, że oś odlewu pokrywa się z osią wirowania, odlew przybiera kształt bryły obrotowej, ograniczonej z zewnątrz ścianką formy, od wewnątrz natomiast powierzchnią swobodną ciekłego i krzepnącego metalu ukształtowaną podczas wirowania. Sam proces może odbywać się zarówno z pionową jak i poziomą osią obrotu.

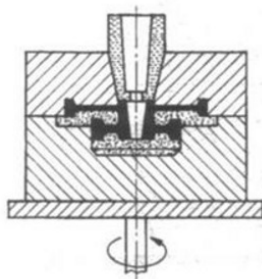


Rys. 2. Schemat odlewania odśrodkowego właściwego w formie z poziomą osią obrotu



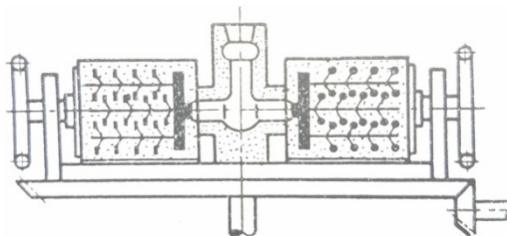
Rys. 3. Schemat odlewania odśrodkowego właściwego w maszynach z pionową osią obrotu

2. Odlewanie półodśrodkowe, gdzie oś odlewu pokrywa się z osią wirowania, jednak powierzchnie wewnętrzną uzyskuje się w wyniku odwzorowania przez rdzeń.



Rys. 4. Schemat odlewania półodśrodkowego

3. Odlewanie pod ciśnieniem odśrodkowym, gdzie wlew główny jest umieszczony w pionowej osi wirowania, a ciśnienie siły odśrodkowej pozwala na wypełnienie ciekłym metalem wnęk formy, rozłożonych wokół wlewu^[1,4,5].



Rys. 5. Schemat odlewania pod ciśnieniem odśrodkowy

WADY I ZALETY

Odlewanie w formach wirujących niesie posiada wiele zalet. Odlewy wykonane metodą odśrodkową charakteryzują się lepszymi własnościami wytrzymałościowymi niż odlewy wykonane w kokilach (formach odlewniczych wielokrotnego użytku wykonanych z metalu) zalewanych grawitacyjnie czy w formach piaskowych. Możliwe jest uzyskanie dużo mniejszej porowatości odlewów. Nie bez znaczenia pozostają również względy ekonomiczne. Dzięki zmniejszeniu bądź całkowitemu



wyeliminowaniu układów wlewowych i nadlewów proces produkcji staje się tańszy. Niestety omawiany proces ma też wady. Wysoki koszt maszyn do odlewania oraz ich eksploatacji sprawia, że używanie ich staje się opłacalne jedynie przy wykonywaniu dużych serii odlewów. Kolejnymi wadami jakie można wyróżnić to mała uniwersalność urządzeń oraz duże trudności przy mechanizacji oraz automatyzacji procesu^[1,4,6].

CHARAKTERYSTYKA URZĄDZEŃ DO ODLEWANIA ODŚRODKOWEGO

Rozwój przemysłu, który przyniósł ze sobą zapotrzebowanie na bardzo różnorodne odlewy wykonywane metodą odśrodkową, wymusił na konstruktorach projektowanie urządzeń o bardzo różnorodnych cechach. Do najważniejszych możemy zaliczyć ilość równocześnie zwirowanych zestawów form, sposób doprowadzenia ciekłego metalu do wnętrza formy, usytuowanie osi wirowania formy w przestrzeni, sposób mocowania zestawu formy do urządzenia, rodzaj materiału formy, prędkość obrotu formy w czasie wirowania, system zmiany prędkości obrotu formy, rodzaj napędu wirowania formy, system usuwania odlewu z formy, rodzaj napędów głównych i pomocniczych oraz systemy wyhamowywania wirującej formy. Najważniejszym aspektem podczas projektowania maszyny jest jednak zapewnienie największego bezpieczeństwa osobom je obsługującym. Urządzenia do odlewania odśrodkowego, w stosunku do odlewania grawitacyjnego charakteryzują się dużo wyższym wskaźnikiem niebezpieczeństwa ze względu na zawirowanie masy ciekłego metalu oraz transport ciekłego metalu do i od urządzenia. Bezpieczeństwo podczas eksploatacji takich urządzeń znacząco zwiększa odpowiednie wyważanie wirujących mas^[1,4].



ZAGROŻENIA

Zestaw formy jest podstawowym elementem wirującym w urządzeniach do odlewania odśrodkowego. Ze względu na to powinien on być jak najlepiej wyważony. W praktyce, jednak pełne wyważenie formy, szczególnie w okresie wypełniania, nastęrcza poważnych trudności. Dopuszczalne niewyważenie formy określone jest wzorem:

$$q \cdot R_n \leq \frac{4500 \cdot G}{n_f} \quad (1)$$

gdzie: q – ciężar niewyważonej masy [kG],

R_n – odległość środka ciężkości niewyważonej masy od osi wirowania [cm],

G – ciężar wirującej masy [kG],

n_f – częstotliwość obrotów [1/min].

Kolejnym zagrożeniem na jakie narażeni są pracownicy obsługujący maszyny przeznaczone do odlewania w formach wirujących to kontakt z rozbryzującym się ciekłym metalem oraz rozpryskiem cieczy chłodzącej, która podczas ochładzania formy osiąga wysokie temperatury. Miejscem w którym niebezpieczeństwo rozbryzgu ciekłego metalu jest największe to strona czołowa formy^[1].



BEZPIECZEŃSTWO

Aby zabezpieczyć pracowników przed kontaktem z rozbryzgującym się ciekłym metalem stosuje się osłony z wyprofilowanymi kołnierzami, które nierzadko chronią również przed rozpryskiem cieczy chłodzącej. Należy również pamiętać o ochronie przed napromieniowaniem cieplnym, parami i dymami czy nadmiernym hałasem. Posadzki wokół stanowisk zalewania form powinny być suche a w ich bezpośrednim sąsiedztwie nie powinny znajdować się żadne płyny czy materiały łatwopalne. Pracownicy mający bezpośredni kontakt z ciekłym metalem powinni zostać wyposażeni w odzież ochronną wykonaną z tkaniny wełnianej lub metalizowaną, wykazującą się właściwościami utrudniającymi zapłon w przypadku kontaktu z gorącymi substancjami. Powinni być również wyposażeni w specjalistyczne okulary ochronne oraz osłony twarzy^[1,7].

Osoba obsługująca daną maszynę powinna znać szczegółową instrukcję obsługi dopasowaną do jej indywidualnej budowy oraz wszystkie zagrożenia wynikające z użytkowania tej maszyny. W instrukcji powinno się szczególnie podkreślić takie aspekty, które wpływają na bezpieczeństwo pracy i to, że wszystkie wirujące części maszyny powinny być wyważone oraz osłonięte, szczególnie miejsca takie jak płaszczyzny podziału prostopadłe do osi wirowania, które są narażone na wyciekanie metalu; wszystkie części maszyny powinny być odpowiednio osadzone w przeznaczonych do tego miejscach, aby nie dopuścić do wyciekania ciekłego metalu. Jakiegokolwiek regulacje czy naprawy formy powinny być dokonywane wtedy, kiedy jest ona w spoczynku. Napełnianie formy natomiast powinno się odbywać tylko wtedy, gdy jest ona sucha, to samo dotyczy kadzi oraz rynien do tego wykorzystywanych^[1,7].

PODSUMOWANIE

Hutnik to jeden z najniebezpieczniejszych zawodów świata. Wysokie ryzyko doznania oparzeń termicznych trzeciego lub czwartego stopnia.



Kontakt ze szkodliwymi dla zdrowia substancjami powstającymi podczas procesu to jedno z licznych zagrożeń, na które narażony jest hutnik podczas każdego dnia pracy. Naukowcy dokładają wszelkich starań, żeby zapewnić jak największe bezpieczeństwo osobom wykonującym ten zawód, jednak ze względu na specyfikę zagrożeń powinno się przykładąć dużą uwagę do przestrzegania norm oraz przepisów BHP, gdyż nawet najmniejszy błąd lub niedopatrzenie może doprowadzić do tragedii.

LITERATURA

- [1] Górny Z., *Odlewanie w formach wirujących*. Warszawa, WNT 1966.
- [2] <http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/odlewanie;3949879.html>
- [3] Gierdziejewski K., *Zarys dziejów odlewnictwa polskiego*, PWT 1954.
- [4] Murza-Mucha P., *Techniki wytwarzania – odlewnictwo*. Warszawa, PWN 1978.
- [5] <http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/rewolucja-przemyslowa;3967502.html>
- [6] <http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/kokila;3923738.html>
- [7] Bryła R., *Bezpieczeństwo pracy w hutnictwie. Odlewnia metali nieżelaznych*, „Promotor BHP” nr 6, 2016, ss. 12-14.



SZYMON STRĄK

Koło naukowe „Sukces”

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska

Politechniki Łódzkiej

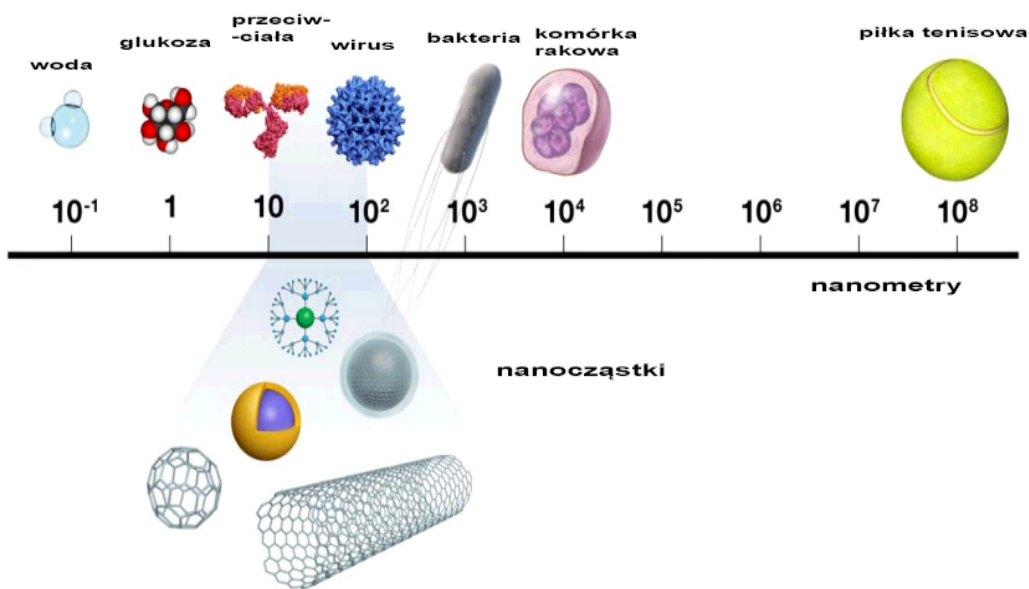
Opiekun naukowy: mgr inż. Artur Lewandowski

BEZPIECZEŃSTWO W NANOTECHNOLOGII

Świat nanocząstek na dobre rozbudził fantazje ludzi w wielu gałęziach nauki i przemysłu. Potencjał wykorzystywania niezwyklej i nieosiągalnych przedtem właściwości nanomateriałów jest olbrzymi, a proces włączania ich do produkcji rozkwita z roku na rok. Mimo zachwyty społeczeństwa nad kolejnymi naukowymi doniesieniami, nanoskala przynosi też negatywne efekty, którym należałoby przeciwdziałać. Można wskazać kilka zagrożeń, takich jak toksyczność czy ryzyko wybuchu. Największe obawy budzi jednak fakt, iż cała ta technologiczna rewolucja zdaje się być zupełnie poza kontrolą prawną z powodu braku kompleksowych norm, a używane substancje i materiały nie są wystarczająco przebadane pod kątem wpływu ich oddziaływania na zdrowie i życie człowieka. Zatem same specyficzne procesy nanotechnologiczne nie są jedynym celem uwagi służb bezpieczeństwa. Poniższy artykuł traktuje o nowej i bardzo prężnie rozwijającej się dziedzinie nauki i gałęzi przemysłu jaką jest nanotechnologia oraz przedstawiono nadzieje i obawy z nią związane. Treść zawiera również opis sytuacji prawnej oraz wizję bhp i działań zapobiegawczych w użytkowaniu takowych technologii.

WPROWADZENIE

Nanotechnologia dotyczy kształtowania struktury na poziomie nanometrów (najczęściej przyjmuje się zakres od 1 do 100 nm) i jest ogólną nazwą całego zbioru technik i sposobów badania, projektowania, tworzenia elementów materii o niespotykanych wcześniej (w skali makro) właściwościach fizykochemicznych. Nanoskala dotyczy cząstek mniejszych niż wielkość komórki rakowej lub bakterii i pokrywa się dopiero z rozmiarami wirusów i przeciwciał, co za tym idzie ukazuje się tu wysoka bioaktywność takich struktur oraz to, że wszelka ich obserwacja i charakteryzacja jest niemożliwa tradycyjnymi metodami optycznymi i trzeba uciekać się do mikroskopu elektronowego.



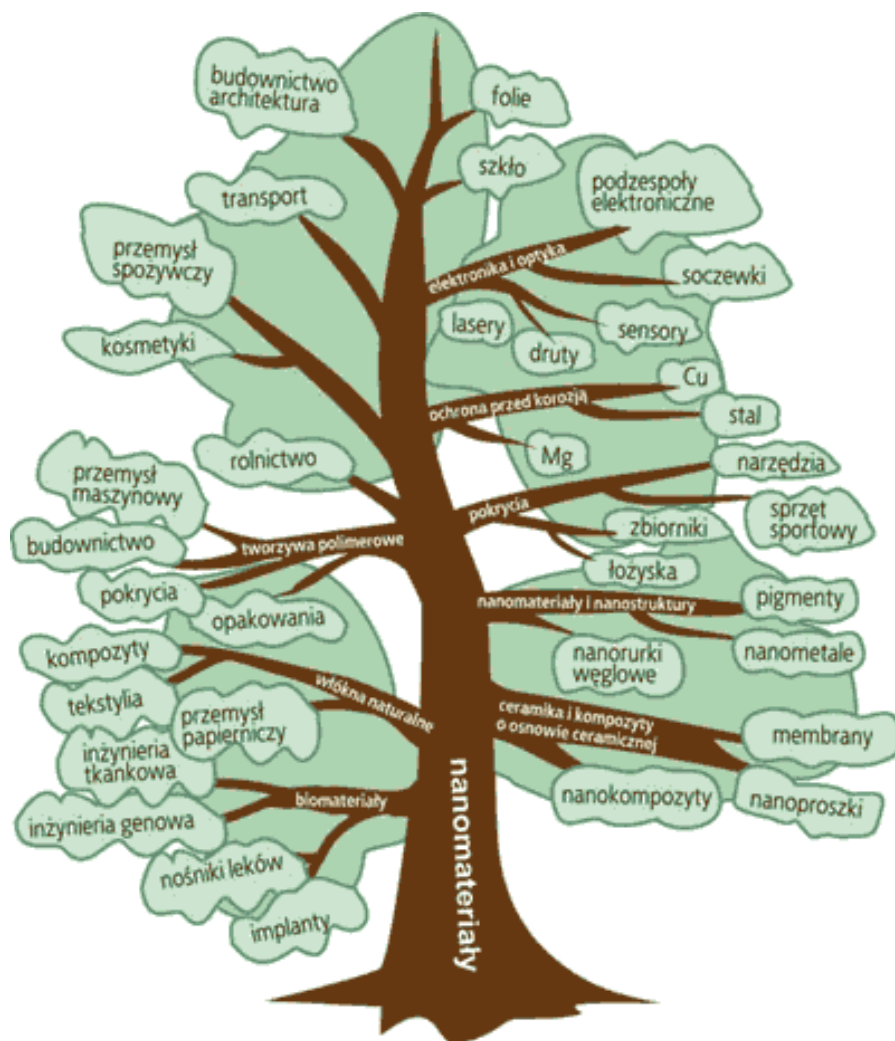
Rys. 1. Nanoskala



EFEKT NANOSKALI I ZASTOSOWANIA NANOMATERIAŁÓW

Innowacyjność podejścia nanotechnologii wśród innych dziedzin inżynierii materiałowej polega na tym, że morfologia i rozmiar poszczególnych elementów struktury może mieć większy wpływ na właściwości substancji niż jej skład chemiczny. Nowe właściwości ujawniają się jedynie po przekroczeniu krytycznej wielkości ziarna danej substancji – stopnia rozdrobienia, co nazywane jest efektem nanoskali. Konwersja zwykłych substancji do nanoskali wiąże się ze zmianą takich parametrów tej substancji, jak: wytrzymałość mechaniczna, odporność termiczna, rozmiar, przewodność cieplna, rezystywność, zdolność do gromadzenia ładunku statycznego, antybakteryjność i właściwości biobójcze, aktywność biologiczna, właściwości optyczne, wybuchowość itp.

Ze względu na tak duży zakres zmienności cech materiałów, nanomateriały są lub będą przyczyną rewolucji lub co najmniej rozwoju w wielu gałęziach przemysłu. Coraz częściej by odnieść przewagę nad konkurencją trzeba szukać rozwiązań nanotechnologicznych, stąd też wszelkie przewidywania wskazują na dalszy i jeszcze dynamiczniejszy rozwój tej nauki. Obecnie, w zastosowaniach na szeroką skalę, nanocząstki znajdziemy głównie w lakierach i produktach kosmetycznych ze względu na wysoką wchłanianość takich substancji czy jako dodatków do bazy. Zarówno lekkie, jak i twarde kompozyty, z których są wykonane obudowy współczesnych smartphone'ów korzystają z domieszek nanocząstek. Od starożytności używa się srebrnych naczyń i sztuców w gastronomii, ponieważ wykazują właściwości antybakteryjne, więc żywność się nie psuje. Dzieje się tak, ponieważ na ich powierzchni znajduje się biobójcze nanosrebro. Tak małe cząstki są wysoce aktywnie biologicznie i używa się ich wszędzie tam, gdzie chce się otrzymać sterylne i higieniczne warunki. Grafika na rysunku 6 przedstawia obszar działań nanotechnologii wraz z innymi szerokimi zastosowaniami.



Rys. 6. Zastosowanie nanomateriałów

Szacuje się, że dzięki nanocząstkom już w niedalekiej przyszłości będzie możliwa tańsza produkcja solarnej energii i czystej wody pitnej niż ma to miejsce obecnie. Zmieni się także terapia onkologiczna, w której interwencja chirurgiczna będzie rzadkością, również terapia wielu innych chorób będzie tańsza, efektywniejsza, a co najważniejsze wysoce spersonalizowana. Ulepszenia będą także w ogólnie pojętym transporcie, który zwróci się w stronę ekologii dzięki nowym ogniwom paliwowym, bateriom, superkondensatorom i lekkim materiałom o niegorszych parametrach



wytrzymałościowych niż te używane dzisiaj. Nanotechnologia może przynieść także tanie i lepsze źródła światła, sztuczną inteligencję przy zbudowaniu superkomputera oraz wiele innych rozwiązań.

TECHNOLOGIE OTRZYMYWANIA NANOCZĄSTEK

Metody technologiczne, które używa się przy produkcji cząstek w skali nano, można podzielić na dwa odrębne nurty: top-down („z góry do dołu”) i bottom-up („z dołu do góry”). Procesy top-down polegają na takim ścieraniu i rozdrabnianiu litego materiału, które doprowadzi do stopniowego wyodrębnienia się nanostruktur. Używane w tym podejściu techniki to głównie metody fizyczne. Warsztat bottom-up polega na reakcjach chemicznych, w których poszczególne atomy łączą się w klaster (większe zespoły), zanim powstanie pożądana nanoorganizacja cząsteczek danej substancji. Przykładowymi technikami prowadzącymi do powstawania takich cząstek są:

- strącanie,
- metoda zol-żel,
- metody koloidalne,
- metody solwotermalne,
- metoda samoorganizacji,
- metoda wyładowania łukowego,
- rozdrabnianie wybuchowe i elektroeksplozja,
- techniki mikrofalowe,
- techniki ultradźwiękowe,
- metoda próżniowego odparowania przepływającego płynu,
- metoda elektroosadzania,
- powlekanie obrotowe,
- strącanie w płynach w stanie nadkrytycznym,
- kontrolowana krystalizacja z amorficznych prekursorów,
- metody z udziałem mikroorganizmów.



Na dzień dzisiejszy procesy te nie dają hurtowych ilości nanocząstek, wciąż są trudne i kosztowne do przeprowadzenia, a przy tym wiążą ze sobą szereg czynników zagrażających życiu i zdrowiu ludzi.

RYZIKO POŻARU I WYBUCHU

Intuicyjnym zjawiskiem jest fakt, że rozdrobnienie materii sprzyja wytworzeniu się w powietrzu atmosfery wybuchowej. Odpowiednio rozproszona mąka w powietrzu pali się i wybucha, podczas gdy w postaci skupionej nie wykazuje zdolności palnej przy przyłożonym płomieniu. Tak samo jest z nanocząstkami, jednakże niebezpieczeństwo jest dużo większe, ponieważ wolne opadanie – nawet do kilkunastu dni – lekkich nanocząstek, np. nanoaluminium sprzyja wytworzeniu się chmur pyłowych i utrzymaniu ich jeszcze na długo po skończonej pracy na danym stanowisku. Ponadto, na rozwiniętych powierzchniach gromadzi się większy ładunek elektrostatyczny, który może być skutecznym czynnikiem zapłonu. Dla wybranych sytuacji kolejnym źródłem zagrożenia pożarem lub wybuchem może być zaobserwowane przez badaczy działanie niektórych substancji w skali nano jako katalizator w reakcjach chemicznych. Złoto, które jest metalem obojętnym w skali makro, jako nanocząstka przyspiesza przebieg reakcji chemicznej, z czym może się wiązać nagłe wydzielanie się dużej ilości ciepła.

TOKSYCZNOŚĆ

Cząstki występujące w nanoskali są oskarżane o działanie rakotwórcze, mutagenne i patogenne ze względu na zdolność penetracji organizmu i dużą bioaktywność. Narażenie na nanocząstki może zachodzić drogą oddechową, pokarmową oraz przez skórę, a także podejrzewa się drogę neuroalną na co wskazują badania na szczurach, które dostały nowotworów mózgu przez wystawienie na działanie nanocząstek ditlenku tytanu na nerw węchowy. Co więcej, dzięki małej średnicy nanocząstki charakteryzują się dużą

powierzchnią przy małej objętości, co sprawia, że są bardziej aktywne biologicznie, a co za tym idzie – bardziej toksyczne niż ich klasyczne odpowiedniki.

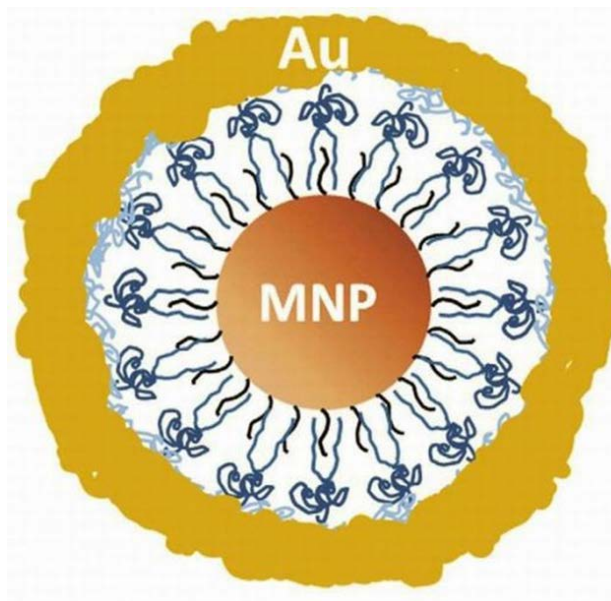
Opracowany w trakcie warsztatów NATO Advanced Research Workshop raport „Environmental Risk and Benefits and Emerging Consumer Products wskazuje cztery mechanizmy toksyczności tych niewielkich struktur:

1. Uwalnianie się fragmentów struktur np. jonów, które mogą oddziaływać z napotkanymi układami biologicznymi, inicjując niepożądane następstwa toksyczne.
2. Rozmiar i struktura pozwala na swobodną penetrację organizmu i pokonywanie nawet takich barier jak krew-mózg
3. Reaktywność powierzchni i jej właściwości fotochemiczne, gęstość ładunku i lokalne natężenie pola elektrycznego – emitowanie elektronów przez nanometrowe cząstki i uruchomione przez nie serie reakcji chemicznych zaburzają naturalną homeostazę komórek.
4. Zdolność nanomateriałów do bycia transporterem dla innych toksycznych substancji do wnętrza organizmu, tzw. efekt konia trojańskiego.



Rys. 7. Mechanizmy toksyczności nanocząstek

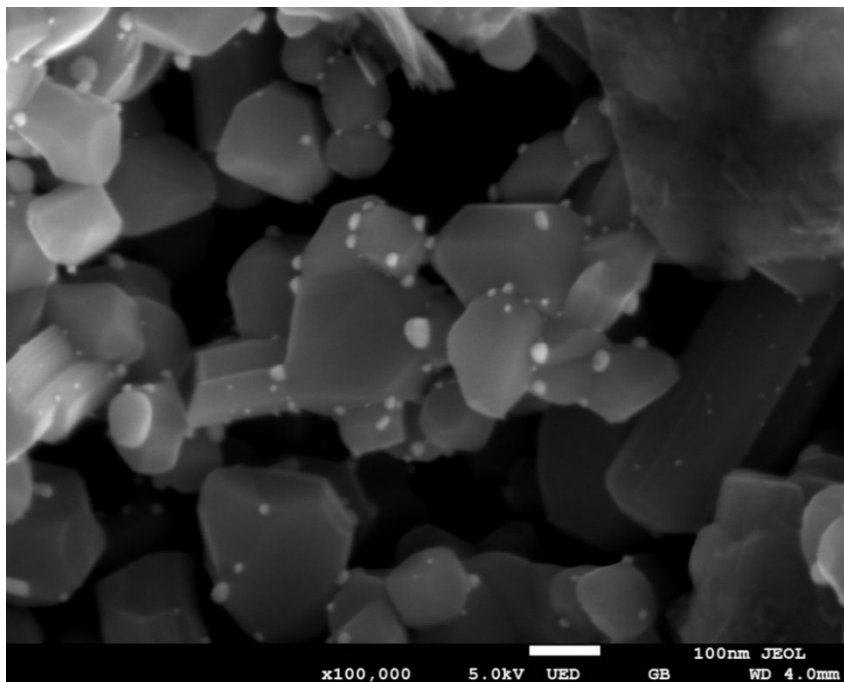
Wyżej opisana toksyczność powoduje stres oksydacyjny. Stres oksydacyjny występuje wtedy, kiedy organizm ma niewystarczającą przewagę przeciwutleniaczy nad utleniaczami. Procesy metaboliczne zachodzące w naszym organizmie powodują powstawanie wolnych rodników, czyli cząsteczek posiadających brakujący elektron. Chcąc przyłączyć ten elektron, wolne rodniki wchodzą w reakcję z czymkolwiek, co napotkają na swojej drodze, „kradnąc” napotkanym komórkom brakujący elektron. Sytuacja to może wywołać takie choroby, jak: miażdżycę, nowotwory, przewlekłą obturacyjną chorobę płuc, cukrzycę, choroby serca, stany zapalne, choroby neurodegeneracyjne (np. Alzheimer, Parkinson) czy reumatoidalne zapalenie stawów.



Rys. 8. Osnowa ze złota nanocząstki wykorzystywanej w kontraście

Na obronę nanocząstek można przedstawić fakt, że nanocząstki jako niezależne, wolne układy występują niezwykle rzadko. Częściej spotyka się formy uwięzione w specjalnych osnowach bądź podłożach, będącymi zazwyczaj niechcianymi pozostałościami po technologicznym procesie otrzymywania, co skutecznie ogranicza zdolność przyłączania się takich struktur do innych. Ponadto, nanocząstki naładowane dodatnio są

wychwytywane przez ujemnie naładowaną warstwę śluzu i nie docierają do enterocytów.



Rys. 9. Nanocząstki srebra na nośniku TiO_2 odmiany rutylowe

NANOMATERIAŁY A PRAWODAWSTWO W UE I NA ŚWIECIE

„Co nie jest zakazane, to jest dozwolone” to zasada, która zdaje się, że obecnie wiedzje prym w posługiwaniu się nanotechnologią z powodu braku prawnych restrykcji, a których sensowne wdrożenie nie jest proste i wymaga wielu lat badań i ustaleń. Jednak, nie można zarzucić, że nie podjęto prób i działań normalizacyjnych. Główne instytucje, które starają się unormować szerokie zagadnienia nanotechnologiczne i związane z nimi problemy to:

- Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna ISO
- Europejski Komitet Normalizacyjny CEN



- Instytut Pomiarów i Materiałów Odniesienia IRMM
- British Standards Institution BSI
- Amerykańskie Stowarzyszenie Badań i Materiałów ASTM
- Grupy Robocze OECD do spraw nanotechnologii
- Polski Komitet Normalizacyjny KT 314 „Nanotechnologia”

Obszar działań normalizacyjnych, wymagających jak najszybszej prawnej interwencji, świetnie obejmują ramy **Komitetu Technicznego ISO/TC 229 „Nanotechnologies”**, wpracuje sześć podgrup tematycznych:

1. ISO/TC 229/JWG1: **Terminologia i Nomenklatura**. Normy definiujące terminy w celu jednoznacznej interpretacji informacji.
2. ISO/TC 229/JWG2: **Pomiary i charakteryzowanie**. Normy dotyczące metod i parametrów pomiarowych, z uwzględnieniem materiałów wzorcowych. Wśród specyfikowanych parametrów są: kształt rozmiar cząstek, właściwości fizykochemiczne, właściwości optyczne.
3. ISO/TC 229/WG3: **Aspekty zdrowia, bezpieczeństwa i ochrony środowiska w nanotechnologii**. Normy dotyczące między innymi toksyczności i ekotoksyczności nanomateriałów, metod pomiarowych w tej dziedzinie, warunków bezpieczeństwa w kontakcie z nanomateriałami.
4. ISO/TC 229/WG4 **Specyfikacja nanomateriałów**.
5. ISO/TC 229/TG2: **Konsumencki i społeczny aspekt nanotechnologii**.
6. ISO/TC 229/TG3: **Nanotechnologia i zrównoważony rozwój**.

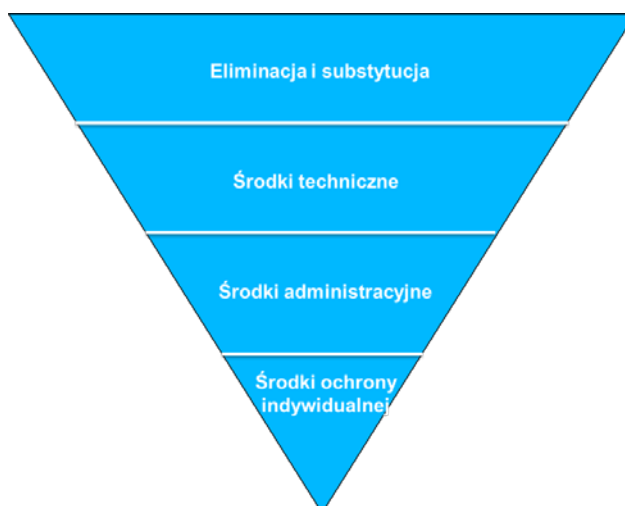
Na skutek braku kompleksowych norm przedsiębiorstwa lub instytuty badawcze pracujące z nanocząstkami stosują własne zapobiegawcze wytyczne w zakresie bezpieczeństwa i wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń na stanowisku pracy.

Dla przykładu rekomendowane limity stężeń nanocząstek w środowisku pracy wg BSI (British Standard Institution) polegają na mnożeniu danego wskaźnika NDS określonego dla substancji w skali makro/mikro przez ułamek dla szczególnej klasy nanomateriału i jest to powszechny trend w opracowywaniu takich limitów.

- Nanocząstki materiałów słabo- i nierozpuszczalnych w wodzie:
0,066 x NDS
- Nanocząstki materiałów dobrze rozpuszczalnych w wodzie:
0,5 x NDS
- Nanocząstki materiałów sklasyfikowanych jako rakotwórcze,
mutagenne działające szkodliwie na rozrodczość: 0,1 x NDS
- Nanowłókna 0,01 włókna/mL

ŚRODKI OCHRONY PRZED NARAŻENIEM NA NANOCZĄSTKI

W celu ograniczenia ryzyka zawodowego w BHP zawsze stosuje się hierarchię środków profilaktycznych, mającą kształt odwróconej piramidy, w której każdy kolejny stopień może zapewnić mniejszą ochronę zdrowia i życia pracownika niż poprzedni.



Rys. 10. Hierarchia środków profilaktycznych



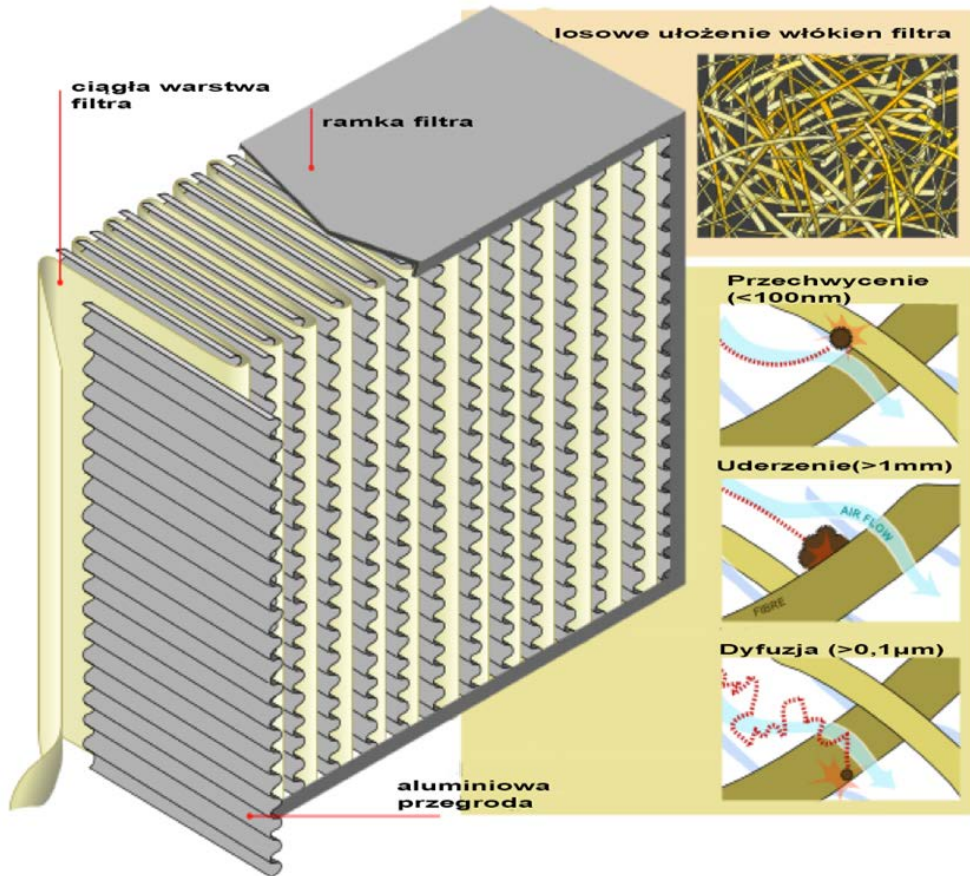
Eliminacja i substytucja

W odniesieniu do nanocząstek eliminacja i substytucja, objawia się głównie przez minimalizację ekspozycji wziewnej, gdyż kosztowny i trudny proces otrzymania nawet małej ilości nanosubstancji nigdy nie jest bezcelowy, więc nie rezygnuje się z ich użycia. Może temu służyć zastąpienie suchych nanoproszków na koloidy, pasty, zawiesiny oraz stosowanie metod obróbki, które generują jak najmniej aerozoli i pyłów np. rozprawianie pędzlem zamiast stosowania natrysku.

Techniczne środki ochrony pracowników

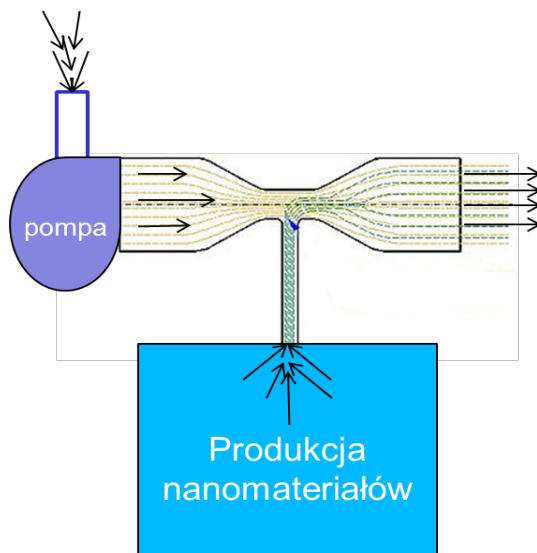
Nanocząstki ze względu na swoje zdolności penetracyjne trzeba odseparowywać od człowieka przez zamknięte systemy produkcyjne oraz obudowy i osłony urządzeń emitujących nanocząstki, a mieszanie i suszenie nanoproszków powinno odbywać się w komorach rękawicowych, tzw. Glove-boxy. Na stanowiska pracy powinny być używane wysokosprawne filtry zanieczyszczeń stałych HEPA i ULPA oraz lokalnych wyciągów wyposażonych w takie filtry. Budowa i sposób odsiewu nanocząstek takim filtrem przedstawiono poniżej, gdzie cząsteczki o rozmiarach nanometrycznych zostają chemicznie przechwytywane z przelatującego powietrza, lecz dokładna formuła tego procesu jest chroniona tajemnicą producenta.

Kolejnym wydajnym technicznym środkiem ochrony przed narażeniem jest lokalne zraszanie powietrza z zastosowaniem dysz atomizacyjnych. Małe krople (np. pochodzące z mgły wody) także charakteryzują się wysoko rozwiniętą powierzchnią w małej objętości, co sprawia, że mogą skutecznie pochłaniać rozdrobnione w powietrzu nanocząstki i tak uwięzione dużo szybciej sprowadzać na ziemię.



Rys. 11. Budowa i działanie filtra HEPA i ULPA

Najrozsądniejszym działaniem w walce ze swobodnie poruszającymi się nanocząstkami wydaje się być podciśnienie w obszarze ich produkcji lub nadciśnienie poza nim, ponieważ wówczas nie ma fizycznej możliwości podróży takich cząstek poza preferowane miejsce eksploatacji.



Rys. 12. Wizja wytwarzania podciśnienia na stanowisku pracy

Organizacyjne środki ochrony (wg OSHA)

OSHA (Occupational Safety and Health Administrator) jak i szereg innych instytucji normalizacyjnych serwuje głównie tylko zalecenia profilaktyczne z pracą z nanomateriałami oraz ogólne zasady bezpieczeństwa, takie jak:

- szkolenie pracowników w zakresie bezpiecznego postępowania z nanomateriałami w celu zmniejszenia ryzyka narażenia drogą oddechową i przez kontakt nanocząstek ze skórą,
- stosowanie dodatkowych środków kontroli (np. stref buforowych, czyszczenia wyposażenia pracowników) w celu zapewnienia, że nanomateriały nie są przenoszone poza miejsce pracy,
- unikanie prac z suchymi nanoproszkami na wolnym powietrzu,
- przechowywanie suchych nanoproszków oraz ich zawiesin w szczelnie zamkniętych pojemnikach.
- unikanie przechowywania i spożywania żywności lub napojów w miejscach pracy, w których znajdują się nanomateriały,
- czyszczenie miejsca pracy oraz aparatury (odkurzacze HEPA i zmywanie na mokro),
- itp.



Środki ochrony indywidualnej pracowników

Ochrona indywidualna pracowników przy pracy z nanocząstkami sprowadza się do uniemożliwienia penetracji organizmu drogą oddechową i skórą. Do ochrony dróg oddechowych należy użyć sprzętu o najwyższej skuteczności ochronnej klasy P3 oraz masek z kapturami/hełmami wyposażonymi w urządzenia wymuszające obieg powietrza w celu pełnego odseparowania od narażenia na te niedostrzegalne cząsteczki.

Skórę chroni się za pomocą ubrań ochronnych, takich jak fartuchy i kombinezony wykonane z gęstej włókniny (np. polietynowy Tyvek), szczelne okulary ochronne z osłonami bocznymi oraz nieprzepuszczalne rękawice ochronne. Te ostatnie nie mogą być wykonane z nitrylu, lateksu i neoprenu, gdyż badania naukowe potwierdzają, że nanocząstki z łatwością się przez nie przedostają. Zaleca się także użycie dwóch różnych warstw materiału.

Środki ochrony przeciwpożarowej

Dodatkowym, ale równie ważnym ze względu na bezpieczeństwo środkiem jest ochrona przeciwpożarowa w przypadku stosowania nanocząstek w zakładzie czy laboratorium. Przede wszystkim należy zapobiegać powstawaniu pyłów przez nawilżenie powietrza, a z miejsca pracy należy usunąć wszystkie możliwe źródła zapłonu. Minimalizując ryzyko wybuchu, powinno się również stosować niskonapięciowe urządzenia elektryczne, a warstwy osiadłego pyłu usuwać na mokro. Przechowywanie materiałów wybuchowych lub łatwopalnych w miejscu pracy powinno być ograniczone do minimum. Powstałe nanosubstancje mogą być przechowywane w workach elektrostatycznych. Prace niebezpieczne, czyli te z bezpośrednim narażeniem na nanocząstki powinny być wykonywane w specjalnie wydzielonych do tego celu strefach pożarowych dla obszarów klasyfikowanych jako pomieszczenia zagrożone wybuchem.



PODSUMOWANIE

Zachwyt nad nanomateriałami, dającymi jakże wiele nowych możliwości, musi być ostudzony przez obawę przed daleko idącymi zagrożeniami i ich skutkami dla życia i zdrowia człowieka. Kolejne badania toksykologiczne i tworzone charakterystyki nowych materiałów powinny iść w parze z pojawianiem się stosownych norm, instrukcji, zasad bezpieczeństwa, ale i ostrych prawnych restrykcji używania tego typu cząstek, gdyż są one po prostu niebezpieczne i wciąż obciążone wielką niepewnością ich wpływu na organizmy żywe. Szczególnie obecny etap rozwoju nanotechnologii, w którym nie mamy pełnych opisów tych substancji, musi przykuwać jak największą uwagę organów prawnonaukowych, ponieważ nanotechnologia stale zwiększa swoją obecność w przemyśle, aby nanocząstki nie okazały się „azbestem XXI wieku”.

LITERATURA

- [1] Świat Nanocząstek – Praca zbiorowa, Wyd. Naukowe PWN, 2016.
- [2] Nanomateriały inżynierskie – Praca Zbiorowa, Wyd. Naukowe PWN, 2010.
- [3] Nanotechnologie – Praca zbiorowa, Wyd. Naukowe PWN, 2012.
- [4] Bezpieczeństwo i higiena pracy a rozwój nanotechnologii, Zapór L., Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy), 2012.
- [5] Ocena zagrożeń ze strony produktów opartych na nanotechnologii – P. Szewczyk, K. Midor, Politechnika Śląska.
- [6] Nanocząstki (część 2) – korzyści i ryzyko dla zdrowia – Świdwińska-Gajewska A., Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi, 2007.
- [7] Toksyczność nanomateriałów – Duszyńska A., 2013.
- [8] Normy i zalecenia ISO, OSHA, IFA, BSI.
- [9] smartechnologies.com.pl
- [10] amcleanroombuild.com



BEDKA AGNIESZKA, ROSIŃSKI MICHAŁ

Studenckie Koło naukowe „OKTAN”

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska

Politechniki Łódzkiej

Opiekun naukowy: dr inż. Michał Tylman, dr inż. Maciej Jaskulski

TOKSYNY ORAZ SUBSTANCJE TOKSYCZNE OBECNE W BUDYNKACH MIESZKALNYCH – DZIAŁANIE, ŹRÓDŁA ORAZ ZAPOBIEGANIE

XXI wiek pełen jest informacji o zagrożeniach, na które narażeni są ludzie – smog, gluten, globalne ocieplenie, żywność nafaszerowana lekami, konflikty pomiędzy państwami czy terroryzm. Mimo to, bardzo rzadko poruszany jest temat toksyn oraz substancji toksycznych, na których działanie ludzie narażeni są każdego dnia we własnych domach i mieszkaniach. Celem niniejszej pracy jest omówienie kwestii źródeł oraz działania najpowszechniejszych z nich. W artykule opisano także metody minimalizacji ryzyka powstawania toksyn i substancji toksycznych oraz ekspozycji na te substancje.

WPROWADZENIE

W budynkach mieszkalnych występuje wiele substancji zagrażających naszemu życiu i zdrowiu. Mówiąc o czynnikach niebezpiecznych, należy zwrócić uwagę na różnicę między toksynami a substancjami toksycznymi.

Toksyny są substancjami organicznymi, wytwarzanymi przez organizmy żywe takie jak drobnoustroje, rośliny oraz zwierzęta^[1]. Istnieje kilka kryteriów podziału toksyn, na przykład ze względu na miejsce ich wydzielania przez bakterie dzieli się je na egzotoksyny (wydzielane



do środowiska zewnętrznego) oraz endotoksyny (występujące w błonie zewnętrznej bakterii). Jeżeli dana toksyna działa jedynie na określone komórki organizmu nazywa się ją cytotoksyną. Wyróżnia się cytotoksyny, takie jak^[2]:

- hemotoksyny (atakujące krew),
- hepatotoksyny (atakujące wątrobę),
- neurotoksyny (atakujące układ nerwowy),
- nermatotoksyny (atakujące skórę),
- nefrotoksyny (atakujące nerki).

Natomiast substancja toksyczna to substancja chemiczna mogąca powodować narażenie lub uszkodzenie zdrowia czy degradację środowiska. Substancja taka może być organiczna lub nieorganiczna i może powstawać na przykład w wyniku działalności człowieka.

Należy zdawać sobie sprawę, że w przypadku zarówno toksyn jak i substancji toksycznych długotrwała ekspozycja na działanie nawet niewielkich dawek może prowadzić do poważnych powikłań i chorób. Ponadto, część z nich jest pozbawiona zapachu, koloru i smaku, a zatem nie może być łatwo zidentyfikowana przez człowieka. Dlatego warto zdawać sobie sprawę, na jakie substancje możemy być narażeni w swoich domach – miejscach, które mają dawać schronienie i bezpieczeństwo.

Mówiąc o toksyczności nie sposób nie wspomnieć o parametrze LD50 (mg/kg)^[2]. Jest to wartość opisująca graniczne stężenie czy też dawkę danej substancji, po zażyciu której umiera 50% badanej populacji. Porównywanie wartości parametru LD50 dla różnych toksyn pozwala na uszeregowanie ich zgodnie ze stwarzanym zagrożeniem. Im mniejsza wartość LD50, tym substancja jest bardziej trująca, ponieważ mniejsza jej ilość stanowi dawkę śmiertelną. Należy pamiętać, że większość substancji działa specyficznie na poszczególne gatunki w związku z czym wartości parametru LD50 zazwyczaj określa się dla konkretnego gatunku.

Poniżej opisano wyselekcjonowane na przeglądzie literaturowym substancje, które najczęściej pojawiają się w budynkach mieszkalnych i mogą poważnie pogarszać stan naszego zdrowia.

Mykotoksyny

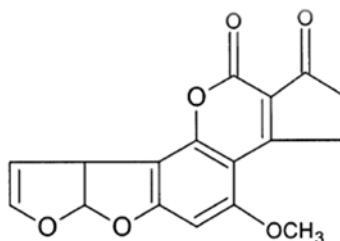
Termin „mykotoksyny” jest używany do opisywania farmakologicznie aktywnych metabolitów pleśni charakteryzujących się toksycznością dla kręgowców. Substancje te klasyfikowane są w kilku niepowiązanych ze sobą klasach chemicznych. Również sposób ich wytwarzania jest specyficzny w zależności od szczepu. Mogą wywoływać skomplikowane i nakładające się na siebie objawy, takie jak choroby nowotworowe, podrażnienia skóry, hamowanie syntezy białek, immunosupresję i inne zaburzenia metaboliczne^[3]. Jeśli chodzi o drogi zakażenia, to mykotoksyny zazwyczaj dostają się do organizmu przez układ pokarmowy lub drogi oddechowe, a także przez bezpośredni kontakt ze skórą.

Pleśnie i grzyby to poważny problem występujący zarówno wewnątrz pomieszczeń domowych, jak i w miejscach pracy czy nauki. Zazwyczaj rozwijają się one w ciepłych, wilgotnych i zacienionych miejscach, takich jak przestrzeń między ścianą a meblami czy spód wykładzin. Niestety najczęściej obszary narażone na zagrzybienie są dla nas niezauważalne, co powoduje późne wykrycie tego problemu. Natomiast toksyny przez nie wytwarzane, czyli mykotoksyny, mogą rozprzestrzeniać się w całej atmosferze pomieszczeń mieszkalnych, powodując poważne komplikacje zdrowotne w postaci zaburzeń czynności organów, jak i całych układów.

Najbardziej pospolite mykotoksyny to aflatoksyny, ochratoksyny oraz trichotheceny.

Aflatoksyny

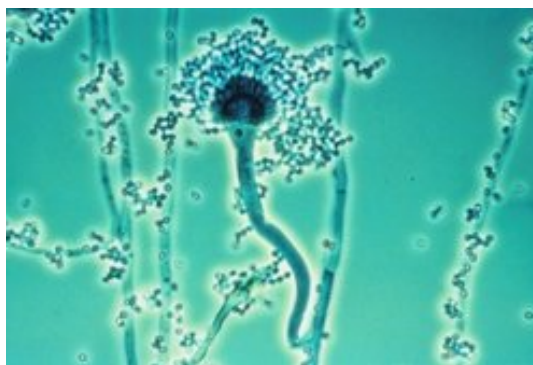
Aflatoksyny są najlepiej poznaną i najczęściej badaną grupą mykotoksyn. Budowa chemiczna aflatoksyn opiera się na pierścieniu kumarynowym posiadającym skondensowane na nim ugrupowania dihydrofuranowe lub tetrahydrofuranowe. Na rysunku 1 przedstawiono budowę aflatoksyn na podstawie wzoru strukturalnego aflatoksyny B₁. Warto zauważyć, że aflatoksyny, podobnie jak inne związki heterocykliczne, wykazują tendencje do fluorescencji^[4].



Aflatoxin B₁

Rys. 1. Przykład struktury alfatoksyny

Te mykotoksyny produkowane są przez różne szczepy grzybów z rodzaju *Aspergillus*. Każdy szczep grzybów wykazuje pewną specyfikę. To samo dotyczy wytwarzanych przez nie toksyn, które występują w licznych, odmiennych konformacjach strukturalnych, a zatem wykazują odmienne tryby działania.



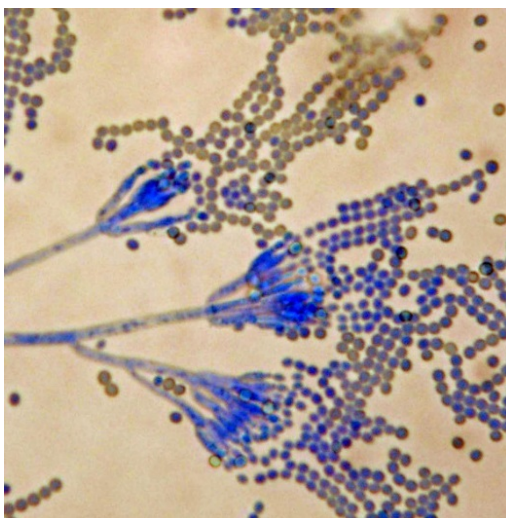
Rys. 2. Kropidlak popielaty (*Aspergillus fumigatus*)

Dodatkowo ich działanie zależy także od gatunku docelowego, czyli tego który narażony jest na ich działanie. Odzwierciedleniem tych słów są podawane w literaturze parametry LD50 dla aflatoksyn. Wogan podaje iż LD50 wynosi odpowiednio około 0.4 mg/kg dla drobiu, 1 mg/kg dla szczurów oraz 50 mg/kg dla owiec^[5]. Inny autor porównywał wpływ czterech różnych form strukturalnych aflatoksyn na kaczki, otrzymując wartości od 0.36 do 3.44 mg/kg^[4].

Aflatoksyny wiążą się bezpośrednio z DNA, powodując działanie mutagenne oraz rakotwórcze. Dodatkowo aflatoksyny atakują także wątrobę. Jako przykład można podać epidemię ostrego, toksycznego zapalenia wątroby na terenie Chin oraz Afryki ze wskaźnikami śmiertelności w granicach od 10 do 60%, którego przyczyną była ekspozycja na aflatoksyny^[6].

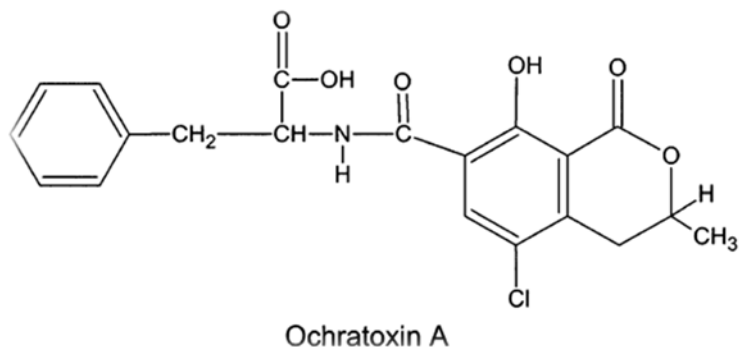
Ochratoksyny

Ochratoksyny to mykotoksyny wytwarzane przez niektóre szczepy *Aspergillus* oraz *Penicillium* (rys. 3). Jeśli chodzi o budowę chemiczną określa się je jako pochodne 3,4-dihydroksymetylokumaryny połączone wiązaniem amidowym z grupą aminową L- β -fenyloalaniny^[7].



Rys. 3. Spory pędzla (*Penicillium*)

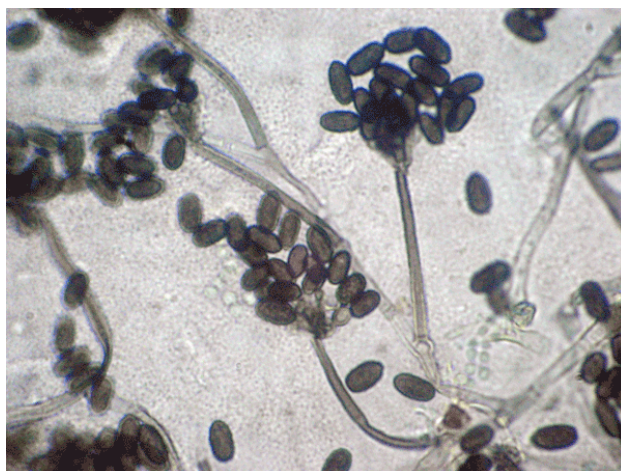
Ochratoksyny znane są ze swoich właściwości nefrotoksycznych oraz kancerogennych^[4]. Za najbardziej toksyczną substancję z tej grupy uważa się Ochratoksynę A, która w roku 1991 została zidentyfikowana jako metabolit wtórny szczepów *Penicillium* w klimacie umiarkowanym^[8].



Rys. 4. Wzór strukturalny ochratoksyny A

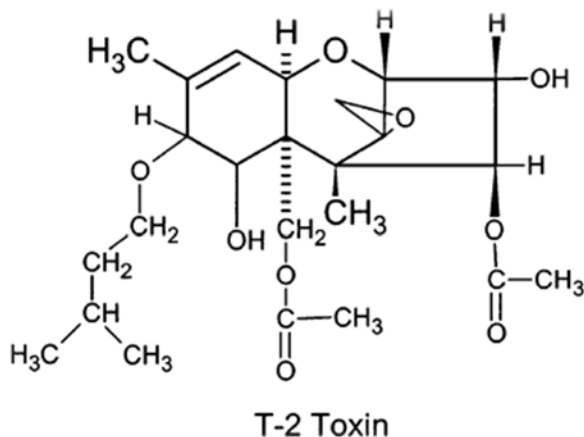
Trichotheceny

Trichotheceny są wytwarzane głównie przez grzyby z rodzaju *Fusarium* (na przykład *F. sporotrichioides*, *F. graminearum*, *F. poae* and *F. culmorum*), a także niektóre szczepy *Stachybotrys*. Na rysunku 5 przedstawiono spory *Stachybotrys*. *Stachybotrys* to pleśń rozwijająca się głównie na materiałach bogatych w celulozę, takich jak tapety czy płyty pilśniowe.



Rys 5. Spory *Stachybotrys*

Budowa trichothecen opiera się o pierścień seskwiterpenowy z różnymi podstawnikami na pozycjach 3, 4, 7, 8 oraz 15. W tej grupie mykotoksyn znajdują się takie toksyny jak toksyna T-2 (rys. 6), diacetoksyscirpenol (DAS), deoksyniwalenol (DON, znany jako womitoksyna) czy niwalenol. Zarówno T-2 jak i DAS są dobrze rozpuszczalne w rozpuszczalnikach niepolarnych, natomiast DON oraz niwalenol rozpuszczalne są w rozpuszczalnikach polarnych. Trichotheceny inhibują syntezę protein w organizmie. Początkowymi objawami zatrucia są wymioty oraz krwotoki^[4].



Rys. 6. Wzór strukturalny toksyny T-2 – przykład utrithotheceny

Minimalizacja ryzyka powstania mykotoksyn

Wbrew pozorom w walce z tak groźnym czynnikiem zagrażającym naszemu zdrowiu pomóc mogą proste czynności, takie jak regularne wietrzenie pomieszczeń oraz odkurzanie. Ponadto zaleca się odsuwanie mebli od ścian i kontrola stanu tych przestrzeni, stosowanie farb mineralnych zamiast emulsyjnych a także tynków zawierających wapń. Ważnym parametrem rozwoju grzybów i pleśni jest także wilgotność, więc należy zwracać uwagę na szczelność instalacji wodociągowej.

TLENEK WĘGLA (CZAD)

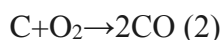
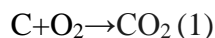
Tlenek węgla to bezbarwny, bezwonny i trujący gaz o wzorze chemicznym CO. W tabeli 1 przedstawiono jego główne właściwości fizyczno-chemiczne.

Tab. 1. Właściwości fizykochemiczne czadu

Gęstość	1,14 kg/m ³
Masa molowa	28,01 g/mol
Temperatura wrzenia	-191,5°C
Temperatura topnienia	-205°C
Dolna granica wybuchowości	12,5% (V)
Górna granica wybuchowości	74% (V)

Otrzymywanie

Na skalę przemysłową otrzymywany może być przez spalanie niecałkowite koksu:



W warunkach domowych czad jest otrzymywany w wyniku niepełnego spalania gazu, węgla i tym podobnych materiałów w pomieszczeniu szczelnie zamkniętym – przy braku mikrowentylacji, kratki wentylacyjnych lub w wypadku niedrożnych przewodów wentylacyjnych^[17]. Tlenek węgla może powstać w różnych miejscach naszych domów. Przyczyną jego powstawania może być zatkany lub niedrożny komin, niewłaściwie zamontowany podgrzewacz czy użytkowany pojazd o napędzie benzynowym w zamkniętym pomieszczeniu^[18].

Toksyczność

Szkodliwość tlenku węgla wynika z tego, że łączy się on z hemoglobina około 250-300 razy szybciej niż tlen. Czad tworzy z hemoglobina karboksyhemoglobinę (COHb), która jest trwalsza niż służąca do transportu

tlenu z płuc do tkanek oksyhemoglobina będąca połączeniem tlenu z hemoglobina. Dochodzi więc do niedotlenienia tkanek, co w wielu przypadkach prowadzi do śmierci. Tlenek węgla trwale łączy się z ponad 80% hemoglobiny, co sprawia, że tylko niewielka ilość hemoglobiny może połączyć się z tlenem^[13].

Tab. 2. Objawy zatrucia CO

Stężenie CO w powietrzu [PPM]	Czas narażenia	Objawy zatrucia
35	8 h	max. ilość CO dopuszczona przez HSE przy przebywaniu w pomieszczeniu przez 8 h
200	2-3 h	Lekki ból głowy, zmęczenie, nudności, zawroty głowy
400	1-2 h	ww. symptomy narastają, silny ból głowy, zagrożenie życia po upływie 3 h
800	45 min	silne nudności, zawroty głowy, wymioty, utrata przytomności w ciągu 2 h, śmierć po 2-3 h
1600	20 min	silny ból głowy, zawroty głowy, nudności, śmierć w ciągu 1 h
3200	5-10 min	objawy jw., śmierć w ciągu 25-30 min
6400	1-2 min	objawy jw., śmierć w ciągu 10-15 min
12800	1-3 min	natychmiastowa śmierć

Pierwsza pomoc i leczenie

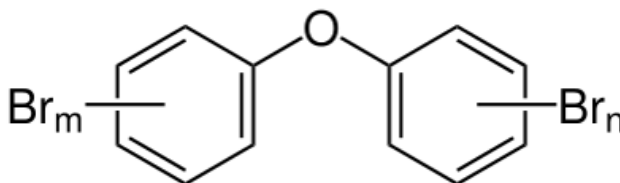
Pierwszą czynnością, która powinna być wykonana, jest zebranie szczegółowego wywiadu, szczególnie gdy podobne objawy występują u innych domowników. Następnie należy oznaczyć stężenie COHb we krwi. Potem należy rozpocząć leczenie 100% tlenem. Celem ratowników jest jak najszybsze skontaktowanie się z najbliższym Ośrodkiem Terapii Hiperbarycznej w celu kwalifikacji pacjenta do leczenia w komorze hiperbarycznej. Należy kontynuować leczenie 100% tlenem przez 6-12 godz. w komorze hiperbarycznej. Ratownicy i lekarze powinni zalecić pacjentowi kontrolną wizytę w poradni neurologicznej, w celu wykluczenia późnych objawów neurologicznych^[15].

Prewencja

1. Należy przeprowadzać kontrole techniczne (m.in. szczelność przewodów kominowych, systematycznie ich oczyszczanie i sprawdzanie ciągu powietrza).
2. Piece i podgrzewacze wody, zwłaszcza gazowe, w których odbywa się proces spalania, powinny być użytkowane zgodnie z instrukcją producenta.
3. W przypadku wymiany okien lub drzwi na nowe, należy sprawdzić poprawność działania wentylacji.
4. Systematycznie trzeba sprawdzać ciąg powietrza, np. przez przyłożenie kartki papieru do otworu lub kratki wentylacyjnej. Kartka powinna do nich przywrzeć.
5. Warto często wietrzyć pomieszczenia, w których odbywa się proces spalania^[16].

POLIBROMOWANE ETERY DIFENYLOWE

Polibromowane etery difenyłowe (PBDE) należą do eterów aromatycznych zawierających atomy bromu (rys. 7). Można uzyskać 209 produktów różniących się ilością atomów bromu w cząsteczce oraz różniących się położeniem atomów bromu w cząsteczce, tzw. kongenery. Numeracja kongenerów PBDE jest zgodna z numeracją polichlorowanych bifenyli (system IUPAC)^[19] PBDE charakteryzują się niską rozpuszczalnością w wodzie (<1 µg/L) oraz wysoką temperaturą zapłonu. Ze względu na te właściwości stosowane są jako uniepalniacze^[21].



Rys. 7. Wzór strukturalny PBDE

Zastosowania PBDE

Występują trzy rodzaje mieszanin handlowych PBDE, których nazwy pochodzą od dominujących kongenerów: penta-BDE, okta-BDE i deka-BDE^[21]. W tabeli 3 przedstawiono podstawowe zastosowania każdego z nich.

Tab. 3. Zastosowanie PBDE

PBDE	Tworzywo sztuczne	Produkt końcowy
penta-BDE	pianki poliuretanowe (PU)	opakowania, dywany, sztuczne drewno, farby, materace, obicia krzeseł, tapicerka mebli, małe części elektroniczne, tekstylia, panele do wyłumiania hałasu, pasy przenośników taśmowych
okta-BDE	kopolimerakrylonitryl – butadien – styren (ABS)	obudowy komputerów, drukarek, obudowy urządzeń kuchennych, wykładziny samochodowe, sprzęt audio i video
deka-BDE	polistyren wysokoudarowy (HIPS)	obudowy telewizorów, komputerów, telefonów komórkowych
	poliwęglany (PC) poliamidy (PA) polipropylen (PP) politereftalany (PET, PBT)	tapicerka, farby, produkty gumowe, elementy oświetlenia, detektory dymu, sprzęt w instalacjach elektronicznych: wyłączniki, bezpieczniki, kable i przewody, skrzynki elektryczne

Wpływ na ludzki organizm

PBDE oddziałują na układ nerwowy, dokrewny i immunologiczny człowieka. Skutki narażenia na PBDE są największe w przypadku dzieci i młodzieży – grupy najbardziej podatnej na występowanie dysfunkcji rozwojowych. W wyniku wielu badań i doświadczeń stwierdzono, że pojedyncza doustna dawka kongeneru tetra- lub penta-BDE podana 10 dnia po urodzeniu myszy trwale osłabia odruchy behawioralne, oddziałuje również na naukę i pamięć. Największy wpływ na rozwój mózgu w okresie

neonatalnym mają kongenery penta. Na podstawie badań wykazano, że wymienione kongenery indukują ten sam typ efektów behawioralnych co polichlorowane bifenyle (PCB). PBDE mogą także oddziaływać na układ cholinergiczny. Mają również wpływ na homeostazę hormonów tarczycy (rys. 8), wpływając tym samym na rozwój ośrodkowego układu nerwowego. PBDE reagują również na cytozolowy receptor Ah, zaburzając również działanie hormonów estrogennych^[22].



Rys. 8. Tarczycyca – organ narażony na działanie PBDE

Wielu naukowców i badaczy formułuje zależność między środowiskowym narażeniem na PBDE wyrażonym wielkością ich tkankowych depozytów a ryzykiem zachorowania na niektóre rodzaje nowotworów (chłoniaki, nieziarnicze, rak sutka). PBDE wykazują działanie podobne do polichlorowanych bifenyli i związków dioksynopodobnych. Cechuje je również działanie immunotoksyczne. Zaobserwowano zmniejszającą się liczbę splenocytów i spadek produkcji przeciwciał IgG w reakcji na podanie handlowej mieszanki penta- i hekso-BDE (Bromkal 70-5DE) u szczurów i myszy^[22].

Drogi narażenia

Główną drogą narażenia na działanie PBDE jest dieta. Polibromowane etery difenylowe podlegają bioakumulacji w układzie pokarmowym. Dlatego też ryby, mięso czy tłuszcze zwierzęce stanowią grupę pokarmów, w których stężenia tych bromowanych uniepalniaczy są najwyższe. Wiele badań poświęcono analizie zawartości PBDE w rybach i owocach morza.



Potwierdzono, że ryby o wysokiej zawartości tłuszczu zawierają wyższe stężenia PBDE niż ryby chude. Stwierdzono, również, że osoby zażywające suplementy diety oparte na kwasach tłuszczowych (np. omega-3) są bardziej narażone na bromowane uniepalniacze^[21]. U niemowląt karmionych piersią narażenie na PBDE drogą pokarmową jest uzależnione od ilości spożywanego mleka. Po wielu badaniach i doświadczeniach możemy uważać, że wegetarianie w związku z wyeliminowaniem z diety ryb i mięsa oraz tłuszczów pochodzenia zwierzęcego są mniej narażeni na PBDE niż osoby stosujące dietę mieszaną^[21]. Dzielne spożycie PBDE maleje wraz z wiekiem, ponieważ zmniejsza się ilość przyjmowanego pokarmu w przeliczeniu na kilogram masy ciała, zatem dzieci między 1. a 3. rokiem życia są grupą najbardziej narażoną na PBDE poprzez dietę^[21].

Kolejną drogą narażenia jest układ oddechowy i skóra. PBDE może występować w magazynach artykułów elektrotechnicznych i komputerowych. Istnieje duże prawdopodobieństwo zarażenia przy obsłudze tych urządzeń^[22]. Również kurz domowy jest uważany za potencjalne źródło narażenia. Obecność PBDE została stwierdzona w próbach pyłu pobranego z biur, samochodów, samolotów, centrów handlowych i prywatnych domów^[21]. W przypadku oznaczania PBDE w kurzu najczęściej występującym kongenerem jest BDE-209, pojawiają się również kongenery lekkie BDE-47 i BDE-99, które już opadły z powietrza. Istnieje silna zależność między stężeniem poszczególnych kongenerów a liczbą sprzętu elektronicznego w pomieszczeniu: im jest go więcej, tym stężenia są wyższe. Najwyższe z nich, wynoszące 47 mg/m³, wykryto dla zakładów naprawy sprzętu komputerowego, pomieszczeń biurowych i mieszkań^[19].

PODSUMOWANIE

W budynkach mieszkalnych występuje znaczne narażenie na czynniki zagrażające naszemu życiu i zdrowiu, zarówno chemiczne jak i biologiczne. Ich wpływ na ludzkie zdrowie w dużej mierze zależy od stężenia oraz czasu ekspozycji na ich działanie. Wiedza na temat możliwych zagrożeń ze strony



toksyn i substancji toksycznych jest niezwykle ważna, ponieważ prewencja zazwyczaj nie jest skomplikowana, a wystarczająca świadomość może uchronić przed katastroficznymi skutkami.

LITERATURA

- [1] Wielka Encyklopedia, P.W.N. (2005). Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [2] Zakrzewski S.F., (1997). *Podstawy toksykologii środowiska*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [3] Zain M.E., (2011). Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*, 15(2), 129-144.
- [4] Hussein H.S. & Brasel J.M., (2001). Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, 167(2), 101-134.
- [5] Wogan G.N., (1966). Chemical nature and biological effects of the aflatoxins. *Bacteriological reviews*, 30(2), 460.
- [6] Bhat R.V. & Krishnamachari K.A.V.R. (1977). Follow-up study of aflatoxic hepatitis in parts of western India. *Indian journal of medical research*, 66(1), 55-58.
- [7] Cole R.J., Dorner J.W., Cox R.H. & Raymond L.W. (1983). Two classes of alkaloid mycotoxins produced by *Penicillium crustosum* Thom isolated from contaminated beer. *Journal of agricultural and food chemistry*, 31(3), 655-657.
- [8] Smith J.E. & Ross K., (1991). The toxigenic aspergilli. *Mycotoxins and animal foods*, 101-118.
- [9] https://pl.wikipedia.org/wiki/Aspergillus_fumigatus, 15.04.2017.
- [10] <http://thunderhouse4-yuri.blogspot.com>, 15.04.2017.
- [11] <http://asdenvironmental.com/tag/black-mold/>, 15.04.2017.
- [12] Karta charakterystyki monotlenku węgla, Sigma-Aldrich
- [13] <http://www.psp.wlkp.pl>, 15.04.2017.
- [14] <http://rm-twojapasja.blogspot.com/2016/01/zatrucie-tlenkiem-wegla-cichy-zabojca.html>, 15.04.2017.
- [15] Nieścior M., & Jackowska T., Zatrucie tlenkiem węgla Carbon monoxide intoxication.
- [16] http://www.straz.gov.pl/porady/bezpieczenstwo_pozarowe_w_domu, 15.04.2017.



- [17] <http://www.straz.pisz.pl/wazne-porady/1/tlenek-wegla-zabija-sprawdzajmy-przewody-dymowe-i-wentylacyj/>, 15.04.2017.
- [18] <http://tomaszowski.com.pl/informacja-nie-dla-czadu/>, 15.04.2017.
- [19] Ruchomski, L. (2015). Polibromowane uniepalniacze jako zanieczyszczenia środowiska. *LAB Laboratoria, Aparatura, Badania*, 20.
- [20] <http://web.unep.org/chemicalsandwaste/what-we-do/science-and-risk/persistent-organic-pollutants-pops/phasing-out-pbde>, 15.04.2017.
- [21] Czerska M., Kamińska J., Zieliński M. & Ligocka D., (2012). POLIBROMOWANE ETERY DIFENYLOWE – ŹRÓDŁA NARAŻENIA I POTENCJALNE SKUTKI ZDROWOTNE. *Medycyna Pracy*, 1(63), 463-469.
- [22] Hernik A., et al. Polibromowane difenyletery [PBDE] – nowe zagrożenia? *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 2007, 2.58: 403-415.
- [23] http://zdrowie.gazeta.pl/Zdrowie/7,145744,18036339,Niedoczynnosc_tarczycy_przyczyny_objawy_badania.html, 15.04.2017.



MARCIN BŁASZCZYK, MARIA ZAKRZEWSKA

Koło naukowe „OKTAN”

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska

Politechniki Łódzkiej

Opiekun naukowy: dr inż. Michał Tylman, dr inż. Maciej Jaskulski

ROLA INŻYNIERII CHEMICZNEJ I PROCESOWEJ W AGROTECHNICE

Inżynieria chemiczna i procesowa to dziedzina, która odgrywa niebagatelną rolę w rolnictwie. Nawozy sztuczne, chemiczne środki ochrony roślin, solaryzacja czy termizacja gleby, to tylko kilka z wielu osiągnięć, jakich w tym obszarze udało się dokonać, właśnie dzięki inżynierii chemicznej. Każdy z tych sukcesów, w mniejszym czy większym stopniu, bezpośrednio przekładał się na wzrost w produkcji żywności lub usprawnienia jej hodowli. Często słyszymy o dziedzinach nauki, które wpłynęły na dalsze losy w produkcji roślinnej. Niejednokrotnie, inżynieria chemiczna i procesowa była marginalizowana w tych zestawieniach. Niniejszy artykuł ma za zadanie przybliżyć wszystkim, jak duży wpływ na rozwój rolnictwa ma wyżej wymieniona dyscyplina naukowa.

WPROWADZENIE

Rok 1918 pomimo zakończenia I Wojny Światowej, przyniósł jeszcze jedno wydarzenie, które wpłynęło na losy świata. Sztuczna synteza amoniaku przeprowadzona przez Boscha została oficjalnie potwierdzona.

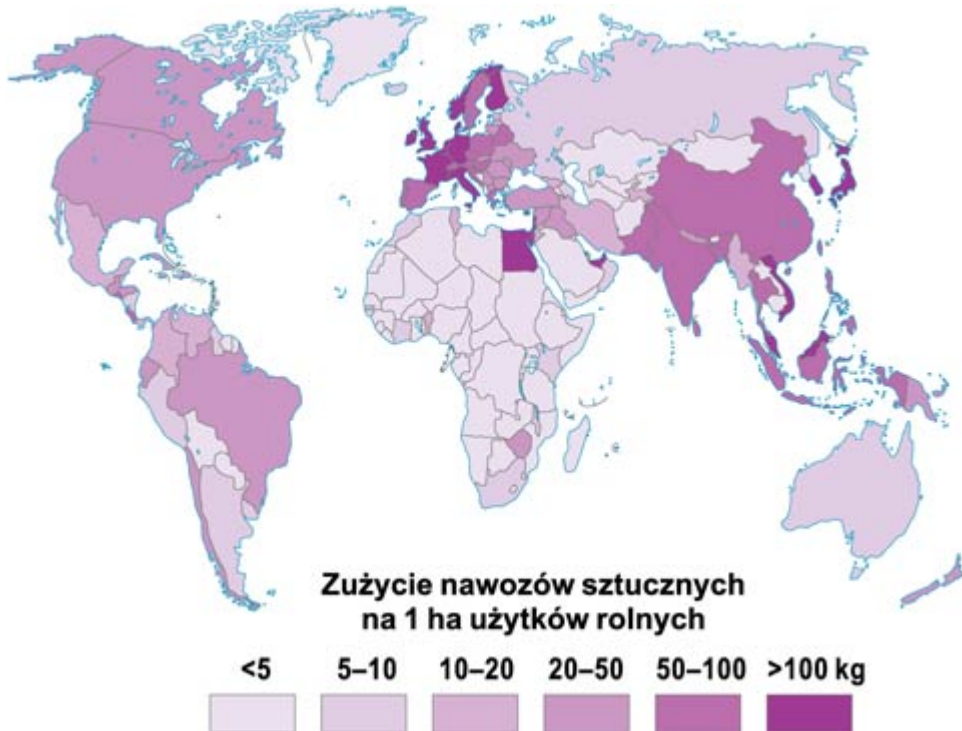
Fakt ten, aż po współczesne czasy nierozzerwalnie połączył inżynierię chemiczną z produkcją rolną. Od tego momentu, praktycznie każda nowa technologia stosowana w rolnictwie posiadała znamiona pracy inżynierów chemików. Obecnie, wiedza jaką posiadamy pozwala na niewyobrażalne osiągnięcia w sferze wydajności plonów rolnych. Nikogo już nie dziwi kilkusetkilogramowa dynia czy też ogórki plonujące co dwa dni. Lecz właściwie, jakie technologie najbardziej wpłynęły na postęp rolnictwa? Powyższa prezentacja powinna znacznie przybliżyć odpowiedź na to pytanie.



Rys. 1. Przykładowy podział osiągnięć w inżynierii chemicznej i procesowej ze względu na obszar działań

NAWOZY SZTUCZNE

Nawozy sztuczne są to substancje, stosowane najczęściej w uprawach roślin, mające za zadanie wzbogacenie gleby w składniki pokarmowe, niezbędne w rozwoju roślin i polepszające jej właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne^[1].



Rys. 2. Światowy rozkład intensywności stosowania nawozów sztucznych^[6]

W zależności od minerału dominującego w danym produkcie wyróżniamy następujące nawozy mineralne:

- A. nawozy azotowe
- B. nawozy wapniowe
- C. nawozy magnezowe
- D. nawozy fosforowe
- E. nawozy potasowe

A. Nawozy azotowe – zawierają azot w formach: jonów amonowych, azotanowych, azotynowych lub grup amidowych (azotniak, mocznik).
W rolnictwie i ogrodnictwie wyróżnia się nawozy azotowe np.:

- saletra amonowa (azotan amonu), stosowana pod wszystkie rośliny uprawne i na wszystkich glebach,

- saletrzak (mieszanka saletry amonowej i wapniaku mielonego), jest uniwersalnym nawozem stosowanym dla wszystkich roślin i gleb oraz do stosowania w różnych porach roku i wegetacji roślin,
- mocznik (związek organiczny) azotniak i mocznik należą do nawozów wolno działających, ponieważ zawarty w nich azot musi najpierw zostać przekształcony w formę przyswajalną dla roślin (jony azotanowe, azotynowe lub amonowe).

Nawozy azotowe wpływają na intensywny rozwój i wzrost roślin, zwiększając ich masę zieloną oraz plon nasion, ale też zmniejszają zawartość cukru w burakach, tłuszczu w nasionach rzepaku, czy skrobi w bulwach ziemniaka, co wpływa niekorzystnie na jakość technologiczną tych roślin. Niewłaściwe stosowanie tych nawozów, np. w zbyt małych dawkach albo zbyt późno, mogą wpływać na zmniejszenie zimotrwałości roślin ozimych, zwiększenie niebezpieczeństwa wylęgania roślin, utrudnianie zbiorów. Niedobory azotu w glebie hamują wzrost roślin i zmniejszają zawartość w nich chlorofilu, co powoduje zmniejszenie plonu^[1].



Rys. 3. Saletra sodowa^[2]

B. Nawozy fosforowe – zawierają przyswajalne dla roślin jony fosforanowe. W rolnictwie i ogrodnictwie stosuje się najczęściej:

- supertomasyna (fosforan sodowo-wapniowy), powstaje w wyniku ogrzewania mieszaniny fosforytów, węglanu sodu i piasku kwarcowego, jest rozpuszczalna w słabym kwasie cytrynowym i należy do nawozów fosforowych wolno działających; obecnie nie stosowana,
- superfosfat (mieszanina różnych fosforanów z przewagą kwaśnego fosforanu wapnia) produkowany jest z kości, fosforytów, apatyków. Jest rozpuszczalny w wodzie, ma szerokie zastosowanie i należy do nawozów fosforowych szybko działających.

Nawozy fosforowe wywierają duży wpływ na jakość plonu, w mniejszym natomiast stopniu na jego ilość. Minerale ten korzystnie wpływa na ukorzenie się roślin i krzewienie zbóż.

C. Nawozy potasowe – zawierają potas w formie rozpuszczalnych soli, które są przyswajalne dla roślin. Do najczęściej stosowanych nawozów potasowych należą: siarczan potasu, nawóz wysokoprocenowy, kainit (nazwa handlowa mielonej skały zbudowanej głównie z kainitu, sylwinitu i langbeinitu), kamex (nawóz potasowy i magnezowy). Nawozy potasowe produkuje się też z popiołów i pyłów przemysłowych.

Potas jest jednym z makroskładników, który odgrywa podstawową rolę we wzroście i plonowaniu roślin uprawnych. Potas reguluje gospodarkę wodną roślin, co sprawia, że transport asymilatów jest intensywniejszy. Korzystnie wpływa na wykorzystanie światła przez rośliny, poprawia właściwości tkanek, wzmacnia odporność na choroby oraz zwiększa mrozoodporność^[1].

D. Nawozy wapniowe – to nawozy sztuczne, z których bezpośrednio lub pośrednio uwalniają się przyswajalne dla roślin jony wapnia. Nawozy te neutralizują też kwaśny odczyn gleby. Z nawozów wapniowych tlenkowych tworzy się rozpuszczalne w wodzie wapno lasowane, dlatego należą do nawozów szybko działających.



Z kolei nawozy wapniowe węglanowe, zawierają wapń w postaci węglanu np. nawóz wapniowy kredowy, wapniak mielony, nawozy wapniowe z odpadów przemysłowych, które należą do nawozów wolno działających, ponieważ węglan wapnia jest trudno rozpuszczalny w wodzie. Stosuje się także nawozy wapniowe tlenkowo-węglanowe, które poza wapniem zawierają też magnez i domieszkę mikroelementów. Nawozem wapniowym jest także saletra wapniowa.

Wapniowanie jako zabieg odkwaszający wpływa na podnoszenie urodzajności gleb przez:

- poprawę właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych,
- poprawę przyswajalności mikroelementów przez rośliny,
- zwiększenie przyswajalności fosforu, potasu i magnezu.

E. Nawozy magnezowe zawierają ważny składnik pokarmowy roślin jakim jest magnez, który jest niezbędny do budowy m.in. chlorofilu. Niedobór magnezu u roślin wpływa na ujemny ich wzrost oraz plon. Składnik ten uczestniczy w procesie fotosyntezy, jest aktywatorem wielu procesów biochemicznych i enzymatycznych. Ponadto bierze udział w syntezie białek i tłuszczów, wpływa korzystnie na gromadzenie cukru w korzeniu. Co ważne, magnez zmniejsza podatność roślin na choroby, szczególnie na chwościk, a jednocześnie stymuluje plonotwórcze działanie azotu. Ze względu na ruchliwość magnezu należy go stosować często, ale w mniejszych ilościach^[1].

WADY I ZALETY STOSOWANIA NAWOZÓW SZTUCZNYCH

Stosowanie nawozów sztucznych umożliwia dostarczenie do gleby wszystkich niezbędnych składników mineralnych, bez których wzrost i rozwój roślin byłby niemożliwy lub znacznie ograniczony. W porównaniu z nawozami naturalnymi, te mineralne dają większe plony o lepszej jakości – wyhodowane rośliny są bogatsze w wartości odżywcze i rosną znacznie szybciej. Ponadto plony są rzadziej atakowane przez szkodniki oraz chwasty.

Jedynie przy użyciu nawozów sztucznych można otrzymać plony na glebach ubogich w składniki odżywcze oraz w miejscach charakteryzujących się trudnymi warunkami uprawy roślin. Dodatkowo, tak wyhodowane rośliny posiadają większą biomasę, co przekłada się na ich zwiększoną zdolność do pochłaniania dwutlenku węgla z atmosfery.

Z drugiej jednak strony, negatywny wpływ stosowania nawozów mineralnych na środowisko jest problemem, którego nie należy pomijać. Przede wszystkim, woda spływająca z nawożonych w ten sposób pól posiada znaczne ilości azotu i fosforu, które powodują rozwój roślin wodnych, takich jak algi oraz glony. Jest to bezpośrednią przyczyną powstawania zakwitów zbiorników wodnych oraz zmniejszenia ilości tlenu rozpuszczonego w wodzie. Ponadto, nawozy sztuczne w nadmiernej ilości mogą przyczynić się do obumierania mikroorganizmów glebowych, które są niezbędne do prawidłowego rozwoju roślin. Należy również wspomnieć o tym, że wysokie użycie nawozów azotowych spowodowało znalezienie się podtlenu azotu na liście gazów cieplarnianych, zaraz po dwutlenku węgla i metanie^[3].



Rys. 4. Zakwit zbiornika wodnego^[4]

Wady te da się zminimalizować przez rozsądną gospodarkę nawozami sztucznymi – stosowanie tylko określonych, niezbędnych ilości po uprzednim zbadaniu gleby oraz dostosowaniu używanych substancji do potrzeb roślin, które będą w danej glebie hodowane.

CHEMICZNE ŚRODKI OCHRONY ROŚLIN

Chemiczne środki ochrony roślin to substancje, ich mieszaniny oraz żywe organizmy wykorzystywane do zabezpieczenia upraw przed szkodnikami oraz chwastami. Szkodliwe środki bezpośrednio oddziałujące na organizmy to pestycydy, aczkolwiek ten termin obejmuje również substancje używane poza hodowlą roślin. Substancje o działaniu pośrednim dzielą się na: repelenty, atraktanty oraz antyfidanty. Działanie repelentów polega na odstraszeniu szkodników przez użycie określonych substancji chemicznych. Atraktanty to substancje o działaniu wabiącym – przy ich użyciu można szkodniki zwabić w miejsce znacznie bardziej dla nich atrakcyjne od uprawy. Z kolei antyfidanty hamują żerowanie lub składanie jaj przez szkodniki^[5].



Rys. 5. Zabieg wiosennego oprysku zboża^[7]



Istotne jest, aby stosowane środki ochrony roślin były jak najmniej toksyczne dla człowieka oraz nie wpływały negatywnie na środowisko naturalne. Obecnie, każda ze stosowanych w rolnictwie substancji musi być zarejestrowana oraz dopuszczona do stosowania – warunkami rejestracji są skuteczność biologiczna oraz wspomniana wcześniej niska toksyczność preparatu.

SOLARYZACJA ORAZ TERMINACJA GLEB

Solaryzacja gleby to technika polegająca na przykryciu nawodnionej warstwy gleby polietylenową folią, a następnie poddaniu jej pod działanie promieni słonecznych. Powstała w ten sposób wysoka temperatura dezynfekuje glebę, niszczy chwasty, insekty oraz grzyby. W rezultacie pole jest gotowe do zasiewu. Główną zaletą tej metody jest brak jej negatywnego wpływu na środowisko.

Termizacja gleby polega na bezpośrednim oddziaływaniu płomienia powstałego przez spalanie gazu nad glebą lub na wykorzystaniu promieniowania podczerwonego, które jest uzyskiwane w wyniku ogrzewania płomieniem elementów metalowych, np. siatki grzejnej. Technika ta służy również do przygotowania gleby, aczkolwiek jest mniej przyjazna dla środowiska ze względu na wykorzystywany w niej proces spalania gazu.

PODSUMOWANIE

Współczesna agrotechnika w większości opiera się na osiągnięciach inżynierii chemicznej, takich jak: stosowanie nawozów sztucznych, chemicznych środków ochrony roślin oraz technik przygotowywania gleby pod uprawy – solaryzacji i termizacji. Metody te pozwalają na zintensyfikowanie produkcji w przemyśle rolnym, dzięki czemu jest możliwe uzyskiwanie większych plonów lepszej jakości.



Kończąc niniejszy artykuł, można dojść do wniosku, iż techniki inżynierii chemicznej są niezbędne, niczym tlen, dla przyszłego rozwoju rolnictwa. Szacuje się, że gdyby nie osiągnięcia wyżej wymienionej dyscypliny nauki, na świecie żyłoby o połowę mniej ludności. Daje to dużo do myślenia. Chemia to nie tylko zanieczyszczenia czy też szkodliwe związki – to szansa na lepsze jutro. Nigdy o tym nie zapominajmy...

LITERATURA

- [1] <http://www.cbr.gov.pl/>
- [2] <http://wikimedia.org>
- [3] Gruber N., Galloway J.N., *An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle*. Nature. 451: 293-296.
- [4] <http://www.dec.ny.gov/>
- [5] Franz J.M., Krieg A., *Biologiczne zwalczanie szkodników*. PWRiL, 1975.
- [6] <http://www.wiking.edu.pl/>
- [7] <http://e-pole.pl/wiosenne-opryski/>
- [8] Źródła własne.



Paulina Pędziwiatr, Dawid Zawadzki

Koło naukowe „OKTAN”

Wydział „Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska”

Politechniki Łódzkiej

Opiekun naukowy: dr inż. Michał Tylman

PROCES POZYSKIWANIA I OCZYSZCZANIA PRODUKTÓW PSZCZELICH

Ul to archetyp najsprawniej i najdłużej działającej fabryki, która od milionów lat nieprzerwanie dostarcza cennych i użytecznych produktów. Ze względu na różnorodność wytwarzanych dóbr, każdy wytwór pracy pszczelej wymaga specjalnych metod i technik, zarówno pozyskiwania jak i oczyszczania. Wiele czynników wpływa na jakość oraz trwałość nie tylko miodu, ale również wosku, propolisu czy pierzgi pszczelej. Urządzenia oraz procesy wykorzystywane w pszczelarstwie powinny być przyjazne dla środowiska oraz bezpieczne, zarówno dla pszczelarza, jak i samych pszczół. Zapoznanie się z podstawowymi procesami, takimi jak wirowanie, klarowanie, kremowanie, sterylizacja oraz parametrami reologicznymi produktów pszczelich, pozwala na projektowanie nowoczesnej aparatury pszczelarskiej, która może pomóc w zachowaniu dobrej kondycji rodzin pszczelich.

WPROWADZENIE

Pszczoła miodna stanowi jeden z filarów ekosystemu, dzięki któremu możliwe jest życie na Ziemi z relatywną obfitością i różnorodnością



pożywienia. Spośród 100 roślin uprawnych dostarczających 90% światowej produkcji żywności 70 jest zapylanych przez pszczoły^[1]. Korzyści ekonomiczne wynikające z zapylania znacznie przewyższają wartość produkowanego miodu. Jednak zapylanie to tylko efekt uboczny pracy, którą wykonują w celu zebrania dostatecznej ilości pyłku i nektaru. Procesy pozyskiwania i oczyszczania wysokiej jakości produktów pszczelich wymagają użycia specjalnych metod, które udoskonalone technicznie mogą przyczynić się do produkcji miodu wysokiej jakości oraz poprawy kondycji zdrowotnej pszczół.

RÓŻNORODNOŚĆ PRODUKTÓW PSZCZELICH, METODY ICH POZYSKIWANIA I PRZETWARZANIA

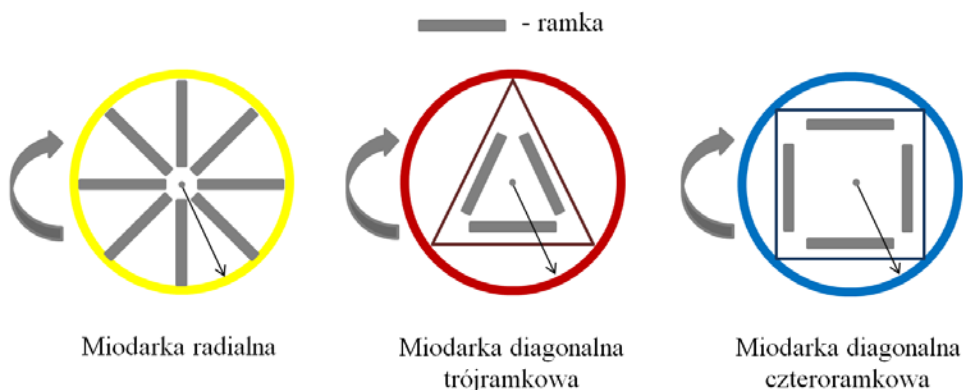
W ostatnich latach na rynku pojawiają się nowe technologie pszczelarskie, usprawniające procesy wybierania i odpowietrzania miodu, klarownia i sterylizacji wosku oraz wytlączania węzy pszczelej. Elektryczne wirówki, czujniki z systemem akwizycji danych, topiarki z wytwornicą pary oraz elektryczne podkurzacze, zaczęły być wykorzystywane nie tylko w przemyśle pszczelarskim, ale także w małych przydomowych pasiekach. Projektowanie nowoczesnej aparatury pszczelarskiej stanowi nie lada wyzwanie dla inżyniera, ze względu na zmienność parametrów mediów.

MIÓD

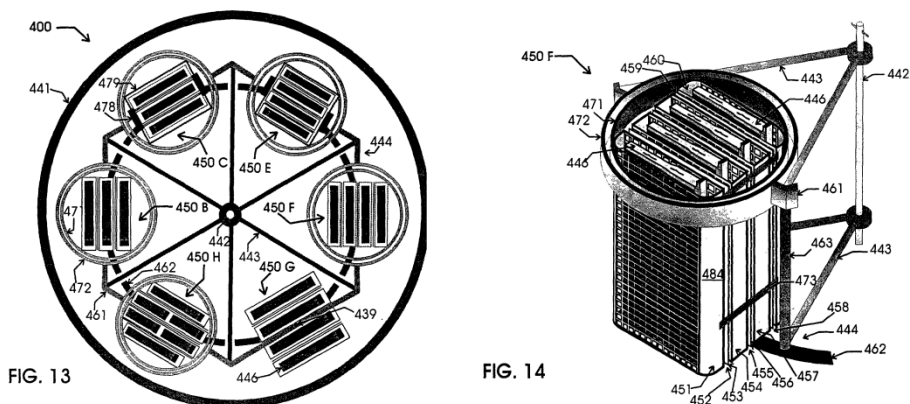
Parametry reologiczne miodu zależą nie tylko od gatunku miodu i temperatury, ale również od ilości zanieczyszczeń czy dojrzałości miodu^[2] Lepkość miodu waha się od 2,652 do 2,914 mPa·s, przy zawartości suchej masy 81,1-86,4%^[3]. Dużą lepkością charakteryzuje się miód gryczany, zwłaszcza w stadium krystalizacji. Natomiast miód wrzosowy jest zolem, który z postaci płynnej przechodzi w stan żelu (zjawisko tiksotropii). Dojrzały miód, znajduje się w zasklepionych komórkach, z których należy go wybrać. Do odsklepienia plastrów z miodem wykorzystuje się obok odsklepiaczy

widelcowych, również elektrycznie podgrzewane noże (metoda wykorzystywana do otrzymywania czystego wosku z zasklepków), heble oraz gorące powietrze (metoda szybka, brak możliwości odzysku wosku)^[4].

Miodarka (wirówka) to urządzenie do odwirowywania miodu z plastrów pszczelich. Wyróżnia się miodarki horoidalne (z tangensowym układem plastrów), radialne (z promienistym układem plastrów) oraz semiradialne (plastry ustawiane są w kasetach pod kątem mniejszym niż 90° do promienia wirnika.). W urządzeniach horoidalnych odwirowywana jest zawsze tylko jedna, leżąca na zewnątrz strona plastra, przez co konieczne jest ręczne obracanie plastrów w czasie wirowania. W miodarkach radialnych plastry natomiast są układane w gwiazdę (promieniście) co pozwala równocześnie opróżnić obie strony plastrów. Aby jednak uzyskać zadowalające efekty, potrzebne są duże średnice, ponieważ wtedy różnice pomiędzy siłami odśrodkowymi na wewnętrznej i zewnętrznej stronie plastra nie są tak duże, co umożliwia wypadanie miody z komórek. W miodarce semiradialnej podczas obracania się wirnika w jednym kierunku odwirowywana jest jedna strona plastra. Po zmianie kierunków obrotów, wahadłowo zamocowane kasety samoczynnie ustawiają się pod tym samym kątem, po przeciwnej stronie promieni i odwirowuje się druga strona plastra. Kosze miodarki semiradialnej mogą pomieścić 50 plastrów i więcej.

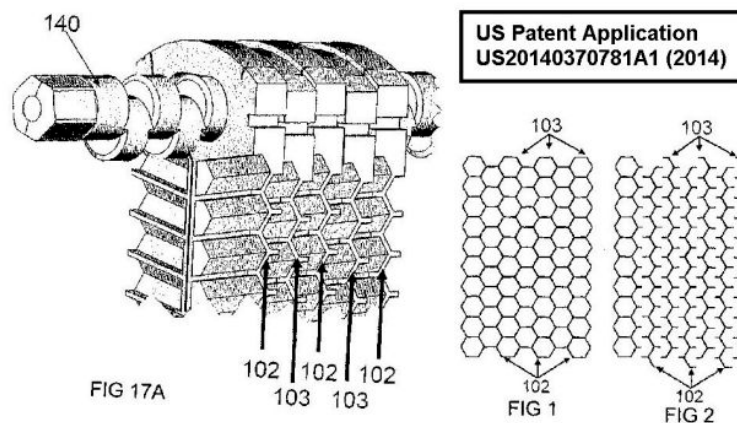


Rys. 1. Układ wirowanych ramek w zależności od typu miodarki^[5]

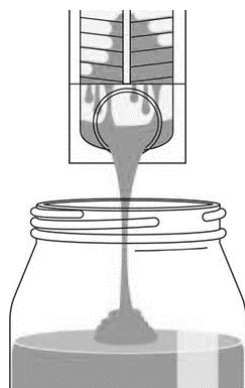


Rys. 2. Schemat pracy miodarki semiradialnej^[6]

Istnieją również nowoczesne metody wybierania miodu, które wymagają stosowania specjalnie skonstruowanych ramek lub całych uli. W 2015 roku pszczelarstwo zrewolucjonizował „FlowHive” czyli projekt ula, z którego miód uzyskuje się przekręcając kurek. Sekret tkwi w ruchomych ramkach oraz przesuwanych plastrach miodu. Za pomocą specjalnego klucza można przesunąć ruchome części ścianek o połowę wysokości komórki. Podczas przesunięcia, zasklepiene komórki otwierają się i tworzą kanały, którymi sływa miód^[7]. Dzięki temu wynalazkowi, możliwe jest wybieranie miodu z zamkniętych uli, co sprawia że ochronne kombinezony oraz podkurzacze nie są potrzebne. Ściany komórek wykonane są ze specjalnego, nietoksycznego plastiku i mogą być drukowane w technologii 3D. Na dole każdej ramki znajduje się odpływ, za pomocą którego miód pod własnym ciężarem sływa prosto do słoika. Produkt został już skomercjalizowany i jest dostępny na rynku.



Rys. 3. Schemat pracy ruchomych plastrów^[7]



Rys. 4. Odbieranie miodu z FlowHive^[7]

Bez względu na stosowaną metodę pozyskiwania miodu należy go następnie przecedzić przez zestaw sit oraz sklarować, aby pozbyć się zanieczyszczeń. Miód ulega krystalizacji, jednak czas po którym to nastąpi zależy głównie od gatunku miodu. Gdy pojawią się pierwsze kryształki należy mieszać miód tzw. kremowanie, jeżeli zachodzi potrzeba wytwarzania miodu łatwego do rozsmarowania. Dekrystalizacja wymaga podgrzania miodu do temp. 40°C, przez co jakość ulega nieznacznemu pogorszeniu. Woda miodowa, którą otrzymujemy po przemyciu sit, odsklepiaczy, miodarki oraz płukaniu dużej ilości zasklepków, może być wykorzystana do podkarmiania rojów. Inną możliwością stanowi poddanie jej fermentacji, której rezultatem jest produkcja miodów pitnych.



WOSK

Wosk pszczeli stanowi materiał budulcowy komórek. Ten wytwarzany przez pszczoły koloid stanowi „łącze” pomiędzy wszystkimi pszczołami znajdującymi się w ulu. Częstość rezonansowa woskowej komórki wynosi 230-270 Hz, co pozwala na odbieranie i przekazywanie sygnałów przez wszystkich mieszkańców ula. Wosk uzyskuje się poprzez wytopienie go z wycofanych plastrów, odsklepania komórek oraz wycinania dzikiej zabudowy. Wosk topi się w temperaturze 63°C, krzepnie w temperaturze 62°C, traci wodę w temperaturze od 95°C do 105°C, wrze w temperaturze powyżej 300°C. Do wytopienia używa się topiarek słonecznych, parowych oraz elektrycznych. Następnie wosk musi zostać sklarowany, w celu pozbycia się zanieczyszczeń. Otrzymywanie wosku wysokiej jakości wymaga użycia, wody poddanej procesowi odwróconej osmozy. Wosk zemulgowany (zawierający wodę w postaci emulsji) nie nadaje się do obrotu. Część wody (emulsji) można usunąć z takiego wosku filtrując go w czasie wytopiania przez starsze plastry. Robi się to przetapiając go ponownie w parniku na siatce w ten sposób, by roztopiony przepłynął przez kilka przetapianych ciemnych plastrów. Otrzymany w wyniku klarowania czysty wosk dzieli się na dwie klasy handlowe na podstawie jego cech fizycznych. Wosk klasy pierwszej powinien posiadać jednolitą barwę od białej lub jasnożółtej do ciemnożółtej lub zielonkawobrazowej. Klasy drugiej – barwę jednolitą lub niejednolitą od zielonkawej lub brązowej do ciemnobrunatnej i szarej z odcieniem oliwkowym, bez białych smug.

Przed wytłoczeniem węzy należy poddać wosk procesowi sterylizacji, która zapewni czystość mikrobiologiczną. Sterylizacja powinna odbyć się w autoklawie w temperaturze 121°C, przy nadciśnieniu 1 atm i trwać 20-30 min^[8]. Największym nabywcą wosku jest przemysł kosmetyczny i farmaceutyczny, dla których czystość oraz jakość mają kluczowe znaczenie.

PROPOLIS

Propolis, inaczej zwany kitem pszczelim to substancja stała wytwarzana przez pszczoły, w skład której wchodzi: 14% substancji lotnych, 14% domieszek mechanicznych (pyłek kwiatowy), 17% wosku pszczelego, 6% wosku roślinnego, 10% substancji garbnikowych, 41% żywic^[9]. W wyniku analiz propolisu za pomocą chromatografii gazowej i spektroskopii masowej udało się rozdzielić i zidentyfikować 129 związków z 13 różnych grup. Służy do uszczelniania ula oraz zabezpieczenia się przed chorobami, gdyż ma właściwości bakteriobójcze. Pszczoły powlekają nim wgłębienia, uszkodzenia i szpary w ścianach ula regulują szerokość wylotka na zimę. Mumifikują nim, w celu zapobieżenia ich rozkładowi, ciała martwych szkodników, które wtargnęły do ula (ryjówki, myszy), a których, ze względu na rozmiary, nie są w stanie usunąć na zewnątrz. Propolis rozpuszcza się dobrze w wielu rozpuszczalnikach organicznych: w alkoholu etylowym (już od stężenia 70% alkoholu w wodzie), acetonie, chloroformie, eterze etylowym czy naftowym, w alkoholu metylowym. Trudno rozpuszcza się w wodzie. Ciężar właściwy propolisu waha się 1,20-1,27 g/cm³. Temperatura topnienia propolisu, waha się od 68°C do 110°C. Propolis może mieć różną konsystencję: w 15°C jest twardy, w 36°C – miękki i plastyczny, w 70-80°C – płynny. Podczas przechowywania propolis ciemnieje. Smak propolisu jest cierpki, piekący, gorzkawy^[10]. Głównym odbiorcą propolisu jest przemysł farmaceutyczny oraz kosmetyczny.

PYLEK

Za pomocą różnego typu poławiaczy: werandowych, dennicowych lub powałkowych pozyskuje się pyłek kwiatowy, który najpierw zebrany został do koszyczków zbieraczki, a następnie zlepiony miodem z odrobiną nektaru (obnóże pyłkowe). Powracająca do ula zbieraczka pyłku przeciska się przez otwór w plastikowej płytce i gubi obnóże pyłkowe, które spada do zasobnika poławiacza. Wszedłszy do ula orientuje się, że już pyłku się pozbyła i wyrusza do pracy. Pyłek suszy się ciepłym powietrzem w suszarce do pyłku. Nie należy suszyć pyłku na słońcu, gdyż promienie słoneczne rozłożą wiele substancji



biologicznie czynnych, przede wszystkim witaminy. Po wysuszeniu pyłek należy przebrać i przewiać w celu usunięcia lekkich zanieczyszczeń. Ziarna pyłku kwiatowego ze względu na swoją twardą otoczkę są praktycznie niezniszczalne, mogą być przechowywane bez ograniczeń i przetrwać miliony lat.

PIERZGA, MLECZKO PSZCZELE, JAD PSZCZELI

Pierzga to sfermentowany pyłek roślin, który służy jako pokarm larw, młodych pszczół i matki. Pierzga należy do najstarszych suplementów diety. Mleczko pszczele jest wydzieliną gruczołów gardzielowych młodych pszczół. W drugiej połowie XX wieku, naukowcy, stosując proces liofilizacji przedłużyli aktywność biologiczną mleczka, dzięki czemu wydłużył się termin jego przechowywania oraz spożywania. Jad pszczeli jest to składowa wydzielina dwóch gruczołów: jadowego (produkuje substancję o odczynie kwaśnym, czyli właściwy jad) oraz alkalicznego (produkuje ciecz o charakterze zasadowym, służącą do zwilżania aparatu żądłowego i neutralizacji resztek jadu). Do pozyskiwania czystego jadu służy specjalny przyrząd, który wytwarzając bodźce elektryczne, powoduje, że pszczoły żądłą podłożoną pod elektrodami nylonową tkaninę. Po zaschnięciu zeskrobuje się jad z tkaniny do hermetycznie zamykanego naczynia.

Te niedoceniane produkty pszczele są źródłem cennych substancji, mających korzystny wpływ na zdrowie człowieka. W ostatnich latach obserwuje się zwiększone zainteresowanie innymi wyrobami pszczelimi niż miód i wosk. Nie tylko przemysł farmaceutyczny i kosmetyczny wykorzystuje potencjał produktów pszczelich, czynią to również drobni konsumenci.

PODSUMOWANIE

Rola inżyniera w pszczelarstwie nie kończy się na badaniu parametrów produktów pszczelich i ich przetwarzaniu, to także nieustanna praca nad optymalizacją procesów, rozwiązywanie problemów przepływu oraz wdrażanie nowych technologii. Ze względu na stosowanie produktów



pszczelich w przemyśle spożywczym i medycynie, przetworzone wyroby powinny charakteryzować się czystością i wysoką jakością. Zdrowie pszczół oraz świadomość ogromu ich pracy wywołały w ostatnich latach gorącą dyskusję na całym świecie. Koncerny chemiczne opracowują nieszkodliwe dla pszczół środki ochrony roślin oraz produkują leki na toczące je choroby i pasożyty. Zrozumienie mechanizmów kierujących tymi istotami oraz możliwość wyeliminowania zagrażających pszczołom czynników jest kluczem do rozwiązania problemu masowego giniecia pszczół. Podczas pozyskiwania produktów pszczelich należy jednak pamiętać, że najważniejsze są pszczoły, ich zdrowie, dobrobyt i dobra kondycja.

LITERATURA

- [1] Bayer, beecare, <https://beecare.bayer.com/what-to-know/beehealth/find-out-more-about-bees>, data dostępu: 21.03.2017.
- [2] Trávníček P., Vítěz T. and Přidal A., *Rheological properties of honey*. SciAgricBohem 43 (2012), 160-165.
- [3] Poppek S., *Studium identyfikacji miodów odmianowych i metodologii oceny właściwości fizykochemicznych determinujących ich jakość*, Monografie nr 147, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Kraków 2001.
- [4] Gekeler W., *Honigbinenhaltung*, EugenUlmer KG (2006), 116-129.
- [5] Źródło własne.
- [6] Amin Maher O., *Multi-layerhoneyextractors* (2000), Numerpatentu: US 20020174558 A1.
- [7] FlowHive, <https://www.honeyflow.com/about-flow/how-flow-works/p/62>, data dostępu: 22.03.2017.
- [8] <http://www.gorskie-miody.pl/sterylizacja-wosku-teoria/>, Data dostępu: 22.02.2017.
- [9] Burdock G.A., *Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis)*. Food Chem. Toxicol. (1998), 36, 347.
- [10] Wilde J., Prabucki J., *Hodowla pszczół*, PWRiL (2008), 323-348.



MILENA ŚWIERCZYŃSKA, BARTŁOMIEJ KOSMAŁSKI

Koło naukowe SUKCES

**Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki
Politechniki Łódzkiej**

Opiekun naukowy: dr inż. Dorota Siuda, mgr inż., Artur Lewandowski

LED – WPLYW NA JAKOŚĆ WIDZENIA I ZAGROŻENIA Z NIMI ZWIĄZANE

W dzisiejszych czasach oświetlenie w naszych domach, ulicach, biurach oraz galeriach handlowych stopniowo przekształcało się z konwencjonalnych żarówek do żarówek energooszczędnych, świetlówek, a obecnie rynek oświetleniowy zdominowały lampy LED. Wiąże się z tym dużo korzyści, takich jak lepsza skuteczność świetlna oraz oszczędność energii, która obecnie odgrywa ważną rolę w życiu każdego człowieka. Jednak należy zastanowić się, czy źródła LED, są źródłami idealnymi. W artykule omówione zostaną problemy związane z promieniowaniem jakie wydzielają LED-y oraz problemy z interpretacją współczynnika oddawania barw. Przeprowadzona zostanie analiza korzyści, wad i zagrożeń współczesnego oświetlenia.

WPROWADZENIE

Diody elektroluminescencyjne (LED – Light Emmiting Diode) to źródło światła, które zdominowało współczesny rynek oświetleniowy. Obok OLED, jest to najprężniej rozwijająca się technologia, która nie osiągnęła jeszcze szczytu swoich możliwości i wciąż jest odkrywana. Mówiąc o LED-ach, uważamy je za nowoczesne źródła światła, jednak technika ta powstała już na początku XX wieku. W 1907 roku brytyjski naukowiec Henry

Joseph Round odkrył zjawisko elektroluminescencji, którą zaobserwował w kryształach węglika krzemu (SiC). Dopiero w 1962 roku otrzymano pierwszą komercyjną diodę LED, która emitowała promieniowanie o barwie czerwonej. Jej autorem jest zespół specjalistów pod przewodnictwem Nicka Holonyaka Jr., który pracował w laboratorium General Electronics. Kolejne przełomowe losy rozwoju techniki LED-owej to rok 1993, w którym powstała dioda LED emitująca światło niebieskie. Twórca jest Japończyk Shuji Nakamura, który za swoje osiągnięcie został nagrodzony Nagrodą Nobla. Odkrycie to pozwoliło na zrewolucjonizowanie oświetlenia LED, przez uzyskanie brakującego elementu do powstania światła białego^{[1][2]}. Rys. 1 pokazuje diody emitujące światło czerwone (R), zielone (G) i niebieskie (B).

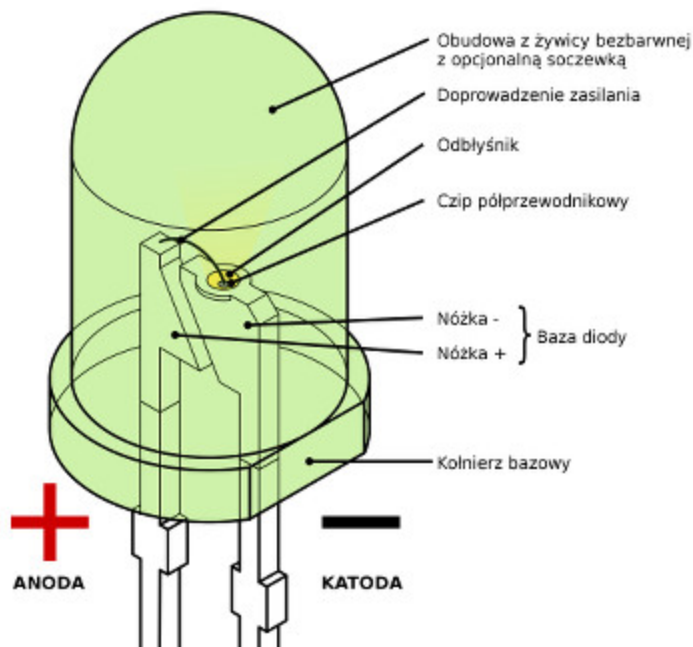


Rys. 1. Diody LED – zielona, czerwona i niebieska^[3]

Niestety do tej pory nie udało się otrzymać diody LED, która emitowałaby światło o barwie białej. W znanej nam współczesnej technologii, jak już wyżej wspomniano, światło niebieskie jest podstawą do otrzymania światła białego. Znane są metody, które pozwalają na uzyskanie tej barwy. Najczęściej dzieje się to za pomocą luminoforu, przez który jest przepuszczane promieniowanie diody o barwie niebieskiej. Druga z popularnych metod polega na mieszaniu światła z czipów LED o różnych barwach, co w efekcie daje światło o barwie białej^[1].

ZASADA DZIAŁANIA ORAZ BUDOWA DIODY LED

W skład budowy każdego źródła LED wchodzi jego najważniejszy element, czyli chip półprzewodnikowy, w którym po dostarczeniu energii elektrycznej otrzymujemy światło. Półprzewodniki najczęściej są zbudowane z kryształków krzemu, które są wzbogacone różnymi dodatkami. Kryształ w diodzie elektroluminescencyjnej składa się z dwóch warstw. Pierwsza z nich to warstwa „n”, w której znajduje się duża ilość elektronów. Druga składowa to warstwa „p”, w której występują, tzw. dziury. Na rys. 2 została przedstawiona budowa diody elektroluminescencyjnej. Rdzeń diody, czyli chip półprzewodnikowy, jest często osłonięty obudową wykonaną z bezbarwnej żywicy. Obudowany jest kołnierzem bazowym, do którego wchodzi katoda i anoda^[4].



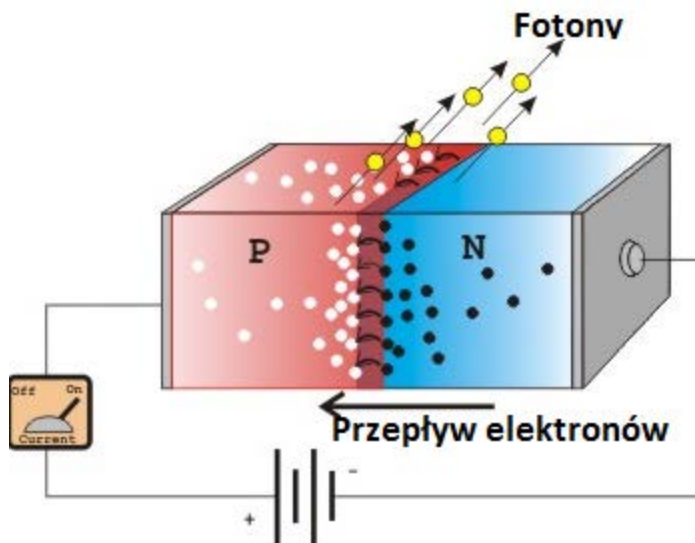
Rys. 2. Budowa diody elektroluminescencyjnej^[4]

Diody LED działają na zasadzie zjawiska elektroluminescencji. W uproszczeniu mechanizm działania, który jest ukazany na rys. 3, przebiega następująco:

- nośniki (elektrony i dziury), przepływają wraz z prądem elektrycznym, poprzez reakcje rekombinacji promienistej,
- w czasie reakcji wytrącana jest część energii w postaci fotonu (cząstka światła),
- fotony to czynniki, dzięki którym możemy obserwować światło.

Długość fali świetlnej definiuje poziom energii fotonów – im większa energia fotonu tym mniejsza długość fali.

Zaistniały proces ma miejsce w złączu p-n w spolaryzowanym kierunku przewodzenia^[5] Światło jakie jest emitowane przez źródło diody LED ma bardzo wąski zakres widma. Oznacza to, że są to źródła promieniowania monochromatycznego. Białe światło, które odczuwa obserwator jest jedynie doznaniem wzrokowym. Zjawisko to powstaje w wyniku stymulacji siatkówki gałki ocznej promieniowaniem o częstotliwościach, które odpowiadają za czułość komórek oka dla pełnego spektrum promieniowania widzialnego^[6].



Rys. 3. Zasada działania diody LED^[7]

ZALETY ŹRÓDŁEŁ LED

Technologie dzisiejszych czasów ciągle dążą do jak najmniejszego zanieczyszczenia środowiska oraz ograniczenia wydatków na potrzeby konieczne, takie jak energia elektryczna. Pierwszą z zalet diod LED, wyróżniającą je na tle innych źródeł światła jest **skuteczność świetlna**. Parametr ten definiuje stosunek strumienia świetlnego [lm] wyemitowanego przez źródło do pobranej energii, wynosi od 26 do 303 lm/W (zależny od jakości diody LED). Dla porównania konwencjonalna żarówka wolframowa posiada skuteczność świetlną na poziomie 8-20 lm/W^{[8][9]}.

Kolejną przewagą diod elektroluminescencyjnych jest ich **wytrzymałość mechaniczna**. Są one zdecydowanie bardziej odporne na wibracje oraz uderzenia. Spowodowane jest to użytymi do produkcji materiałami, tj. aluminium i tworzywa sztuczne, które odznaczają się wyższą wytrzymałością od szkła, czyli materiału użytego do produkcji m.in. żarówek i świetlówek^{[5][10]}.

Niewielkie rozmiary diod LED dają duże możliwości montażu w miejscach, w których jest bardzo mało miejsca oraz liczy się trwałość źródła, np.: w telefonach komórkowych. Może być to wykorzystane w celach dekoracyjnych lub architektonicznych.

Czas, w którym źródło światła osiąga pełnię swojej światłości, to kolejny parametr, którym mogą się pochwalić źródła LED. Czas, który potrzebny jest na włączenie, wynosi 100 ns, a wyłączenie 200 ns. Żarówka, która do pojawienia się źródeł elektroluminescencyjnych była rekordzistką w porównaniu ze źródłem LED, potrzebuje około 2 miliony razy więcej czasu (ok. 200 ms). Czasy dla źródeł wyładowczych oraz fluorescencyjnych są nieporównywalnie dłuższe, trwają nawet do kilku minut^[5].

Trwałość diod elektroluminescencyjnych jest na dużo wyższym poziomie niż diod fluorescencyjnych, a tym bardziej żarowych źródeł światła, producenci szacują żywotność na około 10-100 tysięcy godzin pracy. Ciekawostką jest fakt, że nie jest to czas po jakim diody nagle przestaną świecić jak przepalona żarówka. Diody LED wraz z upływem czasu tracą

swoją jasność. Producenci przyjmują, że czas pracy diod, który podają w kartach katalogowych dotyczy okresu, w którym dioda posiada do 70% swojej jasności. Kiedy jej skuteczność spadnie poniżej tego poziomu dioda kwalifikuje się do wymiany na nową. Z tego wynika, że dobrze wykonane diody LED mogą nam świecić dłużej niż zapewnia producent, jednak trzeba się liczyć z tym, że skuteczność świetlna będzie osiągała coraz niższy poziom^[11].

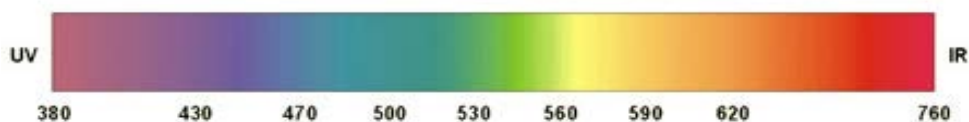
NEGATYWNE ODDZIAŁYWANIE ŚWIATŁA NIEBIESKIEGO

Promieniowanie optyczne towarzyszy człowiekowi oraz naturze od zawsze. Potrzebne jest nam ono do życia i to właśnie dzięki niemu świat postrzegamy w różnych kolorach. Obecnie sztuczne źródła promieniowania optycznego są wykorzystywane w medycynie, kosmetyce oraz nauce. W zależności w jakiej dziedzinie i do jakich celów ma zostać wykorzystane promieniowanie, różni się jego zakres fali. W tym celu przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową zostały opracowane granice obszarów promieniowania, widoczne w tab. 1^[12].

Tab. 1. Granice obszarów promieniowania optycznego

zakres	wg CIE [7]		w chemii (w spektroskopii)		w fizyce, w technice	
	nazwa	przedział dł.fali	nazwa	przedział dł.fali	nazwa	przedział dł.fali
UV	UVC	100 nm do 280 nm	próżniowy	3 nm do 30 nm	daleki	10 nm do 180 nm
	UVB	280 nm do 315 nm	średni	30 nm do 200 nm	próżniowy	180 nm do 300 nm
	UVA	315 nm do 380 nm	bliski	200 nm do 400 nm	bliski	300 nm do 400 nm
VIS	światło	380 nm do 780 nm	światło	400 nm do 800 nm	światło	400 nm do 760 nm
IR	IRA	780 nm do 1,4 μm	bliska	800 nm do 3 μm	bliska	760 nm do 1,5 μm
	IRB	1,4 μm do 3 μm	średnia	3 μm do 30 μm	średnia	2,5 μm do 50 μm
	IRC	3 μm do 1mm	daleka	30 μm do 300 μm	daleka	50 μm do 2 mm

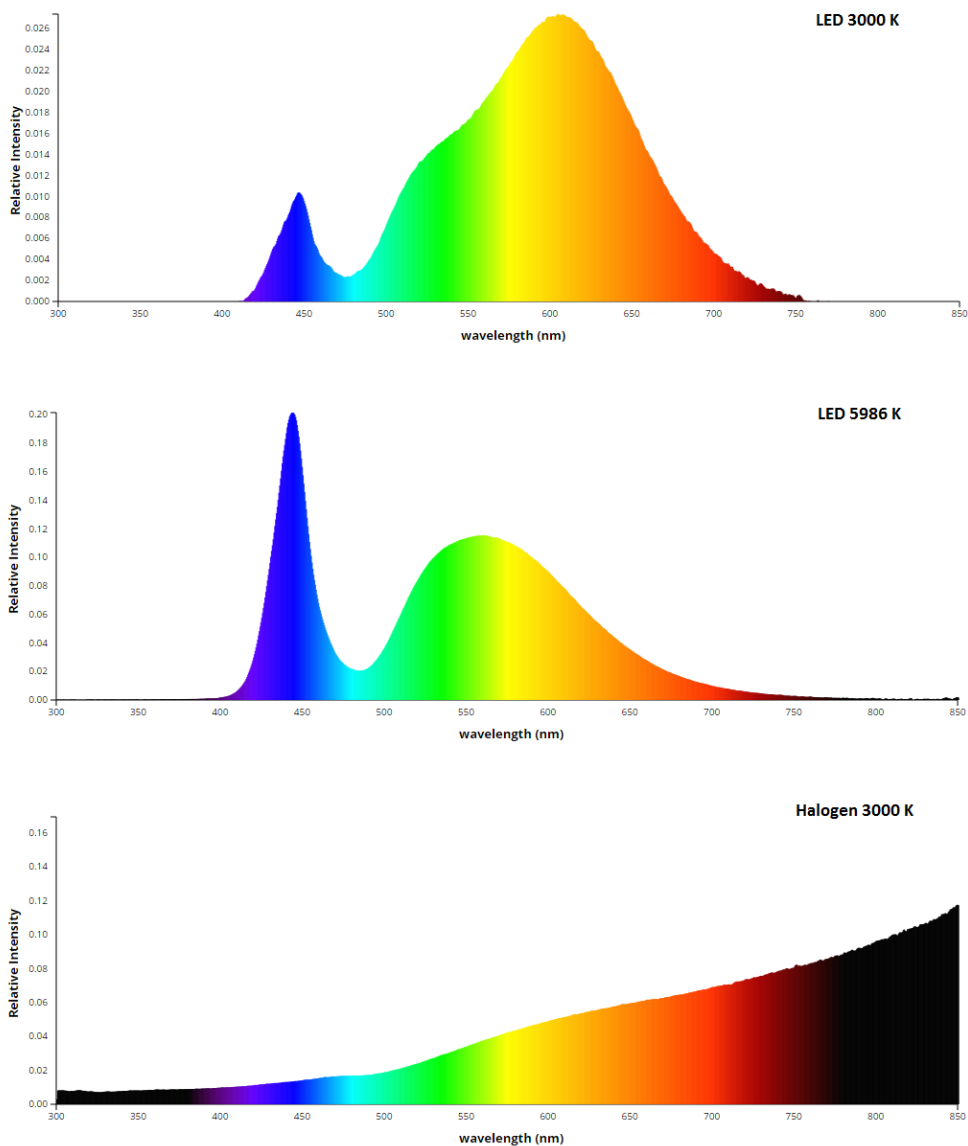
Z kolei, na rys. 4 ukazany jest zakres promieniowania widzialnego, który mieści się w przedziale 380-780 nm.



Rys. 4. Zakres promieniowania widzialnego^[13]

Światło niebieskie, które wchodzi w skład promieniowania widzialnego zawiera się w przedziale od ok. 380 do ok. 500 nm^[14]. Ma największe znaczenie w oddziaływaniu na pozawzrokową reakcję organizmu, przez hamowanie wydzielania hormonu zwanego melatoniną. Hormon ten odpowiedzialny jest za uczucie senności u człowieka^{[16][15]}. Problem ten dotyczy głównie promieniowania z zakresu 465-470 nm, przy którym hamowanie wydzielania hormonu snu jest maksymalne. Wielu pracodawców wykorzystuje fakt, że światło niebieskie ma znaczący wpływ na senność, czujność i termoregulację człowieka. Zjawisko to jest wykorzystywane w przypadku pracowników, którzy pracują w systemach zmianowych. Pracownicy poddawani są oddziaływaniu na światło o barwie niebieskiej. Przeprowadzono badania, w których porównano czujność oraz wydolność wzrokową pracowników przy oświetleniu światłem o temperaturze barwowej: 3000 K, 4000 K i 6500 K. Wyniki badania wykazały, że światło o największej temperaturze barwowej w zestawieniu, znacznie zwiększa wydolność wzrokową oraz poziom czujności pracowników. Jest to spowodowane zwiększonym udziałem promieniowania w zakresie 450-470 nm. Najlepiej przedstawia to zestawienie porównawcze wykresów widmowych źródeł światła: Philips PAR 20 Flood (LED 3000 K), Ledtech PAR20 (LED 5896 K) oraz dodatkowo wykres widmowy źródła żarowego: Sandard PAR38 Icepar (Halogen 3000 K) na rys. 5^{[16][17]}.

Podniesienie poziomu czujności pracowników przy użyciu światła niebieskiego wiąże się z negatywnymi skutkami wpływającymi na zdrowie człowieka. Występują informacje, z których wynika, że zwiększone jest ryzyko wystąpienia nowotworu piersi w gronie kobiet, które pracują w godzinach nocnych^{[16][18]}. Promieniowanie niebieskie jest również zwiększonym zagrożeniem dla siatkówki oka człowieka, ponieważ skutki szkodliwe, które wywołuje promieniowanie widzialne mają największą skuteczność w zakresie światła niebieskiego^{[16][19]}.

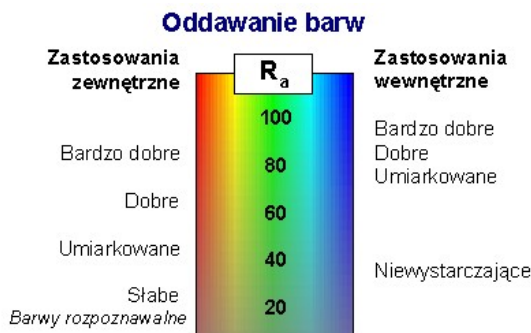


Rys. 5. Porównanie wykresów widmowych źródeł światła LED i żarowych o różnych temperaturach barwowych^[17]

PROBLEMY Z INTERPRETACJĄ WSKAŹNIKA ODDAWANIA BARW

Już od początku istnienia ludzkości dążono do tego, aby rozświetlić ciemności i mroki nocy. Długość dnia była uzależniona od wschodu i zachodu słońca, lecz człowiek czuł potrzebę bytowania po zmierzchu. Żeby dostrzec obiekt jest konieczne wystąpienie różnicy luminancji lub barwy, inaczej mówiąc, potrzebny jest kontrast między przedmiotem i jego tłem. Jak już wcześniej wspomniano, fizjologia człowieka pozwala na obserwowanie światła w zakresie długości fali od 380 nm do 780 nm. Ludzkie oko jest w stanie rozróżnić do kilku milionów barw. Percepcję barwy umożliwiają zawarte w oku światłoczułe receptory – czopki. Pręciki odpowiadają za widzenie jaskrawości przy bardzo małej ilości światła. Jest to widzenie skotopowe. Przy takim widzeniu człowiek nie posiada zdolności rozróżniania barwy. Widzenie fotopowe, czyli dzienne jest możliwe dzięki czopkom. W oku znajdują się trzy rodzaje czopków: niebieskie (S), zielone (M) i czerwone (L). Każdy rodzaj tych receptorów posiada zakres długości fali, na który przypada jego maksimum absorpcji^{[15][20]}.

Parametrem źródeł światła, który określa zdolność do postrzegania barw jest wskaźnik oddawania barw R_a (ang. CRI – Colour Renedering Index). Wyrażany jest wartością od 0 do 100. Im współczynnik jest wyższy tym oddawanie barw jest lepsze.



Rys. 6. Wrażenie barwy w zależności od stopnia oddawania barw przez źródło światła^[21]

Na rysunku 6 została przedstawiona zależność wrażenia barwy od stopnia oddawania barw przez źródło światła dla oświetlenia zewnętrznego i oświetlenia wewnątrz.

Zgodnie z obowiązującą normą dotyczącą oświetlenia miejsc pracy we wnętrzach, pomieszczenia w których wykonywana jest praca powinny posiadać wskaźnik oddawania barw na poziomie minimum 80^[22].

Wskaźniki oddawania barw określa się na podstawie 14 próbek barwnych z atlasu Munsella, ukazanych na rys. 7.

próbka	oznaczenie w atlasie Munsella	barwa próbki w świetle dziennym
TCS01	7,5 R 6/4	jasno szaro-czerwona
TCS02	5 Y 6/4	ciemno szarawo żółta
TCS03	5 GY 6/8	nasycona żółto-zielona
TCS04	2,5 G 6/6	średnio żółto-zielony
TCS05	10 BG 6/4	niebieskawo zielona
TCS06	5 PB 6/8	jasno niebieska
TCS07	2,5 P 6/8	jasny fioletowa
TCS08	10 P 6/8	czerwono fioletowa
TCS09	4,5 R 4/13	nasycona czerwona
TCS10	5 Y 8/10	nasycona żółta
TCS11	4,5 G 5/8	nasycona zielona
TCS12	3 PB 3/11	nasycona niebieska
TCS13	5 YR 8/4	żółtawo-różowa
TCS14	5 GY 4/4	oliwkowa

Rys. 7. Zestawienie próbek barwnych z atlasu Munsella, użytych do wyznaczenia wskaźnika oddawania barw^[23]

Wartość Ra określamy na podstawie porównania wrażenia barwy próbek testowych oświetlanych badanym źródłem światła oraz oświetlenia tych samych próbek źródłem światła odniesienia. Wzorzec światła inaczej iluminant zależy od temperatury barwowej danego źródła światła. Na rys. 7 pokazane są próbki 8 podstawowych i 6 dodatkowych. Na podstawie pierwszych 8 wzorców oblicza się ogólny wskaźnik oddawania barw. Pozostałe służą do wyliczenia dodatkowego wskaźnika oddawania barw Ri. Badania dowiodły, że źródła światła LED mają problem z oddawaniem barw



dla próbki oznaczanej symbolem R9. W tym przypadku wartość współczynnika oddawania barw R_a może przyjmować wartość ujemną. Ponadto, występują diody LED, które mimo tego, że posiadają wartość ujemną dla szczegółowego wskaźnika oddawania barw R9, a ich ogólny wskaźnik oddawania barw wynosi mniej niż 80 oddają barwy bardzo dobrze. Podsumowując, wysoka wartość ogólnego wskaźnika oddawania barw nie gwarantuje dobrej jakości oddawania barw dla oświetlenia LED-owego. W dokumentach wydanych przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową CIE określono rodzaje źródeł światła, w których można stosować wskaźnik oddawania barw R_a . W dokumencie tym nie ma wzmianki o źródłach LED-owych. Powodem tego jest fakt, że dokument został wydany przed stosowaniem źródeł LED w oświetleniu. Nie jest jasno określone jaki parametr powinien być używany dla LED-ów. Z racji tego, iż wskaźnik R_a był stosowany powszechnie, producenci przyjęli go również dla tej technologii. Problem został zauważony i już na terenie USA Illuminating Engineering Society wprowadziło dodatkowy parametr CQS (ang. Colour Quality Scale), służący do oceny oddawania barw^{[20][24]}.

PODSUMOWANIE

Problem związany z zagrożeniem światłem niebieskim, można zredukować przez stosowanie źródeł światła LED o niższej temperaturze barwowej. Pracodawcy którzy w swoich zakładach pracy instalują oświetlenie LED o temperaturze barwowej wyższej niż 5000 K, powinni zdawać sobie sprawę, że narażają pracowników, a szczególnie kobiety, na oddziaływanie światła niebieskiego, które może doprowadzić do ciężkich schorzeń. Kolejny problem, z którym zmagają się LED-y wynika z interpretacji koloru czerwonego, który jest główną barwą stosowaną w oznakowaniu dróg ewakuacyjnych i znakach bezpieczeństwa. Diody LED są alternatywą dla konwencjonalnych źródeł światła, mimo iż mogą stwarzać dodatkowe zagrożenie dla człowieka. Dają również możliwość zredukowania skutków ubocznych. Niestety, nie wszystkie diody elektroluminescencyjne powinny być wykorzystywane do oświetlenia ogólnego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Górczewska M., *LED – podstawowe parametry, kierunki rozwoju, Oświetlenie elektryczne*, nr 179, ss. 26-32.
- [2] <http://www.neoled.pl>
- [3] WikimediaCommons
- [4] <https://enterius.eu/oswietlenie-led-porady/budowa-dzialanie-diody-led/>
- [5] Siłacz Ł. *Współczesne zastosowania diod elektroluminescencyjnych*, http://etacar.put.poznan.pl/jan.deskur/EN_n3_09/Diody_LED.pdf
- [6] Wantuch A., Jankowski M. *Elektryczne źródła światła – wpływ na zdrowie człowieka, Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 92 Nr 3, 2016.
- [7] <https://enterius.eu/oswietlenie-led-porady/budowa-dzialanie-diody-led/>
- [8] <http://cmf.p.lodz.pl>
- [9] <http://www.cree.com>
- [10] <http://www.tecoled.com.pl>
- [11] <https://enterius.eu/oswietlenie-led-porady/zalety-i-wady-oswietlenia-led/>
- [12] Kolek Z., *Oddziaływanie promieniowania optycznego na człowieka korzystny wpływ i zagrożenia*, 2006 r.
- [13] www.seka.ciop.pl/pl/2387/oswietlenie
- [14] Blue Light Hazard: New Knowledge, New Approaches to Maintaining Ocular Health, Report of a Roundtable – USA, New York City 2013 r.
- [15] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Melatonina>
- [16] Wolska A., Zużewicz K., *Barwa światła a poziom czujności człowieka*, *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R.91, Nr 7, 2015, 2015 r.
- [17] <http://galileo.graphyics.cegepsheerbrook.qc.ca/app/en/lamps/>
- [18] Richter K., Acker J., Kamcev N., Bajraktarov S., Piehl A., Niklewski G., *Recommendations for the prevention of breast cancer in shift workers*, *EPMA Journal*, 2011; 2: 351-356.
- [19] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z 27 maja 2010 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne (tekst jednolity Dz.U. z 2013, poz. 1619).
- [20] Fryc I., Fryc J., Wąsowski K.A., *Rozważania o jakości oddawania barw źródeł światła, wyrażanej wskaźnikiem Ra (CRI), uwzględniające*



*fizjologię widzenia oraz zagadnienia techniczno-prawne, Przegląd
Elektrotechniczny, nr 2, 2016, ss. 218-223.*

- [21] <http://www.swiatlo.tak.pl>
- [22] PN-EN 12464-1:2012 Światło i oświetlenie – Oświetlenie miejsc pracy – Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
- [23] Albert H. Munsell, *Atlas of the Munsell Color System* (1915).
- [24] <https://proline.pl>

ISBN 978-83-7283-891-9