

# Zastosowanie fitoestrogenów w kosmetykach przeciw starzeniu się skóry

Alicja KAPUŚCIŃSKA\*, Izabela NOWAK – Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, Poznań

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2015, 69, 3, 154–159

Wraz z upływem czasu ludzka skóra starzeje się. Jest to naturalny i nieunikniony proces fizjologiczny, którego oznakami są przede wszystkim zmarszczki, suchość oraz utrata elastyczności [1]. Naukowcy dążą do znalezienia rozwiązania, które poprawiałoby wygląd i kondycję dojrzałej skóry. W artykule został przedstawiony przegląd literaturowy dotyczący charakterystyki starzenia się skóry oraz mechanizmu działania fitoestrogenów oraz ich roli w pielęgnacji skóry dojrzałej. Fitoestrogeny to związki pochodzenia roślinnego zbliżone strukturą do ludzkich hormonów- estrogenów. Ze względu na niezwykle istotną rolę estrogenów w procesie starzenia się skóry postanowiono zbadać wpływ ich roślinnych analogów strukturalnych na fizjologię i funkcjonowanie skóry [2].

## Wstęp

Chemia kosmetyczna oraz kosmetologia to dwie dynamicznie rozwijające się dziedziny chemii oraz dermatologii. W nawiązaniu do ostatnich trendów ekologii, producenci kosmetyczni dążą do zastąpienia syntetycznych składników pielęgnacyjnych naturalnymi substancjami. Odkryciem kosmetycznym XX wieku są fitoestrogeny, substancje pochodzenia roślinnego, będące analogiem strukturalnym ludzkich estrogenów, znanych również jako hormony młodości [3]. Estrogeny są odpowiedzialne między innymi za zdrowy i młody wygląd skóry oraz wzrost i gęstość włosów [4]. Ze względu na znaczący spadek tych hormonów w okresie menopauzalnym zaleca się ich doustne stosowanie w celu wyrównania gospodarki hormonalnej organizmu (hormonalna terapia zastępcza, HTZ). Rozpatrując stan zdrowia, nie każdej kobiecie zaleca się taką terapię zastępczą. Wówczas istnieje możliwość przyjmowaniu suplementów zawierających roślinne analogi estrogenów o słabszym działaniu – fitoestrogeny [5]. Pozytywne efekty doustnej suplementacji skłoniły producentów kosmetycznych do badań z zakresu skuteczności działania fitoestrogenów aplikowanych na skórę.

## Definicja i mechanizmy starzenia się skóry

Procesem starzenia się organizmu nazywany jest zespół zachodzących w nim naturalnych i postępujących w czasie zjawisk biologicznych, których skutki nie są fizjologicznie odwracalne. Zjawiska te dotyczą także skóry twarzy i szyi, co oznacza się przede wszystkim spadkiem jej jędrności, powstawaniem zmarszczek i utratą równomiernego koloru twarzy. Ponadto, stopniowy zanik funkcji gruczołów łojowych prowadzi do zwiększenia transepidermalnej utraty wody na skutek zaburzenia wytwarzania naturalnego wodno-lipidowego płaszczka ochronnego skóry [6].

## Obraz kliniczny starzejącej się skóry.

Najbardziej charakterystyczną oznaką starzenia się skóry są zmarszczki. Są to liniowe zmiany skórne, które powstają na skutek spadku nawilżenia i elastyczności skóry [7]. W zależności od głębokości zmian, wyróżnia się zmarszczki powierzchniowe i głębokie. Głębokość zmarszczek powierzchniowych nie przekracza wartości 0,05 mm, w przeciwieństwie do zmarszczek głębokich. Wraz z upływem czasu,

aktywność podziałowa komórek warstwy podstawnej naskórka (*stratum basale*) ulega redukcji, następuje ich spłaszczenie i przyjmują one horyzontalne (spoczynkowe) ułożenie. Kolejną zmianą kliniczną w obrębie naskórka jest atrofia warstwy kolczystej (*stratum spinosum* i ziarnistej (*stratum granulosum*), będąca przyczyną stopniowego zmniejszania grubości naskórka. Na skutek tych procesów następuje spłaszczenie granicy pomiędzy naskórkiem a skórą właściwą. Zmniejszona adhezja obu warstw tkanki skórnej prowadzi do ograniczenia powierzchni kontaktu naskórka ze skórą właściwą, co wiąże się z pogorszeniem stopnia ukrwienia warstwy podstawnej naskórka, a w efekcie – zmniejszenia i ograniczenia wymiany metabolicznej oraz substancji odżywczych między tymi warstwami [4]. Zmiany histologiczne będące efektem starzenia można również zaobserwować w skórze właściwej. Zredukowana zawartość włókien kolagenowych typu I oraz III prowadzi do zmian w sieciowaniu nowo powstałych włókien podporowych. Na skutek zmiany ich właściwości fizyko-chemicznych włókna twardnieją oraz ulegają chaotycznemu rozmieszczeniu w skórze [1, 8].

Powstawaniu zmarszczek sprzyja także postępująca suchość skóry, będąca wynikiem redukcji zawartości lipidów w cemencie międzykomórkowym oraz obniżenia aktywności gruczołów łojowych, których wydzielina wchodzi w skład naturalnego płaszczka hydrolipidowego skóry, chroniącego ją przed nadmierną przeznaskórkową utratą wody (ang. *Transepidermal Water Loss*, TEWL) [9].

## W zależności od przyczyny, wyróżnia się kilka rodzajów starzenia się skóry.

Pierwszy z nich, to starzenie wewnątrzpochodne, które jest najczęściej związane z gospodarką hormonalną organizmu oraz z wiekiem (tzw. starzenie chronologiczne) [10]. Drugim rodzajem starzenia się skóry jest starzenie zewnątrzpochodne. Zachodzi ono na skutek działania na skórę czynników zewnętrznych, takich jak promieniowanie ultrafioletowe (fotostarzenie), czy dym papierosowy. Trzecim rodzajem starzenia się skóry jest starzenie mimiczne, związane z mimiką twarzy [11].

## Definicja, podział i budowa fitoestrogenów

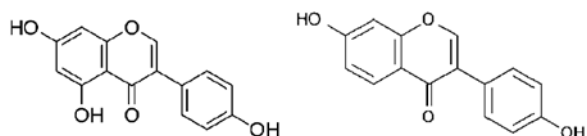
Fitoestrogeny to organiczne związki niesteroidowe pochodzenia roślinnego. W organizmie ludzkim fitoestrogeny działają na podobieństwo estrogenów, żeńskich hormonów płciowych. Siła działania tych związków jest słabsza niż siła działania 17- $\beta$ -estradiolu. Najważniejszą i najlepiej poznaną klasą fitoestrogenów są izoflawony. Dotychczas zostały zidentyfikowane także następujące klasy fitoestrogenów: lignany, stilbeny, kumestany, kumaryny, a także dihydroksychalkony oraz triterpenoidy. Wśród izoflawonów o najsilniejszym działaniu estrogenopodobnym wymienia się genisteinę oraz daidzeinę [12].

Fitoestrogeny są syntetyzowane w roślinach z fenylpropanoidów i prostych fenoli i wykazują działanie grzybobójcze, antyutleniające, budulcowe, sygnalizujące stres, ponadto chronią roślinę przed szkodliwym działaniem promieniowania ultrafioletowego. Pojęcia „fitoestrogeny” oraz „fitohormony” są często używane zamiennie, co wynika z ich błędnego definiowania, bowiem fitohormony są to substancje pełniące funkcje hormonów w organizmie roślinnym, niemające jednak wpływu na gospodarkę hormonalną organizmu ludzkiego [12].

Autor do korespondencji:

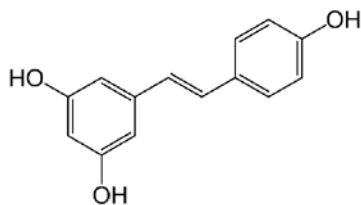
Mgr Alicja KAPUŚCIŃSKA, e-mail: kapuscinska.alicja@gmail.com.

Najbogatszym źródłem fitoestrogenów z grupy izoflawonów jest soja. Prażone nasiona tej rośliny oraz mąka sojowa mogą zawierać od 130 do 170 mg izoflawonów w 100 gramach surowca. Żywność pochodzenia sojowego, typu sos sojowy czy makarony sojowe, są uboższe w izoflawony. Soja nie jest jedynym źródłem występowania tej klasy fitoestrogenów. Nasiona roślin strączkowych, produkty zbożowe oraz niektóre owoce i warzywa również zawierają te związki, jednak zawartość ta nie przekracza 1 mg na 100 g surowca [13]. Najważniejszymi przedstawicielami izoflawonów jest genisteina (4',5,7-trihydroksyizoflawon) i daidzeina (4',7-dihydroksyizoflawon) (Rys. 1) Związki te mają grupy hydroksylowe w miejscach 7' i 4' w konfiguracji analogicznej do konfiguracji występującej w cząsteczce 17- $\beta$ -estradiolu. Takie działanie genisteiny wyizolowanej z janowca barwierskiego (łac. *Genista tinctoria*) zostało opisane po raz pierwszy w 1931 r. [14].



Rys. 1. Wzory strukturalne genisteiny (lewo) i daidzeiny (prawo)

Kolejną, dość ważną klasą fitoestrogenów są stilbeny. Najważniejszy z tej grupy jest resweratrol (trans-3,5,4'-trihydroksystilben), będący polifenolową pochodną stilbenu (Rys. 2). Najbogatszym źródłem tego związku są winogrona czerwone, zawierające 50–100 mg resweratrolu w 1 g surowca. Substancja ta występuje także w mniejszych ilościach w orzechach arachidowych oraz skórce morwy i czarnej porzeczki (do 1 mg w 100 gramach surowca) [13,15]. Resweratrol jest skutecznym przeciwutleniaczem, który w roślinach występuje w postaci izomeru *trans* o zdolności aktywowania genu SIRT1 [16]. SIRT1 jest enzymem deacetylującym białka, które przyczyniają się do regulacji komórkowej (reakcja na stres, długowieczność) [17]. Pod wpływem promieniowania ultrafioletowego *trans*-resweratrol jest przekształcany w izomer *cis*, który nie wykazuje aktywności biologicznej.



Rys. 2. Wzór strukturalny resweratrolu

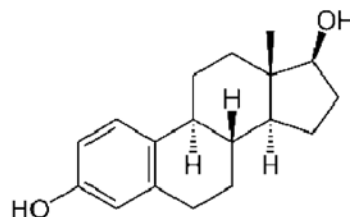
Tylko nieliczne związki z grupy kumestanów są klasyfikowane jako fitoestrogeny. Spośród nich substancją o silnym działaniu estrogenopodobnym jest kumestrol. Źródłem tej substancji są pędy lucerny, kiełki soi oraz szpinak [13].

### Rola estrogenów w procesie starzenia się skóry

Gospodarka hormonalna jest ważnym i dobrze poznany czynnikiem decydującym o procesie starzenia się skóry. Kluczową rolę pełnią tutaj estrogeny, hormony płciowe, do których zalicza się estradiol, estron i estriol. Stężenie estrogenów ulega obniżeniu w okresie menopauzalnym [18]. Towarzyszy temu nasilenie procesów starzenia, zarówno tych związanych z wiekiem jak i spowodowanych działaniem czynników środowiskowych. Przeprowadzone badania dowodzą, że estrogen i jego pochodne mają wpływ na prawidłową pigmentację skóry, jej unaczynienie, elastyczność i sprężystość oraz zdolność do hamowania nadmiernej transepidermalnej utraty wody [19].

### Mechanizm aktywności biologicznej fitoestrogenów oraz ich wpływ na fizjologię i funkcjonowanie skóry

Mechanizm działania fitoestrogenów opiera się na strukturalnym podobieństwie do 17- $\beta$ -estradiolu, naturalnego hormonu płciowego (Rys. 3). Związki te wiążą się zarówno formą  $\alpha$  (ER- $\alpha$ ), jak i formą  $\beta$  (ER- $\beta$ ) jądrowego receptora estrogenowego – ER (czynnika transkrypcyjnego, który przez przyłączanie specyficznych ligandów, reguluje ekspresję genów), jednakże powinowactwo genisteiny do ER- $\beta$  jest około 30-krotnie większe, niż do ER- $\alpha$ . Na skutek interakcji dochodzi do aktywacji receptora i tak zwanej „odpowiedzi estrogenowej” [20]. Aby uzyskać efekt porównywalny do wywołanego przez fizjologiczne stężenie 17- $\beta$ -estradiolu, konieczne byłoby stężenie ok. 100 nM genisteiny. Związek ten wykazuje największe spośród izoflawonów powinowactwo do receptorów estrogenowych [21]. Estrogeny mogą wywierać wpływ na komórkę za pomocą trzech głównych mechanizmów, tj. przez bezpośredni wpływ na ekspresję genów za pomocą jądrowych receptorów estrogenowych; przez pośredni wpływ na ekspresję genów za pomocą jądrowych receptorów estrogenowych, a także na skutek oddziaływania na receptory estrogenowe (ER) obecne w rejonie błony komórkowej [21, 22, 23, 24]. Wpływ estrogenów na skórę wynika między innymi z obecności receptorów ER- $\beta$  w skórze [24]. Wyniki badań dowodzą, że w obrębie owłosionej skóry głowy stwierdza się dominację ER- $\beta$  na podstawie użycia specyficznych przeciwciał skierowanych przeciwko ER- $\alpha$  i ER- $\beta$  w metodzie immunohistochemicznej. Ponadto, dużą liczbę receptorów ER- $\beta$  stwierdzono w warstwie bazalnej, kolczystej oraz ziarnistej naskórka, a także w warstwie brodawkowej skóry właściwej [25].



Rys. 3. Wzór strukturalny estradiolu

### Działanie i przykłady preparatów kosmetycznych zawierających fitoestrogeny

Jak już wcześniej wspomniano, proces starzenia się skóry jest naturalnym procesem biologicznym, którego nie da się zatrzymać, a jedynie spowolnić. Jednym ze sposobów na spowolnienie mechanizmów starzeniowych jest używanie preparatów typu *anti-ageing*. Są to preparaty przeznaczone do skóry dojrzałej z oznakami starzenia. Preparaty te mają na celu zredukować zmarszczki, zwiększyć elastyczność skóry, poprawić jej koloryt. Znaczna większość tych preparatów charakteryzuje się dużą gęstością i lepkością (emulsje tłuste typu woda w oleju z dużą zawartością lipidów wchodzących w skład cementu międzykomórkowego) w celu poprawy stopnia nawilżenia naskórka przez redukcję TEWL. Ponadto, kosmetyki typu *anti-ageing* zawierają w swoim składzie substancje czynne mające działanie przeciwstarzeniowe. Przykładem takich substancji są fitoestrogeny, popularne składniki kosmetyków przeznaczonych do pielęgnacji skóry dojrzałej [26]. Zalecane stężenie tych substancji aktywnych w kosmetykach wynosi 0.001–10 % masowych [27].

Na rynku kosmetycznym dostępne są preparaty zawierające w swoim składzie resweratrol (między innymi BIODERMA Cicabio Lotion, SKIN RENU Anti Wrinkle Finesse Reducing Formula for Eyes, TOPIX PHARMACEUTICALS Resveratrol Cream oraz SESDERMA Resveraderm Antiox Krem). Wg danych literaturowych [28], związek ten hamuje proliferację komórek naskórka, stymuluje ich różnicowanie, a także zwiększa elastyczność skóry. Ponadto uważa się, że resweratrol ma zdolność inhibicji tyrozynazy, enzymu niezbędnego w procesie produkcji melaniny, dzięki czemu może być składnikiem aktywnym preparatów rozjaśniających przebarwienia skórne [29].

Coraz większą popularnością cieszą się również kosmetyki zawierające genisteinę (między innymi RILASTIL Moisturizing & Anti-wrinkle Cream, SWISSCODE Pure Genistein, CELL IQ Genistein Protective Rich Body Cream oraz AURIGA Flavonex). Zgodnie z danymi literaturowymi, preparaty kosmetyczne bogate w genisteinę zwiększają grubość, elastyczność i jędrność skóry [30]. Genisteina ma także zdolności do zwiększania szybkości procesu lipolizy na drodze inhibitowania proliferacji preadipocytów, a co za tym idzie może być stosowana także w preparatach antycellulitowych [31, 32]. Wykazano [33,34], że aktywną formą genisteiny jest aglikon genisteiny (genina) powstający podczas kwaśnej hydrolizy z wydzieleniem jednostki cukru. Ze względu na słabą rozpuszczalność aglikonu genisteiny w wodzie i olejach, przygotowanie odpowiednich formułacji kosmetycznych jest bardzo utrudnione, ale możliwe z wykorzystaniem liposomalnych nośników [31,34].

### Podsumowanie

Ze względu na analogię strukturalną, fitoestrogeny mogą pełnić rolę zastępczą dla estrogenów w hormonalnej terapii zastępczej oraz praktyce pielęgnacyjnej skóry dojrzałej z oznakami starzenia. Omówione w artykule związki organiczne charakteryzują się słabszym działaniem w porównaniu z estrogenowymi hormonami płciowymi. Ze względu na znaczący wpływ estrogenów na fizjologię i wygląd skóry, fitoestrogeny mogą być stosowane w preparatach typu *anti-ageing*.

### Literatura

- Noszczyk M.: *Kosmetologia pielęgnacyjna i lekarska*. Wyd. Lekarskie PZWL 2010, 114.
- Daniel S., Reto M., Fred Z.: *Dermatological application of soy isoflavones to prevent skin ageing in postmenopausal women*. *Cosmet. Toiletries Manuf. Worldw.* 2001, **1**, 146–151.
- Messina M.: A brief historical overview of the past two decades of soy and isoflavone research. *J Nutr.* 2010, **140(7)**, 1350–1354.
- Wojas-Pelc A., Nastalek M., Sulowicz, J.: *Estrogeny a skóra – spowolnienie procesu starzenia*. *Przegl. Menopauz* 2008, **12**, 314–8.
- Bińkowska M., Pietrzak B., Dębski R.: *Hormonalna terapia zastępcza w grupie kobiet polskich w wieku 45–54 lat. Wiedza, opinia, stosowanie*. *Przegl. Menopauz* 2005, **2**, 19–27.
- Wojnowska D., Juszkiewicz-Borowiec M., Chodorowska G.: *Wpływ menopauzy na starzenie się skóry*. *Post Dermatol Alergol.* 2006, **3**, 149–56.
- Bosset S., Barre P., Chalou A., Kurfurst R., Bonte F., Andre P., Nicolas J. F.: *Skin ageing: clinical and histopathologic study of permanent and reducible wrinkles*. *European Journal of Dermatology* 2002, **12(3)**, 247–52.
- Baumann L.: *Skin ageing and its treatment*. *The Journal of pathology* 2007, **211(2)**, 241–251.
- Wojnowska D., Chodorowska G., Juszkiewicz-Borowiec M.: *Sucha skóra – patogeniza, klinika i leczenie*. *Post Dermatol Alergol.* 2003, **20**, 98–105
- Zegarska B., Woźniak M.: *Przyczyny wewnątrzpochodnego starzenia się skóry*. *Gerontologia Polska* 2006, **14(4)**, 153–159.
- Fisher G. J., Wang Z., Datta S. C., Varani J., Kang S., Voorhees J. J.: *Pathophysiology of premature skin aging induced by ultraviolet light*. *New England Journal of Medicine* 1997, **337(20)**, 1419–1429.
- Kraszewska O., Nynca A., Kamińska B., Cierieszko R.: *Fitoestrogeny. I. Występowanie, metabolizm i znaczenie biologiczne u samic*. *Postępy Biol. Kom.* 2007, **34**, 189–205.
- Prescha A., Biernat J.: *Wpływ fitoestrogenów pokarmowych na organizm człowieka*. *Bromat Chem Toksykol.* 2009, **41**, 941–948.
- Singh P., Kumar R., Sabapathy S. N., Bawa A.S.: *Functional and edible uses of soy protein products*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2008, **7**, 14–28.
- Jang M., Cai L., Udeani G. O., Slowing K. V., Thomas C. F., Beecher C. W., Pezzuto, J. M.: *Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes*. *Science* 1997, **275(5297)**, 218–220.
- Knutson M. D., Leeuwenburgh, C.: *Resveratrol and novel potent activators of SIRT1: effects on aging and age related diseases*. *Nutrition reviews* 2008, **66(10)**, 591–596.
- Motta M. C., Divecha N., Lemieux M., Kamel C., Chen D., Gu W., Guarente L.: *Mammalian SIRT1 represses forkhead transcription factors*. *Cell* 2004, **116(4)**, 551–563.
- Kannel W. B., Levy D.: *Menopause, hormones, and cardiovascular vulnerability in women*. *Archives of internal medicine* 2004, **164(5)**, 479–481.

- Thornton M. J.: *The biological actions of estrogens on skin*. *Experimental dermatology* 2002, **11(6)**, 487–502.
- Barnes S., Kim H., Darley-Ulmar V., Patel R., Xu J., Boersma B., Luo M.: *Beyond ER $\alpha$  and ER $\beta$ : estrogen receptor binding is only part of the isoflavone story*. *The Journal of nutrition* 2000, **130(3)**, 656S–657S.
- Kuiper G.G., Enmark E., Peltö-Huikko M., et al.: *Cloning of a novel receptor expressed in rat prostate and ovary*. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1996, **93**, 5925–30.
- Fuqua SA, Schiff R., Parra I., et al.: *Expression of wild-type estrogen receptor beta and variant isoforms in human breast cancer*. *Cancer Res.* 1999, **59**, 5425–8.
- Gustafsson J.A.: *New insights in oestrogen receptor (ER) research – the ERbeta*. *Eur J Cancer* 2000, **36(4)**, 16.
- Kuiper G.G., Lemmen J.G., Carlsson B., et al.: *Interaction of estrogenic chemicals and phytoestrogens with estrogen receptor beta*. *Endocrinology* 1998, **139**, 4252–63.
- Thornton M., Taylor A. H., Mulligan K., Al-Azzawi F., Lyon C. C., O'Driscoll J., Messenger A. G.: *The distribution of estrogen receptor  $\beta$  is distinct to that of estrogen receptor  $\alpha$  and the androgen receptor in human skin and the pilosebaceous unit*. In *Journal of Investigative Dermatology Symposium Proceedings* 2003, **8(1)**, 100–103. Nature Publishing Group.
- Ratz-Lyko A.: *Składniki aktywne pochodzenia roślinnego w kosmetykach anti-ageing*. *Cosmetology Today: Patents and Inventions* 2013, **3**, 10–13.
- Pillai S.: *Skin care product containing retinoids and phytoestrogens in a dual compartment package*. Patent nr CN 1287764 C, 2006.
- Carson R.G.: *Cosmetic compositions containing resveratrol*. Patent nr US6270780 B1, 2001.
- Bernard P., Berthon J. Y.: *Resveratrol: an original mechanism on tyrosinase inhibition*. *International journal of cosmetic science* 2000, **22(3)**, 219–226.
- Miyazaki K., Hanamizu T., Sone T., Chiba K., Kinoshita T., Yoshikawa S.: *Topical application of Bifidobacterium-fermented soy milk extract containing genistein and daidzein improves rheological and physiological properties of skin*. *Journal of cosmetic medicine* 2004, **55**, 473–481
- Schmid D., Hanay Ch., Muggli R., Zulli F.: *Genistein, a new cosmetic ingredient derived from soy*. *Cosmetics. SOFW-Journal* 2001, **127**, 22–27.
- Harmon A. W., Harp J. B.: *Differential effects of flavonoids on 3T3-L1 adipogenesis and lipolysis*. *American Journal of Physiology-cell physiology* 2001, **280(4)**, 807–813.
- Setchell K.D.R.: *Phytoestrogens: the biochemistry, physiology and implications for human health of soy isoflavones*. *Am. J. Clin. Nutr.* 1998, **68**, 1333–1346.
- Schmid D., Muggli R., Zulli, E.: *Dermatological application of soy isoflavones to skin ageing in post menopausal women*. *Cosmetics and Toiletries* 2001, **1**, 146–151.

\*Mgr Alicja KAPUŚCIŃSKA jest doktorantką w Pracowni Chemii Stosowanej na Wydziale Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Stopień magistra Chemii Kosmetycznej uzyskała w 2013 r. W pracy naukowej zajmuje się badaniem własności fizykochemicznych jasnionidów izolowanych z materiału roślinnego oraz preparatyką, analizą stabilności i parametrów fizykochemicznych formułacji je zawierających. Jest autorką 10 artykułów umieszczonych w czasopismach naukowych oraz materiałach zjazdowych konferencji krajowych oraz 15 prezentacji na konferencjach krajowych. Adres e-mail: kapuscinska.alicja@gmail.com.

Prof. UAM dr hab. Izabela NOWAK jest kierownikiem Pracowni Chemii Stosowanej na Wydziale Chemii Uniwersytetu imienia Adama Mickiewicza w Poznaniu. W ramach stypendium TEMPUS przebywała w latach 1992–1993 na Uniwersytecie Reading, UK, gdzie napisała pracę magisterską. W 1993 r. otrzymała tytuł magistra chemii, zaś w 1997 r. stopień naukowy doktora w zakresie chemii. Otrzymała także staż podoktorski w Leverhulme Centre for Catalysis w Liverpool. W 2006 r. otrzymała stopień doktora habilitowanego za badania nad syntezą, charakterystyką i katalitycznymi właściwościami nanoporowatych materiałów w procesie utleniania w fazie ciekłej. Jej obecne zainteresowania naukowe koncentrują się wokół syntezy i modyfikacji uporządkowanych materiałów, ich właściwości tekstualnych/strukturalnych/powierzchniowych/kwasowo-zasadowych/redoks, heterogenicznie katalizowanych syntez wysoko-wartościowych chemikaliów oraz nowoczesnych strategii syntez dla celów kosmetycznych. Jest współautorem ponad 140 prac naukowych, 3 patentów i przedstawiła ponad 300 prezentacji na sympozjach naukowych. e-mail: nowakiza@amu.edu.pl.