

***Dziecięce pieluchy jednorazowe: walory konsumenckie, a wpływ na zdrowie dziecka pod kątem zawartości związków endokrynnie czynnych***

*Aneta Chabowska<sup>1</sup>, Justyna Płotka-Wasyłka<sup>1,2</sup>, Natalia Jatkowska<sup>1</sup>,*

***Title in English: Disposable baby diapers: consumer values in comparison to their impact on the child's health in terms of the content of endocrine disrupting compounds***

***Streszczenie***

Układ hormonalny reguluje wiele procesów zachodzących w organizmie ludzkim. Jego funkcjonowanie może zostać zaburzone przez działanie związków z grupy endokrynnie czynnych (ang. *Endocrine Disrupting Compounds*, EDC) obecnych w otaczającym nas środowisku. Związki te mogą wpłynąć szkodliwie nie tylko na osobę ekspozowaną na ich bezpośrednie działanie, ale również na jej potomstwo. Wyniki wieloletnich badań umożliwiły stwierdzenie, że związki EDC mogą powodować mutacje, prowadzące następnie do zmian nowotworowych, jak również dezaktywować niektóre procesy zachodzące w organizmie, niezbędne do zachowania homeostazy. Z uwagi na negatywny wpływ EDC na organizm ludzki szczególnie ważnym wydaje się monitorowanie ich zawartości w produktach przeznaczonych dla dzieci, których mechanizmy detoksykacji nie są jeszcze w pełni rozwinięte. Jednym z dóbr konsumenckich stosowanych od pierwszych dni życia dziecka są pieluchy jednorazowe. Niemniej jednak należy zadać sobie pytanie czy produkt ten jest bezpieczny dla dzieci pod kątem zawartości związków chemicznych, w tym EDC.

***Abstract***

An endocrine system regulates many processes in the human body. Its functioning may be disturbed by the presence of Endocrine Disrupting Compounds (EDC) from the surrounding environment. These compounds may be harmful both to a person exposed to xenobiotics and to their offspring. The results of many years of research have made it possible to conclude that EDC compounds can cause mutations, which then can lead to neoplastic changes, as well

as deactivate some of the body's usual processes taking place in the body, necessary to maintain a homeostasis. Due to the negative impact of endocrine disrupting compounds on the human body it seems particularly important to monitor their content in products dedicated for children, who has underdeveloped detoxification mechanisms. One of the consumer goods used from the first days of a child's life are disposable diapers. Nevertheless, you should ask yourself whether this product is safe for children in terms of the content of chemical compounds, including ECD.

**Tabela 1.** Wykaz skrótów i oznaczeń

<b>Skrót</b>	<b>Nazwa własna w języku polskim</b>
3R-NOGE	Eter glicydylowy nowolaku
AMPA	Kwas aminometylofosfonowy
BBP	Ftalan benzylu butylu
BPA	Bisfenol A
DBP	Ftalan dibutyłowy
DEHP	Ftalan di(2-etyloheksylu)
DEP	Ftalan dietylu
DIBP	Ftalan diizobutyłu
DMP	Ftalan dimetylu
EDC	Związki endokrynnie czynne
ESI	Elektrozpylanie
FMOC	Chloromrówczan 9-fluorenylometylu
GC-FID	Chromatografia gazowa sprzężona z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym
GC-MS	Chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas
HpCDF	Heptachlorodibenzofuran
HPLC	Wysokosprawna chromatografia cieczowa
HRGC-MS	Wysokorozdzielcza chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas
HxCDD	Heksachlorodibenzo-p-dioksyna
HxCDF	Heksachlorodibenzofuran
LC-MS/MS	Chromatografia cieczowa sprzężona z tandemową spektrometrią mas
MS/MS	Tandemowy spektrometr mas
PeCDF	Pentachlorodibenzofuran
TCDF	Tetrachlorodibenzofuran
TZO	Trwałe zanieczyszczenia organiczne
UE	Unia Europejska
UPLC-MS/MS	Ultrasprawna chromatografia cieczowa sprzężona z tandemową spektrometrią mas



## *Wstęp*

Układ hormonalny, inaczej zwany układem dokrewnym, jest odpowiedzialny za kontrolowanie wielu procesów zachodzących w organizmie ludzkim. Jego podstawową rolą jest zachowanie homeostazy, czyli równowagi biologicznej organizmu. Reguluje on między innymi pracę układu nerwowego, rozrodczego jak również pokarmowego poprzez kontrolowanie procesów metabolicznych. Jednym z jego zadań jest również nadzorowanie wzrostu i rozwoju organizmu. Aby każdy z tych procesów zachodził poprawnie niezbędne jest niezakłócone, prawidłowe funkcjonowanie układu dokrewnego.

Hormony są produkowane oraz wydzielane przez dane narządy, a następnie dostarczenie do docelowego układu w organizmie człowieka. Tam łączą się z odpowiednimi receptorami, dzięki którym kontrolują poszczególne procesy. Zdarzyć się może, iż zsyntezowana zostanie zbyt duża ilość hormonów – wtedy ich nadmiar jest metabolizowany.

Związki endokrynnie czynne poprzez podobieństwo strukturalne do hormonów endogennych mogą wpływać na: (i) modyfikacje szlaków syntezy hormonów; (ii) mechanizmy wydzielania hormonów poza organizm; (iii) mechanizmy transportu w komórce i całym organizmie; (iv) wiązanie z receptorami; (v) szlaki eliminacji hormonów z organizmu. Zmiany te prowadzić mogą zarówno do powstawania nowotworów jak i przewlekłych dolegliwości związanych z upośledzeniem działania konkretnego mechanizmu determinowanego przez hormony. Skutki ekspozycji na związki endokrynnie czynne widoczne mogą być zarówno bezpośrednio po narażeniu, jak i po dłuższym czasie od jej wystąpienia. W przypadku niemowląt efekty działania EDC mogą zostać zauważone dopiero w późniejszych etapach ich rozwoju.

Ze względu na nie w pełni rozwinięty mechanizm detoksykacji, a także niską masę ciała, szczególnie wrażliwe na działanie związków endokrynnie czynnych uznaje się noworodki, niemowlęta i dzieci do 3 roku życia. Dlatego też niezmiernie ważne wydaje się prowadzenie badań ukierunkowanych na identyfikację i ilościowe oznaczanie szkodliwych substancji chemicznych w produktach przeznaczonych dla dzieci, między innymi w jednorazowych pieluchach dziecięcych.



## *Jednorazowa pielucha dziecięca*

Jednorazowa pielucha dziecięca była z pewnością jednym z najbardziej przełomowych odkryć dedykowanych małym dzieciom. Obecnie uważa się ją za podstawowy produkt ułatwiający utrzymanie higieny dziecka. Jej historia sięga 1820 roku, kiedy praktyka pieluchowania z uwagi na rewolucję przemysłową w Anglii stała się bardziej popularna.

Początkowo miejsca intymne dzieci zabezpieczano materiałem, którego zadaniem było zatrzymanie wydaliny dziecięcych. Udogodnieniem miało być umożliwienie ścisłego przylegania pieluchy do ciała dziecka za pomocą wynalezionej w 1880 roku agrafki, jednak z uwagi na częste zakłucia delikatnej skóry niemowląt coraz częściej odnotowywano wśród dzieci infekcje. Zakażenia powstałe na drodze iniekcji nierzadko prowadziły do poważnych problemów zdrowotnych, a nawet śmierci. Poszukiwano więc lepszego rozwiązania, którym okazała się dwuwarstwowa pielucha wielokrotnego użytku, składająca się z warstwy chłonnej oraz warstwy ochronnej, z gęściej utkanego materiału. Zewnętrzną stronę pieluchy zabezpieczano również polimerowymi materiałami, które miały zapewnić nie przeciekanie z niej odchodów. Było to z pewnością wielkim postępem, niemniej jednak błędne stosowanie prowadziło do licznych jednostek chorobowych. Rzadko zmieniane środki ochrony osobistej powodowały u niemal 25% dzieci pieluszkowe zapalenie skóry, które często wymagały hospitalizacji. Ponadto problematyczne okazało się pranie materiałów absorbujących fekalia. Silne detergenty pomagały odpowiednio oczyścić i zdezynfekować pieluchę, by była ona gotowa do ponownego użytku, jednak były także przyczynami alergii oraz zatruc niemowląt. Problem zminimalizowało zastosowanie w trakcie II Wojny Światowej pralni chemicznych, które zbierały brudne pieluchy, a dostarczały czyste, sterylne produkty. Jednak pieluchy wielokrotnego użytku, z uwagi na ich problemy z użytkowaniem, w krótkim czasie zastąpiono innowacyjnym wynalazkiem, a był nim prototyp jednorazowej pieluchy dziecięcej.

Jednorazowe pieluchy dziecięce początkowo charakteryzowały się ograniczoną do 100 ml chłonnością. Zapewniały one jednak większy komfort użytkowania oraz eliminowały problem z przeciekaniem fekaliów z uwagi na zastosowanie polimerowych warstw chroniących pieluchę od zewnętrznej strony. Pierwsza polimerowa osłona na pieluchę

została wykonana z kawałków zasłanki prysznicowej przez Marion O'Brien Donovan; prototyp jednak szybko zmodyfikowano wykorzystując do produkcji przepuszczający powietrze nylon. Kolejne ulepszenia uwzględniały scalenie warstwy chłonnej, składającej się z adsorbujących płyn warstw bibuły i ochronnej – nylonowej w jeden produkt. Jednak takie rozwiązanie kojarzyło się z nadmierną rozrzutnością i powrócono do niego dopiero po 10 latach. W 1961 roku Victor Mills, pracownik Procter and Gamble zmodyfikował wynalazek i rozpropagował jego stosowanie. Bibułę zastąpiono pulpą celulozową, a następnie bardziej chłonnym i delikatniejszym materiałem polipropylenowym. Zastosowano bardziej praktyczne zapięcia na rzepy, które później zastąpiono taśmami z tworzywa sztucznego. Kształt pieluchy również zmodyfikowano tak, aby bardziej dopasować ją do ciała dziecka. Kolejnym etapem było wynalezienie superabsorbentu i zastosowanie go jako dodatek do wewnętrznego wypełnienia pieluchy, co pozwoliło zwiększyć jej chłonność i umożliwiło wyprodukowanie znacznie cieńszych produktów higieny osobistej. W efekcie produkt mógł zaabsorbować około 50 razy więcej cieczy niż dotychczas, co zminimalizowało występowanie pieluszkowego zapalenia skóry oraz ograniczyło przeciekanie do wartości zaledwie 2%.

### ***Budowa jednorazowej pieluchy dziecięcej***

Pieluchy jednorazowe składają się z kilku warstw charakteryzujących się różnymi właściwościami. Na rysunku 1. przedstawiono schemat budowy pieluchy jednorazowej z uwzględnieniem materiałów użytych do jej produkcji.

**System mocowania** wykonany z polimerów termoplastycznych; każda zakładka składa się z poliamidu i polietylenu



**Rysunek 1.** Schemat budowy jednorazowej pieluchy dziecięcej

Badanie substancji endokrynnie czynnych staje się coraz bardziej popularne z uwagi na większą świadomość społeczeństwa. W literaturze znaleźć można wiele doniesień sugerujących uwalnianie się zanieczyszczeń, między innymi zaliczanych do grupy endokrynnie czynnych, z materiałów polimerowych. Przykładowo z poliestru czy żywic epoksydowych migrować mogą bisfenole, natomiast z włókien poliamidowych - pestycydy, stosowane do ochrony substratów używanych do ich produkcji. Niewiele jest jednak badań potwierdzających zawartość szkodliwych substancji w produktach dedykowanych dzieciom. W związku z wykorzystaniem zarówno poliestru jak i poliamidu do produkcji pieluch jednorazowych, podejrzewa się, że mogą one stanowić jedno ze źródeł narażenia najmłodszych na działanie szkodliwych dla zdrowia substancji. Z uwagi na konieczność codziennego stosowania pieluch jednorazowych bardzo ważne wydaje się monitorowanie związków mogących migrować z pieluchy do organizmu dziecka. W tabeli 2. zestawiono informacje literaturowe o zawartości wybranych związków z grupy EDC w pieluchach dziecięcych oraz metodach analitycznych zastosowanych do ich oznaczenia.

**Tabela 2.** Wybrane związki endokrynnie czynne wykryte w pieluchach dziecięcych

Grupa oznaczanych związków	Analizowana część pieluchy	Zawartość analitu	Technika przygotowania próbki	Technika oznaczeń końcowych
<b>Ftalany</b>	Górna warstwa pieluchy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DEHP: 0,1-0,6 mg/g</li> <li>• DBP: 0,1-0,2 mg/g</li> </ul>	Wspomagana ultradźwiękami ekstrakcja rozpuszczalnikiem (dichlorometan)	GC-MS
	Górna warstwa pieluchy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DMP: 86-1400 mg/g</li> <li>• DBP: 150-650 mg/g</li> <li>• BBP: 100-720 mg/g</li> <li>• DEHP: 86-1200 mg/g</li> </ul>	Ekstrakcja do fazy stałej z wykorzystaniem sorbentu o właściwościach <i>magnetycznych</i> : Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @CHI@PANI; desorpcja za pomocą octanu etylu	GC-FID
	Cała pielucha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DEHP: 13-63 ng/mL</li> <li>• DBP: 13-1600 ng/mL</li> <li>• DEP: 0,8-2,9 ng/mL</li> </ul>	Ekstrakcja ciało stałe-ciecz (metanol:woda (4:1 v/v))	LC-MS/MS
<b>Bisfenole i ich pochodne</b>	Cała pielucha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BPA: 38 ng/g</li> <li>• 3R-NOGE: 3,6 ng/g</li> </ul>	Wspomagana ultradźwiękami ekstrakcja ciało stałe-ciecz (aceton:dichlorometan (1:4 v/v))	HPLC-ESI-MS/MS

## ***Związki endokrynnie czynne w jednorazowych pieluchach dziecięcych***

Analizując dane zestawione w powyższej tabeli można zauważyć, że w próbkach pieluch zidentyfikowano wiele związków klasyfikowanych do różnych grup zanieczyszczeń, między innymi bisfenoli, ftalanów czy pestycydów. W przypadku większości oznaczonych substancji stwierdzono, że wykazują one aktywność hormonalną.

Ftalan to substancje będące estrami lub solami kwasu ftalowego, powszechnie stosowanymi w celu polepszania plastyczności produkowanych fabrykatów. Przykładami substancji należących do tej grupy są między innymi ftalan di(2-etyloheksylu) (DEHP) i ftalan dibutylowy (DBP). W literaturze można znaleźć informację na temat negatywnego wpływu tych substancji na układ rozrodczy. Przypisuje się im działanie hamujące produkcję testosteronu, a co za tym idzie zmniejszające płodność. Zawartość ftalanów w zabawkach i produktach pielęgnacyjnych dla dzieci jest kontrolowana na podstawie Rozporządzenia Komisji (UE) 2018/2005 z dnia 17 grudnia 2018 r. w odniesieniu do ftalanu bis (2-etyloheksylu) (DEHP), ftalanu dibutylo (DBP), ftalanu benzylu butylu (BBP) oraz ftalanu diizobutylo (DIBP). Według rozporządzenia sumaryczne stężenie wymienionych ftalanów nie może przekroczyć wartości 0,1% masy produktu.

Inną grupą zidentyfikowanych w pieluchach jednorazowych związków były bisfenole i ich pochodne. Do tej grupy należy między innymi bisfenol A (BPA), jeden z pierwszych związków sklasyfikowanych jako substancja endokrynnie czynna. Z uwagi na szkodliwe działanie, jego wykorzystanie w produkcji przedmiotów dedykowanych dzieciom podlega nadzorowi i jest ograniczane w państwach Unii Europejskiej (Polska, Niemcy itp.). Niestety w krajach takich jak Meksyk czy Bangladesz jego stosowanie jest nadal bardzo powszechne i nie podlega żadnej kontroli. Wykorzystuje się go w wyrobach poliwęglanowych, produktach zawierających żywice epoksydowe oraz poliestry. Według licznych doniesień literaturowych może on przyczyniać się do zmiany funkcjonowania układu hormonalnego, powodując raka piersi lub zaburzając płodność zarówno u kobiet jak i u mężczyzn.

Zestawione w tabeli 1. substancje mogą być substratami używanymi do przetworzenia materiałów budulcowych pieluchy (np. substancje używane do bielenia pulpy celulozowej) lub ubocznymi produktami zastosowanych procesów technologicznych. Wśród takich



substancji mogą znaleźć się wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). Powstają one na drodze niecałkowitego spalania materii organicznej, a więc w procesach w których wykorzystywane są wysokie temperatury. Niektóre związki należące do tej grupy są teratogenne, kancerogenne lub/i mutagenne. Obecnie przypisuje się im również prawdopodobne działanie zaburzające płodność.

Wśród zidentyfikowanych w pieluchach dziecięcych związków są również pestycydy - grupa związków przeznaczona do zwalczania szkodliwych organizmów, takich jak grzyby, owady, chwasty itp. z upraw roślinnych. Z uwagi na konieczność stosowania ich do ochrony roślin, mogą one znaleźć się następnie w wytwarzanych półproduktach, które stanowią substrat do produkcji pieluch. Część związków klasyfikowanych do tej grupy może powodować alergie, zaburzenia neurologiczne, raka lub problemy z reprodukcją. Ich działanie endokrynnie czynne wynika głównie z silnego potencjału wiązania z receptorem estrogenowym lub androgenowym. Dowiedziano między innymi, że glifosat hamuje syntezę estrogenu.

Oznaczone w badanych pieluchach zostały również polichlorowane dibenzodioksyny, które należą do związków klasyfikowanych jako trwale zanieczyszczenia organiczne (TZO). Są one produktami ubocznymi procesów technologicznych wykorzystywanych w przemyśle chemicznym, farmaceutycznym, czy metalurgicznym. Istnieje prawdopodobieństwo emisji tych substancji do powietrza ze składowiska odpadów lub z gazów odlotowych po ich spalaniu. Zanieczyszczenia obecne w powietrzu mogą następnie akumulować się w roślinach przeznaczonych jako substrat do produkcji materiałów budulcowych pieluchy. Ich produkcja i emisja kontrolowana jest przez konwencję Sztokholmską, w celu ochrony ekosystemu i zdrowia ludzkiego. Mogą one powodować alergię, trądzik chlorowy, cukrzycę, nowotwory, zaburzenia hormonalne, problemy rozwojowe oraz problemy z płodnością.

### ***Wnioski***

Z uwagi na szereg negatywnych skutków oraz fakt, że pielucha jednorazowa towarzyszy dziecku od pierwszych dni życia i przez pewien jego okres pozostaje nieodłącznym elementem zapewniającym higienę dziecka, bardzo ważnym wydaje się monitorowanie zawartości poszczególnych związków w tych produktach. Niemowlęta z uwagi na nie do końca

rozwinięty mechanizm detoksykacji organizmu są szczególnie narażone na występowanie negatywnych efektów zdrowotnych wynikających z narażenia na szkodliwe substancje. Dlatego też konieczna jest intensyfikacja prac ukierunkowanych na określenie ryzyka zdrowotnego wynikającego z takiej ekspozycji, a przede wszystkim poszukiwanie rozwiązań umożliwiających wyeliminowanie konieczności stosowania materiałów polimerowych w produktach dla dzieci.