

Aleksandra CHROBAK¹, Magdalena CIEŚLIK¹, Klaudia JAŚKO¹, Ilona KURAS¹,
Sylwia ŁAGAN²

¹Studenckie Koło Naukowe Inżynierii Biomedycznej CANCRICAT przy Zakładzie Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki, Instytut Mechaniki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska, Kraków

²Zakład Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki, Instytut Mechaniki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska, Kraków

OZNACZENIE STANÓW ENERGETYCZNYCH POWIERZCHNI ZGŁĘBNIKA ŻOŁĄDKOWEGO PO WYBRANYCH PROCESACH STARZENIA MATERIAŁU

Streszczenie: Celem pracy była ocena wpływu procesu starzenia zgłębnika żołądkowego na właściwości powierzchni określona w oparciu o pomiary kątów zwilżania. Oznaczono poziom chłonności materiału pod wpływem działania środowiska wodnego (woda: 23°C/24h oraz 100°/h, 0,9% roztwór NaCl: 37°C/48h, roztwór Nestle Health Science Isosource Energy: 37°C/48h). Zidentyfikowano swobodną energię powierzchniową oraz jej składowe wykorzystując dwa modele analityczne (Owensa-Wendta oraz van Ossa-Chauhury-Gooda). W rezultacie przyspieszonego starzenia ujawniono zmiany właściwości powierzchni zgłębnika.

Słowa kluczowe: starzenie materiału, sonda żołądkowa, hydrofilowość, hydrofobowość

1. WPROWADZENIE

Zgłębnik żołądkowy, nazywany inaczej sondą do żołądka, to wykonany z silikonu, zmiękczonego polichloru winylu lub polipropylenu zgodnie z odpowiednimi normami, giętki przewód wprowadzony do jamy żołądka lub jelita cienkiego. Wszystkie zgłębniki żołądkowe z zatyczką lub bez są pakowane pojedynczo. Zgłębniki są wyrobami sterylnym, jednorazowego przeznaczenia. Cewnik do karmienia może być wprowadzony do organizmu przez nos lub w przypadku tzw. PEG-ów (*percutaneous endoscopic gastrostomy* – przezskórna endoskopowa gastrostomia) poprzez powłoki skórne. Karmienie przez sondy żołądkowe prowadzone bywa w szpitalach, w zakładach opiekuńczo-leczniczych oraz w ramach opieki domowej [2,3].

Sondy żołądkowe mają zastosowanie w sytuacji, kiedy na skutek zaburzeń przełykania nie istnieje możliwość przyjęcia pokarmów, płynów oraz leków drogą doustną przez pacjenta, czyli gdy występują np. takie objawy jak dławienie, ryzyko zachłyśnięcia, w zaawansowanych procesach chorobowych w przebiegu których dojść może do poważnych zaburzeń połykania. W przebiegu wielu chorób psychicznych z objawami jadłowstrętu (karmienie przymusowe) oraz w zaburzeniach wynikających z zastosowania chemio- i radioterapii. Zgłębnik do żołądka zakładany jest w celu utrzymania czynności przewodu

pokarmowego. Pokarm podawany jest wówczas poprzez strzykawkę do karmienia (strzykawkę cewnikową) i otworami rozmieszczonymi w części żołądkowej sondy, dociera bezpośrednio do żołądka. Sonda może zostać założona jednorazowo, do podania posiłku lub pozostawiona na okres od 24 do 48h. Z uwagi na wzrost wykorzystania zgłębników żołądkowych zarówno w zastosowaniach klinicznych jak i domowych hospicjach zauważono potrzebę identyfikacji problemów i zagrożeń związanych użytkowaniem zgłębników. Literatura przedmiotu opisuje komplikacje związane z niewłaściwym zakładaniem [2] oraz metody kontroli położenia zgłębnika w ciele pacjenta. Jeśli sonda nie jest umiejscowiona w żołądku lub jest przemieszczona w przełyku lub przewodzie oskrzelowym, może spowodować poważne uszkodzenie, w tym zapalenie płuc, krwotok płucny, odmę opłucnową a nawet śmierć [4]. Niewiele jednak prac traktuje o zagrożeniach związanych z ryzykiem aktywacji bakterii poprzez adhezję do powierzchni sondy na skutek obecności materiału obcego w ciele pacjenta.

W oparciu o studia literaturowe nakreślono cel niniejszej pracy jakim jest opisanie stanów energetycznych powierzchni zgłębnika żołądkowego w kontakcie ze symulowanym środowiskiem organizmu oraz płynami i pokarmem transportowanymi przez sondę. Zmiany tej cechy powierzchni materiałów wykorzystywanych na wyroby medyczne przeznaczone do bezpośredniego kontaktu z tkankami organizmu mogą powodować aktywację bakterii i wywoływanie stanów zapalnych. Zjawisko to można ujawnić poprzez ocenę stabilności swobodnej energii powierzchniowej oraz jej składowych polarnej i dyspersyjnej [1,3].

2. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Przedmiotem badań był zgłębnik żołądkowy/dwunastniczy wykonany z PVC-P (plastyfikowany, miękki polichlorek winylu) - Changzhou Huankang Medical Device Co., LTD. Próbkę do badań wykonano z trzech gotowych wyrobów, dostarczonych w sterylnych opakowaniach. Z każdego egzemplarza wycięto po cztery próbki o wymiarach: średnica zewnętrzna $d=6.0$ mm (CH 18), grubość ścianki $g=0,7$ mm (uzyskano $n=12$ próbek o długości $l=54,6\pm 3,6$ mm). Próbkę podzielono na cztery grupy, dla których w oparciu o wywiad z pracownikami placówki NSZOZ Panaceum zdefiniowano warunki starzenia (G1-G4):

- **G1 – moczone w 0,9% roztworze NaCl w temperaturze 37°C przez okres 48h;**
- **G2 – moczone w roztworze Nestle Health Science Isosource Energy (Nestle Polska S.A.) w temperaturze 37°C przez okres 48h;**
- **G3 – starzenie przyspieszone w temperaturze 100°C przez okres 0,5h;**
- **G4 – starzenie standardowe w temperaturze pokojowej 23°C przez okres 24h.**

Metodyka badań polegała na obserwacji mikroskopowej zmian powierzchni, oznaczeniu chłonności (w oparciu o zmianę masy) oraz określeniu kątów zwilżania i swobodnej energii powierzchniowej materiału przed i po realizacji czterech procedur starzenia.

W obserwacji mikroskopowej wykorzystano mikroskop SteREO Discovery.V8 z obiektywem PlanAPO S 1,5x. Zmiany masy rejestrowano z wykorzystaniem wagi analitycznej RADWAG AS 160/C/2 z dokładnością 0,001 [g]. Pomiar kątów zwilżania oraz wyznaczenie swobodnej energii powierzchniowej przeprowadzono za pomocą goniometru Advex Instruments oraz oprogramowania SeeSystem 6.3.

Do oznaczania zwilżalności powierzchni wykorzystano trzy cieczy pomiarowe: wodę destylowaną (firmy Poch S.A.) dijdometan (Merck Sp. z o.o.) oraz glicerynę bezwodną (Chempur®). Zastosowano metodę siedzącej kropli, w tym celu na powierzchni materiału osadzano po 10 kropeł każdej cieczy pomiarowej, w każdej wydzielonej grupie. Objętość kropli ustalono na 0,5 μ l, krople osadzano za pomocą mikropipety manualnej Vitrum.

Wszystkie krople rejestrowano za pomocą kamery goniometru zintegrowanej z komputerem. Korzystając z oprogramowania obliczono średni kąt zwilżania dla każdej z cieczy i grupy. Następnie wykorzystano dwa modele analityczne (Owensa-Wendta: OW oraz van Ossa-Chauhury-Gooda: vOCG) zaimplementowane w oprogramowaniu do oznaczenia swobodnej energii powierzchniowej oraz jej składowych. Pozwalają one na ocenę stanu energetycznego powierzchni w oparciu o średnie kąty zwilżania wybranymi cieczami. Wyniki odniesiono do grupy kontrolnej G0 (tożsamej z próbkami poddanymi starzeniu).

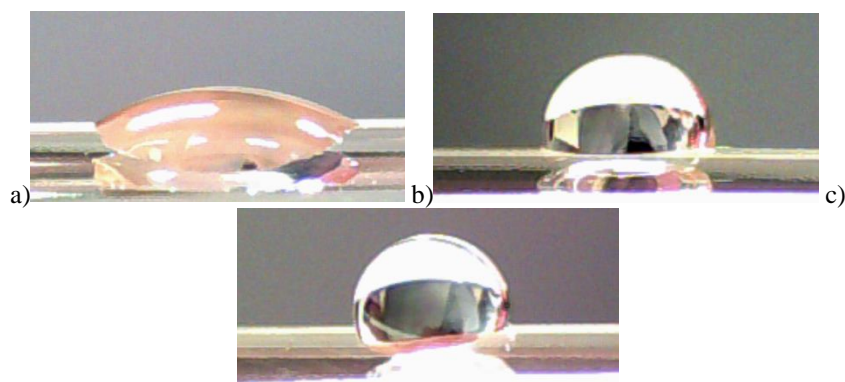
3. WYNIKI

Wszystkie wyniki z pomiarów zebrano i zestawiono w tabelach 1 i 2, wyliczono wartości średnie oraz odchylenie standardowe (*standard deviation* SD). W tabeli 1 przedstawiono masy poszczególnych próbek przed testami (m_1 [g]) oraz po testach (m_2 [g]), w oparciu o zmianę masy próbek wyznaczono ich chłonność (%). W żadnym z przypadków chłonność nie przekroczyła 0,5%.

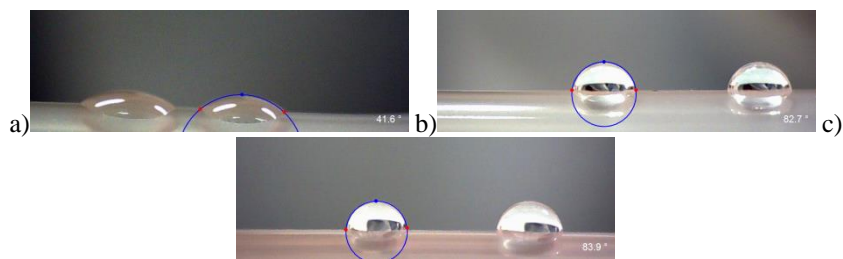
Tab. 1. Zbiorcze zestawienie zmiany masy

Nr próbki	G1		G2		G3		G4	
	m_1	m_2	m_1	m_2	m_1	m_2	m_1	m_2
	[g]							
1	0,887	0,889	0,817	0,819	0,894	0,904	0,862	0,864
2	0,802	0,804	0,859	0,862	0,865	0,878	0,805	0,806
3	0,815	0,817	0,873	0,876	0,860	0,871	0,880	0,881
Średnia (SD)	0,835 (0,037)	0,837 (0,037)	0,850 (0,024)	0,852 (0,024)	0,873 (0,015)	0,884 (0,014)	0,849 (0,0329)	0,850 (0,032)
Δm [%]	0,2		0,3		0,2		0,1	

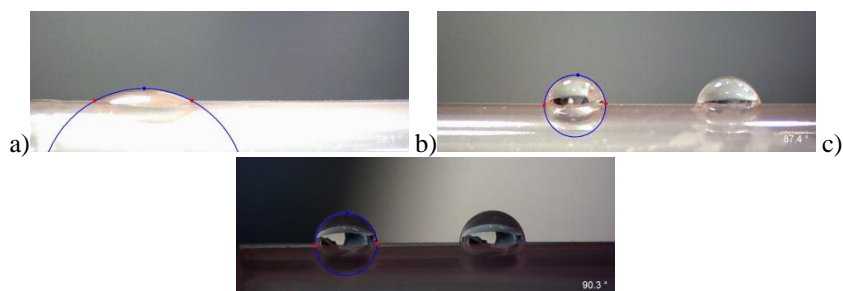
Obliczenia swobodnej energii powierzchniowej wykonano na podstawie wartości średnich kątów zwilżania kroplami cieczy referencyjnych. Przykładowe zdjęcia dla każdej cieczy i każdej grupy zaprezentowano na rys. 1 –rys. 5.



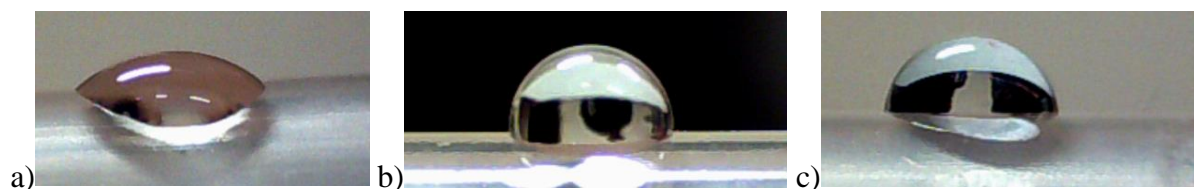
Rys. 1. Zdjęcia przykładowych kroplel cieczy wykorzystanych w badaniach na powierzchni próbek przed testami (G0): a) kropla diiodometanu, b) kropla gliceryny, c) kropla wody destylowanej



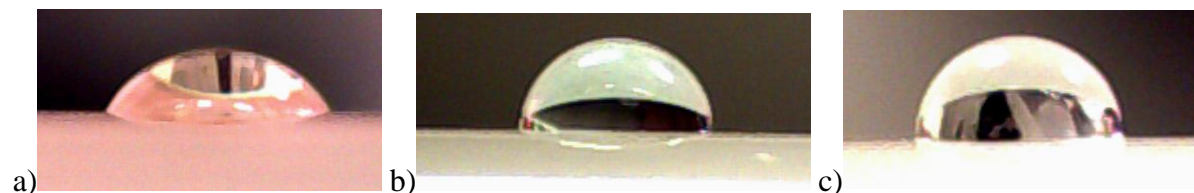
Rys. 2. Zdjęcia przykładowych kropeł cieczy wykorzystanych w badaniach na powierzchni próbek moczonych w soli fizjologicznej (G1): a) kropla diiodometanu, b) kropla gliceryny, c) kropla wody destylowanej



Rys. 3. Zdjęcia przykładowych kropeł cieczy wykorzystanych w badaniach na powierzchni próbek moczonych w roztworze Nestle (G2): a) kropla diiodometanu, b) kropla gliceryny, c) kropla wody destylowanej

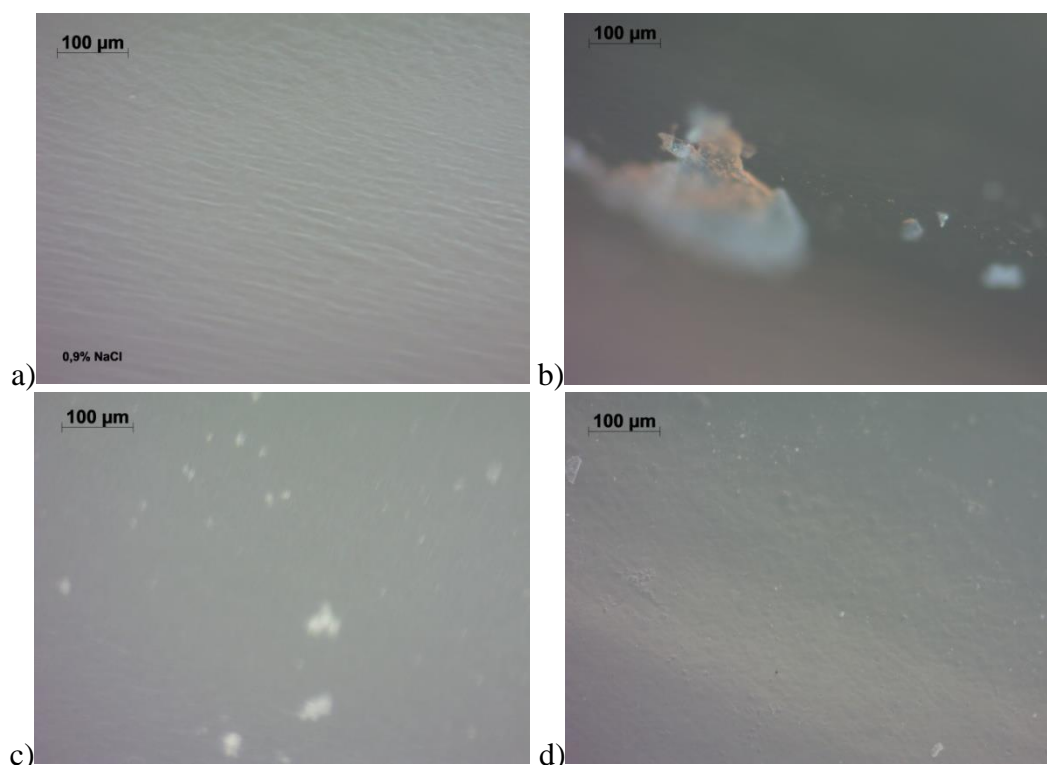


Rys. 4. Zdjęcia przykładowych kropeł cieczy wykorzystanych w badaniach na powierzchni próbek po starzeniu przyspieszonym (G3): a) kropla diiodometanu, b) kropla gliceryny, c) kropla wody destylowanej



Rys. 5. Zdjęcia przykładowych kropeł cieczy wykorzystanych w badaniach na powierzchni próbek po starzeniu standardowym (G4): a) kropla diiodometanu, b) kropla gliceryny, c) kropla wody destylowanej

Zdjęcia powierzchni wybranych grup przedstawiono na rys. 6. Pomimo iż po wyjęciu z płynów inkubacyjnych wszystkie próbki zostały opłukane i osuszone, na powierzchniach próbek ujawniono osad płynu odżywczego Nestle oraz cząstki zawarte w wodzie (do przechowywania wykorzystano wodę wodociągową niefiltrowaną i niegotowaną).



Rys. 6. Porównanie zdjęć powierzchni zglębniaka żołądkowego: a) po moczeniu w soli fizjologicznej (G1), b) po moczeniu w roztworze Nestle (G2), c) po starzeniu przyspieszonym (G3), d) po starzeniu standardowym (G4)

Tabela 2 zawiera zestawienie wyników kątów zwilżania diiodometanem (D), wodą destylowaną (W) oraz gliceryną (G) jak również wartości swobodnej energii powierzchniowej (γ_s) i jej składowej polarnej (γ_s^p) dyspersyjnej (γ_s^d).

Tabela 2. Zbiorcze zestawienie kątów zwilżania i swobodnej energii powierzchniowej

D	G	W	OW			vOCG				
			γ_s	γ_s^p	γ_s^d	γ_s	γ_s^p	γ_s^d	γ_s^+	γ_s^-
[°]			[mJ/m ²]							
G1										
37.05 ± 3.26	88.55 ± 4.44	88.50 ± 2.23	42.14	41.06	1.08	48.55	41.06	7.49	1.78	7.87
G2										
31.23 ± 9.27	87.06 ± 6.72	88.57 ± 3.46	44.52	43.70	0.81	50.62	43.70	6.92	1.76	6.78
G3										
57.20 ± 4.81	87.63 ± 5.20	91.27 ± 5.09	32.13	30.19	1.94	32.46	30.19	2.27	0.22	5.93
G4										
35.56 ± 8.72	82.35 ± 5.93	85.41 ± 8.17	43.41	41.77	1.6	46.60	41.77	4.83	0.80	7.31
G0										
39.68 ± 8.65	98.50 ± 2.69	101.98 ± 2.19	39.78	39.77	0.01	44.86	39.77	5.09	2.74	2.36

4. DYSKUSJA

Uzyskane dla grup G1-G4 wartości γ_s^p na poziomie 30-44 mJ/m² potwierdzają polarność zglębnika żołądkowego wykonanego z PCV-P, najniższą wartość uzyskano dla grupy G3 (starzenie przyspieszone) a najwyższą dla grupy G2 (roztwór Nestle). Uzyskany kąt zwilżania na poziomie 88° potwierdza hydrofobowy charakter powierzchni. Asadinezhad et al. [1] oznaczali właściwości fizykochemiczne medycznego PCV przed i po modyfikacjach polegających na pokrycie polisacharydami i chitozanem powierzchni z uwagi na testy adhezji bakterii i tworzenia biofilmu. Wykazali, że pojedyncza warstwa chitozanu nie stanowiła bariery przed adhezją szczepu bakteryjnego *Staphylococcus aureus*, natomiast do 30% redukcji uzyskali dzięki zestawieniu warstwowemu chitozanu i pektyny. Z drugiej strony, wielowarstwowy chitozan i chitozan/pektyna opóźniały adhezję *Escherichia coli* odpowiednio o 50% i 20%. W swoich badaniach wykorzystali metodę oceny warstwy wierzchniej materiałów poprzez kontrolę zwilżalności. Kąt zwilżania powierzchni wodą czystego PCV uzyskali na poziomie 85,9±2,5°, natomiast kąt dla diiodometanu 43,5±3,5°, oznaczyli również SEP na poziomie 38,8 mJ/m², oraz sorpcję wody w przedziale 0,15-0,2%, co dobrze się zgadza z wynikami niniejszej pracy.

Kolonizację *Staphylococcus aureus* na silikonowych i poliuretanowych sondach żołądkowych w kontekście właściwości warstwy wierzchniej materiału rozpatrywali Lima et al. [3]. Autorzy oznaczyli w badaniach różne kąty zwilżania wodą a zatem różne hydrofobowości tych materiałów. Uzyskując dla sondy poliuretanowej 50,2±0,61°, sklasyfikowano jako hydrofilową natomiast sondę silikonową sklasyfikowano jako hydrofobową z uwagi na wartość kąta zwilżania wodą 74,6±1,30°. Różne kąty zwilżania można przypisać strukturze molekularnej każdego materiału, silikon opisywany jest jako niepolarny, natomiast poliuretan jako polarny, co zwiększa interakcje powierzchni z wodą w porównaniu z silikonem. Powierzchnie, które są hydrofobowe lub mniej hydrofilowe ogólnie mają zwiększoną adhezję (np. *S. aureus*). Usunięcie warstwy wody pomiędzy powierzchnią sondy a mikroorganizmami jest znacznie łatwiejsze dla powierzchni hydrofobowych. Zatem, wg Lima et al., sonda poliuretanowa może być lepszym kandydatem, ponieważ jest hydrofilowa i dlatego może mieć mniejszą adhezję bakteryjną.

W celu uzupełnienia badań należałoby zwiększyć liczebność grup, przeprowadzić starzenie w płynach żołądkowych, wykonać analizy powierzchni pod względem identyfikacji parametrów warstwy wierzchniej np. jej chropowatości, wykonać zdjęcia na mikroskopie elektronowym w celu sprawdzenia pozostałości po składnikach płynów i pokarmów oraz porównać inne materiały. Autorzy zdają sobie sprawę z ograniczeń oraz pilotażowego charakteru niniejszych badań, jednak próba identyfikacji zjawisk zachodzących na powierzchni materiału jest kluczowa do zrozumienia powikłań wynikających z użytkowania sondy.

Podziękowania

Praca ta powstała dzięki wsparciu pracowników Niepublicznego Specjalistycznego Zakładu Opieki Zdrowotnej Panaceum, w Dąbrowie Górniczej. Autorzy dziękują Personelowi Placówki za cenne wskazówki oraz inspiracje niniejszych badań.

LITERATURA

- [1] Asadinezhad A., Novák I., Lehocký M., Bílek F., Vesel A., Junkar I., Sáha P., Popelka A., Polysaccharides Coatings on Medical-Grade PVC: A Probe into Surface Characteristics and the Extent of Bacterial Adhesion, *Molecules*, 2010, 15, 1007-1027,

- [2] Bennetzen L., Håkonsen S., Svenningsen H., Larsen P., Diagnostic accuracy of methods used to verify nasogastric tube position in mechanically ventilated adult patients: a systematic review, JBI Database of Systematic Reviews and Implementation Reports, 2015, 13, 188–223,
- [3] Lima, J., Andrade, N., Soares, N., Ferreira, S., Fernandes, P., Carvalho, C., Lopes, J., Martins, J., The hydrophobicity and roughness of a nasoenteral tube surface influences the adhesion of a multi-drug resistant strain of staphylococcus aureus, Brazilian Journal of Microbiology, 2011, 42, 489-498,
- [4] Rowat A., Graham C., Dennis M., Study to determine the likely accuracy of pH testing to confirm nasogastric tube placement, BMJ Open Gastro, 2018, 5:e000211.

DETERMINATION OF ENERGETIC STATES OF NASALGASTRIC TUBE SURFACE OF AFTER SELECTED MATERIAL AGING PROCESSES

Abstract: The aim of this work was to assess the influence of the stomach tube aging process on surface properties determined based on measurements of contact angles. The level of absorbency of the material under the influence of the water environment was determined (water: 23°C / 24h and 100° / h, 0.9% NaCl solution: 37°C / 48h, Nestle Health Science Isosource Energy: 37°C/48h). The surface free energy and its components were identified using two analytical models (Owens-Wendt and van Oss-Chauhury-Good). As a result of aging accelerated aging, changes in the surface properties of the stomach tubes were revealed.