UNIWERSYTET EKONOMICZNY W POZNANIU

Joanna Olszewska

Wyznaczniki postępu procesu komercjalizacji innowacyjnych pochłaniaczy tlenu

Determinants of the progress of the commercialization process of innovative oxygen scavengers

Praca doktorska

Promotor: prof. dr hab. Zenon Foltynowicz, prof. emeritus. UEP
Pracę przyjęto dnia: ……

Podpis Promotora

Kopromotor: dr hab. inż. Wojciech Kozak, prof. UEP
Pracę przyjęto dnia: ……

Podpis Kopromotora

Promotor pomocniczy: dr Dawid Szutowski
Pracę przyjęto dnia: ……

Podpis Promotora pomocniczego

Poznań 2022

Składam serdeczne podziękowania Panu Prof. Zenonowi Foltynowiczowi oraz Panu Prof. Wojciechowi Kozakowi za trud poniesiony podczas prowadzenia mojej osoby w przygotowaniach rozprawy.

Szczególne podziękowania kieruję także do dr Dawida Szutowskiego za wprowadzenie w niełatwe arkana wyceny własności intelektualnej.

Spis treści

Wstęp……5

1. Rynek opakowaniowy w Polsce i na świecie……9

1.1 Struktura i kierunki rozwoju rynku opakowań……12

2. Ewolucja i rodzaje opakowań aktywnych……14

2.1 Pochłaniacze i emitery CO_2……15

2.2 Pochłaniacze etylenu i emitery etanolu……16

2.3 Opakowania utrzymujące odpowiednie cechy organoleptyczne produktów……17

2.4 Regulatory wilgoci……18

2.5 Opakowania przeciwbakteryjne……19

2.6 Rodzaje i charakterystyka pochłaniaczy tlenu……21

2.6.1 Pochłaniacze żelazowe……22

2.6.2 Pochłaniacze enzymatyczne……26

2.6.3 Pochłaniacze oparte na kwasie askorbinowym i jego pochodnych……28

2.6.4 Pochłaniacze oparte na nienasyconych kwasach tłuszczowych……29

2.6.5 Pochłaniacze tlenu $ZerO_2$®……30

2.6.6 Pochłaniacze polimerowe……32

2.6.7 Przeciwutleniacze na bazie antyoksydantów……34

2.6.8 Nowe rozwiązania w zakresie pochłaniaczy tlenu……35

2.6.9 Pochłaniacze tlenu jako metoda ograniczania strat żywności oraz alternatywa dla chemicznej konserwacji żywności……37

3. Opakowania inteligentne……40

3.1 Wskaźniki TTI……41

3.2 Wskaźniki obecności gazów……44

4. Zagadnienia teoretyczne procesu komercjalizacji……46

5. Metodyka prowadzonych badań……53

5.1 Koncepcja badań……53

5.2 Charakterystyka obiektu badań – pochłaniacz na bazie zerowartościowego żelaza ZEVIFOS……54

5.3 Metodyka badania konsumenckiego dotyczącego postrzegania pochłaniaczy tlenu…58

5.4 Metodyka badania charakterystyk pochłaniacza tlenu ZEVIFOS……66

5.5 Metodyka badania gotowości do komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS……71

5.6 Metodyka wyceny pochłaniacza tlenu ZEVIFOS……77

6. Wyniki badań i ich omówienie……86

6.1 Wyniki badania konsumenckiego dotyczącego postrzegania pochłaniaczy tlenu……86

6.2 Wyniki badania charakterystyk pochłaniacza tlenu ZEVIFOS……101

6.3 Wyniki badania gotowości do komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS……108

6.4 Wyniki wyceny pochłaniacza tlenu ZEVIFOS……112

6.5 Propozycje możliwych scenariuszy komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS……138

Wnioski i podsumowanie……141

Bibliografia……144

Netografia……155

Spis tabel……158

Spis rysunków……160

Spis wykresów……162

Spis patentów……164

Załącznik 1 – Kwestionariusz ankietowy……165

Dorobek naukowy……169

Wstęp

W obecnych czasach, w których obserwujemy wzrost tempa życia, konsument oczekuje produktów spożywczych, które wyróżniają się wysoką jakością, atrakcyjnym wyglądem, przy jednoczesnym niskim przetworzeniu i wysokich walorach sensoryczno – odżywczych. Wychodząc naprzeciw tym oczekiwaniom klientów, producenci żywności poszukują nowych metod zabezpieczania żywności. W wyniku tego wzrosło zainteresowanie innowacyjnymi metodami pakowania, na co składają się nie tylko same materiały opakowaniowe, lecz także technologie pakowania, modyfikacje atmosfery wewnątrz opakowania, a także konstrukcje opakowań [Biazik i Lesiów, 2017; Cierpiszewski, 2016].

Można zauważyć zatem, że opakowanie produktów zyskuje coraz to nowe funkcje. Nie jest już tylko formą ochrony przed szkodliwymi czynnikami zewnętrznymi, lecz pełni także funkcje informacyjne, marketingowe, ekologiczne czy logistyczne [Ucherek, 2011]. Mimo tych nowych aspektów wykorzystania opakowania, nadrzędny cel pakowania produktów pozostaje niezmienny: zachowanie jak najlepszej jakości produktu przez jak najdłuższy czas. Innymi słowy ochrona przed czynnikami fizycznymi (temperatura, ciśnienie, światło słoneczne, tlen, czy odkształcenia mechaniczne), chemicznymi (zanieczyszczenia pochodzące z wody, powietrza itp.) oraz biologicznymi (tzn. drobnoustrojami chorobotwórczymi i szkodnikami) [Kawecka i Cholewa-Wójcik, 2017]

Owa wysoka jakość i bezpieczeństwo żywności, które są nadrzędnym celem pakowania, zależy w dużej mierze od jakości surowców oraz sposobu i warunków pakowania. Jednakże nawet użycie wysokiej jakości składników i zapewnienie dobrych warunków pakowania nie gwarantuje uzyskania produktu spożywczego o długim terminie ważności. Dodatkowym problemem dla producentów żywności jest zaoferowanie produktów niekonserwowanych chemicznie, gdyż konsumenci coraz częściej sięgają po produkty nisko przetworzone i bez konserwantów. W ostatnich latach obserwuje się trend odchodzenia od chemicznej konserwacji żywności oraz zainteresowanie metodami alternatywnymi, które wpisują się w zdrowy sposób odżywiania [Fietz i Lesiów, 2017].

Chcąc sprostać tym oczekiwaniom producenci żywności są zmuszeni do poszukiwania nowych rozwiązań, zapewniających bezpieczeństwo żywności, zachowania jak najlepszej jakości przy możliwie jak najdłuższym terminie przydatności do spożycia. Rozwiązaniem są nowoczesne metody pakowania żywności. Przykładem innowacyjnego i jednocześnie bardzo efektywnego sposobu wpływającego na przedłużenie okresu przydatności do spożycia są

pochłaniacze tlenu. Pochłaniacze tlenu nie wymagają specjalistycznych urządzeń do pakowania. Podstawą ich działania jest substancja aktywna, np. żelazo, enzymy, czy polimery, pochłaniająca tlen, który jest najczęściej niepożądanym czynnikiem przy przechowywaniu żywności [Lisińska-Kuśnierz, 2011].

Powyższe wyzwania branży opakowaniowej i konieczność poszukiwania nowych technologii oraz stworzenie przez naukowców z Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, skłoniły autorkę niniejszej pracy do analizy tematu pochłaniaczy tlenu oraz podjęcia badań na temat możliwości komercjalizacji takiego rozwiązania na krajowym rynku. Wartość poznawczą pracy stanowi analiza potencjału dojrzałości innowacji i ocena możliwości wprowadzenia pochłaniacza tlenu na bazie zerowartościowego żelaza ZEVIFOS na rynek, zarówno pod kątem technologicznym, jak i biznesowym, za pomocą wybranych metod. Należy podkreślić, że praca analizuje szczegółowo sam produkt i jego właściwości, aby ocenić jego wartość oraz możliwości wykorzystania, co jest niezbędne w procesie komercjalizacji innowacji. Dysertacja pod względem literaturowym oraz badawczym wpisuje się w obszar nauk o jakości. Porusza problematykę metod przedłużenia jakości i świeżości żywności, oraz rozwoju innowacji produktowo-technologicznych w tym zakresie.

W pracy omówiono wyznaczniki procesu komercjalizacji innowacji produktowo-technologicznej, jaką jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, oraz zaproponowano możliwe ścieżki komercjalizacji. Wspomniany pochłaniacz jest obecnie w fazie prototypu, przetestowanego zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i w środowisku zbliżonym do rzeczywistego.

Na podstawie studiów literaturowych i przeglądu stanu techniki sformułowano następującą tezę, pytania badawcze i cele:

Teza

Istnieją przesłanki wprowadzenia na polski rynek pochłaniacza tlenu na bazie zerowartościowego żelaza (nZVI, ZEVIFOS) opracowanego w Instytucie Nauk o Jakości Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.

Przed przystąpieniem do prac koncepcyjnych oraz badań empirycznych, mających na celu udowodnienie powyższej tezy, sformułowano trzy pytania badawcze. Pytania te pozwoliły na ukierunkowanie rozważań. Pytania zaprezentowano poniżej.

Pytania badawcze:

Pytanie 1: Czy prototyp pochłaniacza tlenu ZEVIFOS wykazuje dobrą zdolność usuwania tlenu z opakowań produktów spożywczych i może stanowić alternatywę dla chemicznej konserwacji żywności?

Pytanie 2: Czy pochłaniacz tlenu ZEVIFOS jest dojrzały technologicznie do komercjalizacji?

Pytanie 3: Czy pochłaniacz tlenu ZEVIFOS jest dojrzały biznesowo do komercjalizacji?

Główny cel pracy badawczej

Celem pracy jest określenie wyznaczników gotowości nowych pochłaniaczy tlenu do procesu komercjalizacji na rynku polskim.

Cele szczegółowe pracy

- Analiza potencjału rynkowego w odniesieniu do istniejącej już na rynku konkurencji.
- Ocena innowacyjności i skuteczności rozwiązania, jakim jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS.
- Poznanie opinii decydentów w firmach z branży spożywczej dotyczących komercjalizacji pochłaniaczy tlenu.
- Analiza gotowości do wdrożenia technologii.
- Wycena innowacji produktowo-technologicznej, jaką jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS.

Część teoretyczna pracy zawiera opis rynku opakowaniowego w Polsce i na świecie, a także jego strukturę i kierunki rozwoju opakowań. Została także scharakteryzowana ewolucja i rodzaje opakowań aktywnych, ze szczególnym uwzględnieniem pochłaniaczy tlenu. Co istotne dla tematyki pracy, zostały także omówione teoretyczne zagadnienia procesu komercjalizacji innowacji. Kolejny rozdział pracy został poświęcony szczegółowej charakterystyce obiektu badań, jakim jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, a także metodyce przeprowadzonych badań, w tym badania konsumenckiego dotyczącego postrzegania pochłaniaczy tlenu, metodyce badania charakterystyk pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, metodyce badania gotowości do procesu komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS oraz metodyce wyceny tej innowacji produktowo-technologicznej. Ostatni rozdział został poświęcony otrzymanym wynikom powyższych badań,

zaproponowaniu możliwych ścieżek komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS. Na podstawie uzyskanych wyników badań, sformułowano wnioski i propozycje działań na przyszłość.

1. Rynek opakowaniowy w Polsce i na świecie

Z danych zbieranych i analizowanych przez Polską Izbę Opakowań wynika, że rynek opakowań w Polsce wykazuje niesłabnącą tendencję wzrostową [Wasiak, 2019]. Jeszcze do 1990 rynek ten był stosunkowo słabo rozwinięty. Jednak z biegiem czasu rosnąca konsumpcja sprawiła, że w polski przemysł opakowaniowy zaczęli inwestować zagraniczni przedsiębiorcy. Obecnie, na skutek ciągłego rozwoju, nie tylko zaspokaja on zapotrzebowanie krajowego rynku, ale również spora część produkcji przeznaczana jest na eksport. Polska Izba Opakowań szacuje, że rynek opakowań w Polsce jest wart 48 mld zł. Stanowi on ok. 1,5% światowego rynku, natomiast na tle innych rynków notuje wyraźne wzrosty. W 2019 roku był to wzrost o około 6%. Wartość rynku opakowań w Polsce w 2020 roku wyniosła 11,4 mld euro [Wasiak, 2019]. Autor powyższych danych wskazuje także na wyraźny związek pomiędzy wzrostem wartości PKB a zużyciem opakowań. Szacuje się, że 5% wzrost PKB przekłada się na około 10% wzrost zużycia opakowań. Można zatem założyć, że popyt na opakowania jest wprost proporcjonalny do poziomu PKB, a tym samym jest zależny od poziomu zamożności danego kraju. Nic w tym dziwnego - we współczesnym społeczeństwie, tak mocno ukształtowanym przez marketing i silnie nastawionym na konsumpcję, popyt na najróżniejsze opakowania stale rośnie. Ma to oczywiście związek z korzystaniem z wszelkiego rodzaju dóbr, ale także z permanentnie rosnącym eksportem, który oznacza zwiększone zapotrzebowanie na tego rodzaju produkty. Ponadto polski przemysł opakowaniowy jest oceniany jako nowoczesny, właściwie zarządzany oraz nacechowany dużym potencjałem innowacyjnym [Ankiel, Wojciechowska i Wiszumirska, 2021].

Poniższa tabela 1 prezentuje aktualne dane dotyczące wartości rynku opakowaniowego na świecie i w Polsce oraz dane dotyczące światowego rynku pochłaniaczy tlenu. Danych dotyczących światowego rynku pochłaniaczy tlenu nie można odnieść do danych dotyczących polskiego rynku pochłaniaczy tlenu, ponieważ takowy jeszcze nie istnieje. Co istotne w kontekście omawianego potencjału rynku opakowaniowego, w tabeli znajdziemy także dynamikę wzrostu wspomnianych rynków oraz przeważające trendy.

Tab. 1. Charakterystyka rynku opakowań w Polsce i na świecie

Rynek/segment rynku	Wielkość rynku	Dynamika wzrostu	Komentarz
Rynek producentów opakowań na świecie	860 mld euro (2020)	2,5% rocznie	Tendencja na rynku światowym wzrostowa
Rynek producentów opakowań w Polsce	11,4 mld euro (2020)	4,5% rocznie	Polska posiada 5% udział w europejskim rynku opakowaniowym i 1,5% w rynku światowym.
Rynek pochłaniaczy tlenu na świecie	1,9 mld euro (2020)	5,7% rocznie	Ugruntowana pozycja liderów rynkowych. Rozwinięte zaplecze technologiczne.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS oraz PIO [N17, N37]

Popyt na opakowania uzależniony jest więc od różnych długo- i krótkoterminowych czynników. Rynek opakowań w Polsce ciągle rozwija się i zmienia. Za tempo wzrostu, poza wzrostem konsumpcji, odpowiada również zmiana stylu życia, czynniki demograficzne (np. zwiększone zapotrzebowanie na leki w starzejącym się społeczeństwie), zwiększenie wymagań konsumentów (np. wzrost zapotrzebowania na opakowania artykułów luksusowych), a także czynniki marketingowe (np. opakowanie kojarzone jest z marką produktu), środowiskowe i technologiczne. Zwiększone zapotrzebowania klientów, jak również większy poziom świadomości ekologicznej, wpływają na przyspieszenie procesu produkcji opakowań i inwestycje w rozwój tej branży. Wprowadzane są coraz to nowe, atrakcyjne wizualnie produkty, a ich opakowanie musi być oryginalne, zachęcające do kupna i dopasowane do wymagań rynku.

W Polsce na szeroko pojętym rynku opakowań działa ok. 8 tys. podmiotów, w których pracuje ćwierć mln osób, to jest 1 proc. światowego zatrudnienia w tym przemyśle. Polscy producenci odpowiadają za 1,3–1,4 proc. globalnej produkcji, a w rękach branży jest 2,3 proc. PKB Polski. Nasz kraj jako producent opakowań dzieli z Włochami piąte miejsce w Europie.

Liderem na naszym rynku jest grupa Can-Pack z przychodami przekraczającymi 5,5 mld zł [Wasiak, 2019].

Rynek opakowań aktywnych i inteligentnych w ostatnich latach rozwijał się bardzo prężnie. Zgodnie z raportem Smithers Pira (2020) światowa sprzedaż w tym segmencie w latach 2015-2019 wzrosła z 4,95 mld USD do 6,00 mld USD, a prognoza na kolejne lata 2020-2025 estymuje dalszy wzrost wartości rynku do poziomu 8,6 mld USD., przy rocznej stopie wzrostu na poziomie około 6,5% [N38]. Znaczący udział w tych wartościach mają pochłaniacze tlenu. Dostępne raporty podają globalną wartość sprzedaży pochłaniaczy tlenu na poziomie 2,0 mld USD w roku 2020 i estymują sprzedaż w roku 2026 na poziomie 2,9 mld USD. Największym beneficjentem pochłaniaczy tlenu jest branża żywności oraz napojów, ze względu na rosnące zapotrzebowanie na pakowane produkty spożywcze o wysokiej jakości, wzrost popytu na żywność wygodną, trend ograniczania marnotrawstwa żywności i rosnącą urbanizację w gospodarkach wschodzących [N37].

APAC[1] to najszybciej rozwijający się rynek pochłaniaczy tlenu. Przypisuje się ten trend przede wszystkim gospodarkom wschodzącym, takim jak Indie, Chiny, Indonezja, Malezja, Singapur, Wietnam i Tajlandia. W regionie tym z roku na rok rośnie konsumpcja pakowanych i wygodnych produktów spożywczych. Na rozwój rynku pochłaniaczy tlenu w tym regionie ma także wpływ wzrost liczby ludności i rosnący wskaźnik urbanizacji, który napędzają z kolei rynek wysokiej jakości przetworzonych produktów spożywczych. Nie bez znaczenia jest także wzrost uprzemysłowienia oraz rosnący popyt spowodowany zmianami demograficznymi, takimi jak poprawa standardów życia, rosnące dochody do dyspozycji oraz inicjatywy rządowe mające na celu przyciągnięcie inwestycji biznesowych w branżach, takich jak energetyka, ropa i gaz oraz chemia. Wszystko to przekłada się na rozwój rynku pochłaniaczy tlenu w regionie [N37].

Kluczowymi graczami na rynku pochłaniaczy tlenu są Mitsubishi Gas Chemical Company, Inc. (Japonia), BASF SE (Niemcy), Clariant AG (Szwajcaria), Ecolab Inc. (USA), SUEZ Water Technologies & Solutions (USA), Accepta (Wielka Brytania) oraz Arkema Group (Francja). Przedsiębiorstwa te zdobyły silną pozycję na rynku, przyjmując strategie, takie jak wprowadzanie nowych produktów oraz fuzje i przejęcia w latach 2019-2021 [N37].

[1] APAC (Azja i Pacyfik) – rejon świata w pobliżu zachodniej części Oceanu Spokojnego, obejmuje obszar Azji Wschodniej, Oceanię, Rosyjski Daleki Wschód, Azję Południową i Azję Południowo-Wschodnią.

1.1 Struktura i kierunki rozwoju rynku opakowań

W Polsce największym segmentem opakowań są opakowania przeznaczone do żywności, produktów przemysłowych (w tym chemii gospodarczej), produktów farmaceutycznych oraz kosmetyków. W najbliższych latach ze względu na utrzymujące się trendy, należy spodziewać się zwiększenia udziałów opakowań do produktów farmaceutycznych oraz kosmetyków [Ankiel, Wojciechowska i Wiszumirska, 2021].

W Polsce wciąż dominuje rynek opakowań z tworzyw sztucznych. Najbardziej opłacalna jest obecnie inwestycja w opakowania z materiałów celulozowych, czyli opakowania papierowe i opakowania tekturowe oraz w nieco mniejszym stopniu z tworzyw sztucznych. Dotyczy to nie tylko branży spożywczej, ale również przemysłu kosmetycznego, farmaceutycznego, a w zasadzie każdej dziedziny, która zajmuje się produkcją lub sprzedażą towarów [N30].

Analitycy rynku opakowań przewidują znaczny spadek produkcji opakowań ze szkła i metalu. Największe zapotrzebowanie na opakowania będzie w branży spożywczej, nieco mniejsze w branży wyrobów przemysłowych. Analizy dotyczące tendencji rynkowych wskazują [N30], że w najbliższym czasie możemy się spodziewać:

- znaczącego wzrostu sprzedaży internetowej,
- zwiększenia znaczenia innowacji w produkcji opakowań,
- redukcji kosztów, ze względu na konieczności poprawy rentowności produkcji opakowań,
- skrócenia cyklu produkcji opakowań,
- wzrostu świadomości ekologicznej.

Rynek opakowań zarówno w Polce, jak i na świecie, jest jednym z dynamiczniej rozwijających się pod wieloma względami. Zarówno pod względem wartości, jak i różnorodności i innowacyjności oferty. Podstawową przesłanką stanowiącą o bardzo dobrej kondycji sektora opakowań jest to, że opakowania są nieodzownym elementem produktów. W związku z powyższym, ekspansja rynków produktowych przekłada się bezpośrednio na wzrost rynku opakowaniowego [Ankiel, Wojciechowska i Wiszumirska, 2021].

Polska ma obecnie jedną z najniższych opłat produktowych w Europie i niezależnie od tego, w jaki sposób zostanie zdefiniowana w najbliższym czasie nowa Rozszerzona

Odpowiedzialność Producenta[2], ceny z pewnością będą rosnąć. Producenci, wprowadzający na rynek wyroby w opakowaniach, będą dążyć do rekompensaty wyższych cen opakowań kosztem klientów oraz producentów opakowań. Spowoduje to z pewnością zawirowania na rynku opakowań i wymusi poszukiwania nowych rozwiązań. Nie bez znaczenia dla branży będą także nowe rozporządzenia, dotyczące np. poziomów recyklingu czy udziału recyklatu w materiale opakowaniowym, które będą wymuszały dostosowanie opakowań do obowiązujących przepisów. Analitycy Santander Bank Polska i SpotData oszacowali, że dostosowanie do zmian związanych z promowaniem gospodarki o obiegu zamkniętym będzie wymagało inwestycji rzędu 2–4 mld zł [N33].

W kontekście powyższych transformacji zachodzących w branży opakowaniowej oraz konieczności dostosowania się do wymagań legislacyjnych, wydłużenie cyklu życia produktu nabiera dodatkowego znaczenia i niesie za sobą dodatkowe korzyści ekonomiczne. Opakowania innowacyjne mogą zyskać na znaczeniu, gdyż pozwalają na wydłużenie cyklu życia produktu. Spośród szeregu wprowadzanych na rynek nowych technologii z tego obszaru, największe znaczenie mają tzw. opakowania aktywne, pozwalające utrzymać świeżość opakowanych produktów (głównie spożywczych), opakowania inteligentne, umożliwiające komunikację między opakowaniem a konsumentem, oraz nowe rozwiązania konstrukcyjne opakowań, takie jak np. nowoczesne systemy zamknięć [Ankiel, Wojciechowska i Wiszumirska, 2021].

[2] Rozszerzona Odpowiedzialność Producenta (ROP) to pojęcie, które odnosi się do odpowiedzialności producenta za cykl życia produktu. Mechanizm ROP nakłada obowiązek na producenta zagospodarowania niektórych odpadów wprowadzanych na rynek. Dotyczy to w szczególności odpadów takich jak: odpady opakowaniowe, zużyte baterie i akumulatory, zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny oraz pojazdy wycofane z eksploatacji.

2. Ewolucja i rodzaje opakowań aktywnych

Analizując rynek opakowań można zauważyć, że nawet przy niskim tempie rozwoju gospodarczego sektor opakowaniowy się rozwija. Jest to spowodowane koniecznością wpasowania się nowoczesnego opakowania w normy społeczne, ekonomiczne oraz środowiskowe. Opakowanie spełniające te normy powinno zatem wykazywać coraz to nowsze i bardziej dopasowane właściwości użytkowe, generować relatywnie niskie koszty ekonomiczne, być bezpieczne dla konsumenta, a po wykorzystaniu, w jak najmniejszym stopniu oddziaływać na środowisko. Zdaniem autorki niniejszej pracy, to właśnie opakowania aktywne i inteligentne w dużej mierze realizują powyższe założenia, a samo wprowadzanie innowacji w branży opakowaniowej jest nieodzownym elementem budowania przewagi konkurencyjnej. Innymi słowy rozwiązania technologiczne z tego obszaru bardzo dobrze wpisują się w aktualne trendy i oczekiwania stawiane nowym opakowaniom [Kraśnicka, 2018].

Celem poniższego rozdziału jest charakterystyka dostępnych rozwiązań z obszaru opakowań aktywnych i inteligentnych, wskazanie ich możliwości zastosowań oraz wad i ograniczeń. Rozdział stanowi przegląd dostępnych rozwiązań z tego zakresu, a także pomaga nakreślić istotę innowacji opakowaniowych i ich różnorodność.

Definicja zawarta w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 450/2009 z 29 maja 2009 r. dotycząca aktywnych i inteligentnych materiałów oraz wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością brzmi „aktywne materiały i wyroby oznaczają materiały i wyroby, których zadaniem jest przedłużenie okresu przydatności do sprzedaży lub też zachowanie lub poprawa stanu opakowanej żywności; zostały celowo zaprojektowane w taki sposób, aby zawarte w nich składniki uwalniały substancje do opakowanej żywności lub jej otoczenia, lub też je adsorbowały", natomiast „inteligentne materiały i wyroby oznaczają materiały i wyroby, które monitorują stan opakowanej żywności lub jej otoczenia" [Komisja Europejska, 2009].

Aktywne opakowania (ang. Active Packaging - AP) nazywane są również opakowaniami interaktywnymi (ang. Interactive Packaging - IP), ponieważ przełamują schemat, który mówi o braku interakcji między produktem a opakowaniem, w którym się znajduje. Innowacyjne opakowania aktywne poprzez oddziaływanie z przechowywanymi artykułami podtrzymują ich jakość oraz wydłużają trwałość. Aktywne pakowanie umożliwia rozszerzenie funkcjonalności

pakowania tradycyjnego. Opakowanie aktywne daje możliwość kontroli zmian zachodzących wewnątrz oraz reakcji na nie, w sposób wcześniej przemyślany i zaplanowany.

Zdaniem prof. Cierpiszewskiego można zaproponować podział opakowań interaktywnych na dwie podstawowe grupy:

- Wchłaniające niepożądane gazy, takie jak: tlen, etylen, związki lotne o nieprzyjemnym zapachu czy też parę wodną. Są to opakowania pełniące rolę adsorberów.
- Chroniące przed niekorzystnymi zmianami mikrobiologicznymi. Są to opakowania, które emitują substancje sprzyjające utrzymaniu pożądanej jakości produktu. Mogą być to na przykład emitery ditlenku węgla (CO_2) oraz w ograniczonym stosowaniu emitery alkoholu czy ditlenku siarki (SO_2) [Cierpiszewski, 2016].

2.1 Pochłaniacze i emitery CO_2

Duże stężenie ditlenku węgla może niekorzystnie wpływać na opakowany produkt. W celu jego ograniczenia można zastosować pochłaniacz. Celem wspominanego adsorbera jest utrzymanie odpowiedniego ciśnienia wewnątrz opakowań sztywnych oraz zachowanie właściwej objętości opakowań elastycznych, które pod wpływem wzrastającej ilości CO_2 wewnątrz opakowania mogłyby pęknąć. Możemy wyróżnić adsorbery fizyczne ditlenku węgla, takie jak zeolit czy sproszkowany węgiel aktywny, oraz chemiczne, takie jak wodorotlenek magnezu lub wapnia. Stosuje się również pochłaniacze na bazie tlenków żelaza, które są zarówno adsorberami tlenu, jak i ditlenku węgla. Pochłaniacz z takim związkiem stosuje się na przykład przy pakowaniu kawy ziarnistej. Adsorber umieszczony w opakowaniu pochłania gaz wydzielony podczas prażenia kawy, a po szybkim zamknięciu pozwala na zachowanie charakterystycznego aromatu kawy. Kolejnym przykładem jest pochłaniacz wykorzystujący tlenek wapnia (CaO), który umieszcza się w krzemionkowym żelu. Tlenek wapnia pod wpływem pochłanianej wilgoci przekształca się w wodorotlenek wapnia, po czym reaguje z ditlenkiem węgla tworząc wodorowęglan wapnia ($Ca(HCO_3)_2$), który również często stosowany jest jako chemiczny dodatek do żywności.

Ditlenek węgla jest jednak niekiedy związkiem pożądanym w opakowaniu. Zapobiega on między innymi zapadaniu się ścianek opakowania po usunięciu tlenu z jego wnętrza. W tym celu stosuje się emitery CO_2, takie jak na przykład Freshilizer C, który produkuje się

wykorzystując węglan żelazowy i mieszankę kwaśnego węglanu sodowego z kawasem L-askorbinowym. W praktyce stosowane są saszetki zawierające substancję pozwalającą na jednoczesną emisję ditlenku węgla oraz pochłanianie tlenu [Czerniawski, 2008; N3, N4].

2.2 Pochłaniacze etylenu i emitery etanolu

Etylen to związek organiczny, który występuje w gazowej formie i przyspiesza proces dojrzewania produktów żywnościowych przez wzrost intensywności oddychania. Degradując chlorofil jest powodem szybszego starzenia i brązowienia warzyw i owoców, np. cytrusów, bananów, jabłek i pomidorów. By przedłużyć trwałość przechowywania warzyw i owoców niezbędna jest eliminacja etylenu z wnętrza opakowania. W tym celu najczęściej stosowany jest nadmanganian potasu ($KMnO_4$), który powoduje utlenianie etylenu do glikolu etylowego, co z kolei powoduje zmianę barwy z fioletowego na brunatną. Substancja aktywna, w tym przypadku $KMnO_4$, zostaje naniesiona na żel silikonowy, a następnie całość umieszczona jest w saszetkach, które zapobiegają kontaktowi produktów z utleniaczem [Czapski, 2007].

Kolejnym sposobem usunięcia etylenu z wnętrza opakowania jest impregnacja zeolitowej glinki z użyciem pochłaniacza etylenu oraz wzbogacenie substancjami adsorbującymi węglowodory aromatyczne. Powstałą mieszaninę wprowadza się bezpośrednio do tworzywa opakowaniowego, na przykład folii. Powoduje to wzrost zewnętrznej wymiany gazów oraz obniżenie przezroczystości stosowanego materiału. Wysoką efektywność w pochłanianiu etylenu wykazuje także węgiel aktywowany chlorkiem palladu. Poniżej zostały wskazane najbardziej popularne adsorbery etylenu spośród dostępnych na rynku:

- Ethylene Control®,
- Green Bags™,
- Evert-Fresh,
- Peakfresh®,
- AgroFresh Inc. (SmartFreahSM Quality System).

AgroFresh Inc. jest, zdaniem jego twórców, jednym z najskuteczniejszych adsorberów dostępnych na rynku [N32]. Składnik aktywny SmartFresh Technology, 1-metylocyklopropen (1-MCP) jest podobny w budowie do występującego naturalnie etylenu. To podobieństwo umożliwia technologii SmartFresh interakcję z receptorami etylenu z owocu. MCP-1 hamuje

oddziaływanie etylenu na produkty, przez co przedłuża jego trwałość, co jest szczególnie istotne przy transporcie warzyw i owoców z krajów tropikalnych do Europy.

W opakowaniach stosuje się również emitery etanolu, którego opary pozwalają na zahamowanie rozwoju mikroflory patogennej oraz zapobiegają czerstwieniu chleba. Ze względu na swoje właściwości są stosowane głównie w przemyśle cukierniczym i piekarniczym. Przykładem takiego inhibitora umieszczanego w małych, termicznie zgrzewanych saszetkach w opakowaniu jest Ethicap®, którego składnikiem jest alkohol etylowy [Czapski, 2007; N1].

Rys. 1 Folia PEAKfresh® z wkomponowanym w nią pochłaniaczem etylenu wydłużająca trwałość owoców i warzyw [N18]

2.3 Opakowania utrzymujące odpowiednie cechy organoleptyczne produktów

Cechy sensoryczne produktów są głównym aspektem przy ich wyborze. Spełnienie oczekiwań klienta w tej kwestii jest kluczowe. Niewłaściwy zapach bądź smak zazwyczaj jest wynikiem procesu wytworzenia lotnych związków siarki, aldehydów czy ketonów. Powodem niekorzystnej zmiany cech organoleptycznych może być przemieszczanie się lotnych składników opakowania czy też utrata aromatu podczas procesu produkcyjnego. Obce zapachy mogą pochodzić również z materiału opakowaniowego i nie zawsze sygnalizują zepsucie artykułów, lecz po otworzeniu mogą być źle odbierane przez konsumenta. Aktywne opakowania nie powinny być wykorzystywane w celu ukrycia oznak psucia żywności, gdyż może być to czynnik niebezpieczny dla zdrowia konsumentów. Emitery zapachu mają na celu zamaskowanie nieprzyjemnego, obcego odoru i wzmacnianie naturalnego aromatu

produktów. Emiterami są zazwyczaj surowce wykazujące wysoką odporność termiczną. Wykorzystywane są one jako dodatki do polimerów lub też występują w postaci granulek, proszków czy etykiet. Przykładem jest węgiel aktywny, który pakowany jest w formie saszetek i umieszczany w opakowaniu, tudzież dodawany do materiału opakowaniowego. Innym sposobem jest system OTC (z ang. Taste-and-odor Treatment and Control), który wykorzystuje glinokrzemian, włączając go do składu molekularnego opakowania, dzięki czemu lotne składniki są wiązane, a barierowość folii lepiej zachowana.

Na rynku funkcjonują również zapachowe adsorbery, które wytwarzane są z materiałów papierniczych lub włóknistych przy wzbogacaniu solami alkalicznymi, zeolitami i środkami wiążącymi. Są to między innymi: Ecofresh® i Profresh® (E-I-A Warenhandels GmbH) czy MiniPax® i StripPax®. Sorbent Packets (Multisorb Technologies, Inc.) [Dandar, Kaćeńak i Sekretar, 2005; N2].

2.4 Regulatory wilgoci

Nadmiar wilgoci w opakowaniu przyczynia się do zbrylania proszku, rozmiękania produktów chrupkich czy też rozwoju drobnoustrojów. Natomiast całkowity brak pary wodnej może spowodować nadmierne wysuszanie produktów, co prowadzić może do reakcji niepożądanych, takich jak: degradacja witamin, brązowienie czy oksydacja tłuszczów. Rozwiązaniem tego typu problemów są regulatory wilgoci. Nadmiar wody wewnątrz opakowania barierowego dla wody może być spowodowany:

- Oddychaniem świeżych produktów,
- Wysoką wilgotnością artykułów,
- Wahaniami temperatury,
- Wyciekami płynów z mięs.

Osuszaczami stosowanymi w celu adsorpcji nadmiaru wody są:

- Zeolity,
- Żel krzemionkowy (silikożel),
- Włókna celulozy,
- Chlorek sodu (NaCl),
- Kopolimery skrobi,
- Poliakrylowe sole,

- Sita molekularne,
- Naturalne glinki.

Przemysłowymi przykładami regulatorów wilgoci są:

- Boveda®,
- Desi-Pak Tyvek®,
- Tri-Sorb®,
- Sorb-It® [N3].

Rys. 2 Regulatory wilgoci Premium Silica Gel [N19]

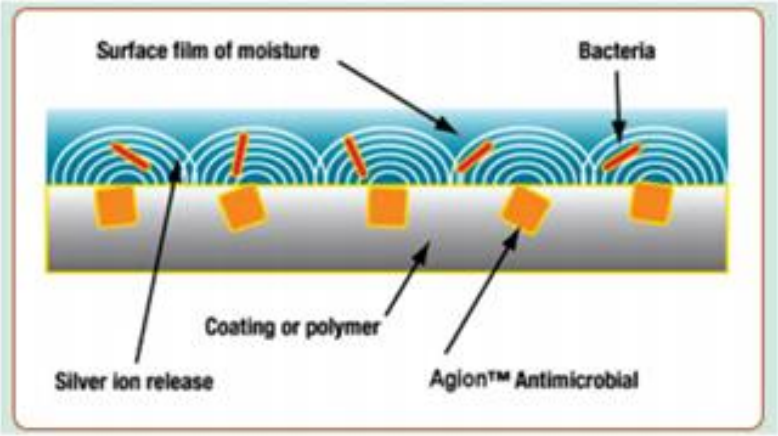
2.5 Opakowania przeciwbakteryjne

Rozwój mikroorganizmów wewnątrz opakowania może być groźny dla zdrowia konsumenta. Zapobiec temu mogą poduszeczki antymikrobiologiczne, zawierające organiczne kwasy, które hamują rozwój bakterii podczas wycieku ze świeżych mięs czy ryb. Aktywność przeciwdrobnoustrojowa tych kwasów wynika z ich zdolności do przenikania błony cytoplazmatycznej, co prowadzi do obniżenia pH oraz zahamowania metabolizmu komórkowego, dzięki czemu rozwój mikroorganizmów zostaje zatrzymany. W skład opakowań antymikrobiologicznych wchodzić mogą sole, alkohole oraz substraty naturalne, które wykazują silne działanie antygrzybiczne i antybakteryjne. Przykładem są tutaj nasiona grejpfruta, z których uzyskuje się fungicyd mający zastosowanie w zwalczaniu grzybów

atakujących rośliny. Kolejnym efektywnym inhibitorem są Dri-Fresh®, które chłoną wycieki z mięs, warzyw czy owoców i są bezpieczne dla zdrowia konsumenta, ponieważ nie zawierają w swoim składzie warstw łączonych klejem.

Rys. 3 Wkłady adsorpcyjne do mięsa [N33]

Innym rozwiązaniem są jony srebra. Są one wykorzystywane do powlekania folii opakowaniowej. Istnieją także metody napromieniowywania powierzchni folii elektronami doprowadzającymi do eliminacji patogenów, na przykład użycie promieniowania UV przy naświetlaniu nylonu, powoduje transformację grup amidowych do aminowych, które charakteryzuje własność mikrobójcza. Komercjalizację takich zastosowań przedstawiają między innymi produkty: Agion® Antimicrobral czy MicroGARD®. Rysunek nr 4 przedstawia proces wymiany jonowej. Kryształy zeolitów zawierających jony elementarne są ukierunkowane przypadkowo i rozprowadzane na powierzchni włóknistego polimeru. W warunkach, które wspierają rozwój bakterii, jony dodatnie, przy wilgotności otoczenia, rozpoczynają wymianę z jonami elementarnymi w odwracalnych miejscach wiążących zeolit. Jony te wymieniane są do momentu kontroli wzrostu drobnoustrojów [N4, N5].



Rys. 4 Proces wymiany jonów srebra w adsorberze Agion® Antimicrobial [N34]

2.6 Rodzaje i charakterystyka pochłaniaczy tlenu

Poniższy podrozdział ma na celu scharakteryzowanie poszczególnych rodzajów pochłaniaczy tlenu oraz wskazanie ich mechanizmów działania, wad oraz zalet, a także możliwości zastosowania. Powyższe aspekty są istotne, aby nakreślić otoczenie rynkowe dla omawianego w dalszej części pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, a także wykazać jego przewagi technologiczne i zasadność jego komercjalizacji w późniejszej części pracy.

Pochłaniacze tlenu (ang. Oxygen Scavengers) dodawane są do zamkniętego opakowania w celu usuwania lub zmniejszania zawartości tlenu w opakowaniu i ze względu na ingerencję w atmosferę zapakowane produktu, są zaliczane do opakowań aktywnych. Są stosowane w celu zachowania bezpieczeństwa produktów i przedłużenia ich przydatności do spożycia. Istnieje wiele rodzajów środków pochłaniających tlen, aby pokryć szeroki zakres zastosowań. Często pochłaniacze tlenu są umieszczone w saszetce wewnątrz opakowania, lecz mogą także stanowić integralną część opakowania. Dla większości produktów, mieszanina żelaza, chlorku sodu i węgla okazuje się być skuteczna w zakresie pochłaniania tlenu. W tym przypadku żelazo jest głównym składnikiem pochłaniacza, natomiast związki sodu są stosowane jako aktywator, powodując, że cząstki żelaza efektywnie zmniejszają ilość tlenu w otoczeniu produktu. Aktywny węgiel ma również dodatkowe właściwości konserwujące i usuwające nieprzyjemne zapachy [Brody, Strupinsky i Kline, 2001].

W momencie gdy pochłaniacz tlenu jest usunięty ze swojego ochronnego opakowania, wilgoć z atmosfery zaczyna mieszać się z cząstkami żelaza. Ponieważ molekuły tlenu i wilgoci

wchodzą w reakcję z żelazem (Fe), zaczyna pojawiać się rdza. Zwykle konieczna jest wilgotność względna na poziomie 65% do zainicjowania procesu korozji. Aby rozwiązać ten problem, do mieszaniny dodaje się chlorek sodu (NaCl), który działa jako katalizator, który umożliwia korodowanie proszku żelaza nawet przy niskiej wilgotności względnej. Przy konwersji żelaza i tlenu do pojedynczej substancji – tlenku żelaza, obecność tlenu w otaczającej atmosferze zostaje znacznie zmniejszona [Encyclopedia of Polymer Science and Technology, 2002].

2.6.1 Pochłaniacze żelazowe

Najpopularniejszymi pochłaniaczami, stosowanymi w przemyśle spożywczym, są te oparte na związkach żelaza. Były to jedne z pierwszych pochłaniaczy tlenowych produkowanych na skalę przemysłową. W 1977 roku firma Mitsubishi Gas Chemistry opracowała dla nich następujące założenia: reakcje zachodzące podczas procesu nie mogą przebiegać zbyt szybko, ponieważ ograniczyłoby to czas pochłaniania tlenu, ani zbyt wolno, ponieważ nie spełniłyby założenia zabezpieczenia produktu przed tlenem [Kozak, 2007].

Zasada ich działania opiera się na następujących reakcjach: [Vermeiren i in., 1999]

$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-} \quad (1)$$

$$½\ O_2 + H_2O + 2e^{-} \rightarrow 2OH^{-} \quad (2)$$

$$Fe^{2+} + 2OH^{-} \rightarrow Fe(OH)_2 \quad (3)$$

$$Fe(OH)_2 + ¼\ O_2 + ½\ H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 \quad (4)$$

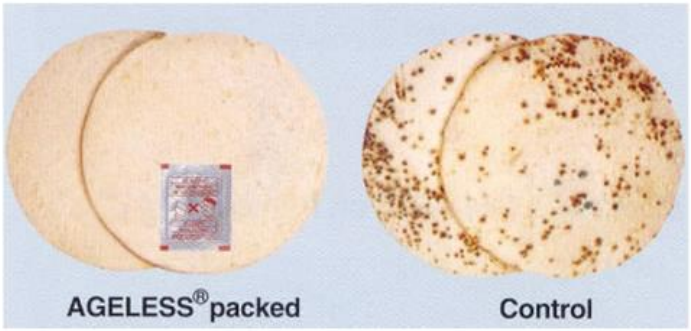
Właściwy poziom wilgotności jest kluczowy do przeprowadzenia reakcji pochłaniania tlenu. Wydajność pochłaniaczy można zwiększyć przy pomocy aktywatorów jonowych. Najpowszechniej stosowane są jony chloru dodawane w postaci soli, np. NaCl, $CaCl_3$ oraz KCl [Galdi, 2006]. Popularność i efektywność pochłaniaczy żelazowych determinowana jest ich wydajnością, która wynosi około 300 cm^3 na 1g pochłaniacza wraz z wygenerowaniem nietoksycznego tlenku żelaza. Konieczna ilość żelaza potrzebna do pochłonięcia tlenu, jest zależna od objętości powietrza w opakowaniu oraz od ilości tlenu obecnego w produkcie spożywczym. Przy znajomości przepuszczalności gazów danego materiału opakowaniowego oraz początkowego stężenia tlenu często stosuje się większy pochłaniacz niż wynika z obliczeń.

Dzięki temu beztlenowa atmosfera jest zapewniona przez cały czas, w jakim zamierzamy produkt przechowywać [Vermeiren i in., 1999].

W celu odizolowania produktu od pochłaniaczy stosuje się saszetki przepuszczające tlen. Muszą być one jednak oznaczone napisem o niejadalności, by ostrzec konsumenta przed przypadkowym spożyciem, a co za tym idzie, możliwym zatruciem. Przeprowadzone badania wykazały, że śmiertelna dawka metalicznego żelaza to 16 g na 1 kg masy ciała. Masa maksymalna produkowanych saszetek to 7 g. Przykładowo, w przypadku spożycia jednej saszetki pochłaniacza przez osobę ważącą 70 kg, dawka wyniosłaby 0,1 g na 1 kg masy ciała. Jest to dawka 160 razy mniejsza od dawki śmiertelnej [Brody, Strupinsky i Kline, 2001].

Prekursorem pochłaniaczy tlenowych były stworzone przez Mitsubishi Gas Chemical Company, pochłaniacze Ageless. Opierały się one na reakcji utleniania tlenków żelaza (II) do tlenków żelaza (III). W późniejszym czasie zaczęto stosować żelazo metaliczne, które zwiększało wydajność komponentu. Saszetki pochłaniaczy Ageless stworzone są w taki sposób, by obniżyć poziom tlenu wewnątrz opakowania do poziomu poniżej 0,01% ogólnej zawartości gazów. Wadą pochłaniaczy tlenu Ageless jest ich ograniczenie zastosowania w środowisku o niskiej aktywności wodnej, ponieważ efektywność uzyskują one dopiero przy wysokiej wilgotności. Eliminować ten problem można jednak stosując odpowiednie dodatki [Jarczyk i Dłużewska, 2008]. Poniższy rysunek 5 przedstawia przykładowe saszetki z pochłaniaczem tlenu Ageless.

Rys. 5 Ageless Eye® opatentowany przez japoński koncern Mitsubishi Gas Chemicals [N26]



Rys. 6 Spody do pizzy przechowywane przez 10 dni w temperaturze 30°C [N26]

Powyższy rysunek 6 przedstawia spody do pizzy przechowywane przez 10 dni w temperaturze 30°C z pochłaniaczem Ageless oraz bez pochłaniacza. Można zauważyć wyraźną różnicę w wyglądzie obu produktów. Spody zamknięte z pochłaniaczem nie wykazały zmian jakościowych, natomiast spody bez pochłaniacza pokryły się ogniskami pleśni i nie były zdatne do spożycia. Przeprowadzono szereg różnych tego typu badań dla produktów spożywczych, takich jak salami, mleko w proszku, soki, tortilla, oliwa z oliwek, wino, migdały, piwo, czy jogurty probiotyczne. We wszystkich przypadkach zastosowanie pochłaniacza tlenu przyczyniało się do znacznego przedłużenia jakości i trwałości produktów [Foltynowicz i in., 2017].

Na rynku są dostępne również inne żelazowe pochłaniacze tlenu, są to między innymi:

- The Freshilizer 1 Series, prod. Toppan Printing Co. (z dodatkiem kwasu cytrynowego, dzięki aktywacji w wysokich temperaturach stosuje się go do żywności poddawanej procesom sterylizacji i pasteryzacji), Vita – lon 1, prod. Toagpsei Chemistry Industry Co. Oraz Sansocut, prod. Finetec Co., Japonia
- ATCO 1 O_2 – Adsorber, prod. Standa Industrie, Francja
- Freshpax 1, prod. Multisorb technologies Inc. USA

Saszetki pochłaniające tlen możemy znaleźć w wielu produktach żywnościowych, takich jak np.: produkty mięsne, pieczywo, kawa, sery, orzechy oraz produkty mrożone [Floros, Dock i Han, 1997].

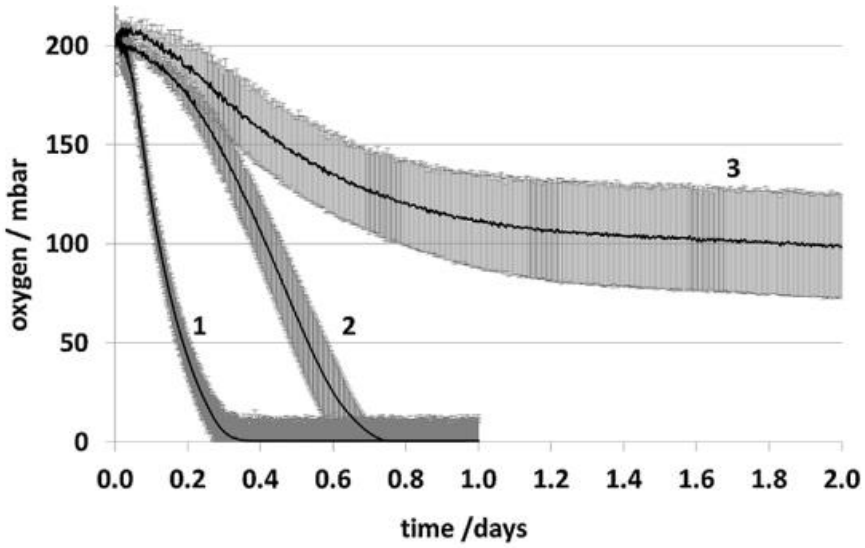
Innowacją w zakresie adsorberów tlenu partych na związkach żelaza, są różnego rodzaju polimery. Umieszczenie żelaza wewnątrz polimeru ogranicza ryzyku migracji oraz ułatwia proces pakowania. Pochłaniacze tlenu na bazie żelaza zamkniętego w polimerze, wyróżnia przede wszystkim brak konieczności obecności wody. Stwarza to możliwości wykorzystania

pochłaniaczy tlenu do żywności suchej, w której obecność wody jest czynnikiem niepożądanym [Foltynowicz, Kozak i Fiedorow, 2002]. W przypadku warunków beztlenowych równanie reakcji wiązania tlenu przez pochłaniacz żelazowy wygląda następująco [Foltynowicz i in., 2017]:

$$5Fe + (7/2)O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + Fe_3O_4 \quad (5)$$

Wprawdzie obecność wilgoci w atmosferze produktu, przyspiesza proces usuwania tlenu, lecz wspomniany pochłaniacz tlenu pozwala uzyskać praktycznie całkowite warunki beztlenowe zarówno w warunkach suchych, jak i w obecności wilgoci [Foltynowicz i Kozak, 2014].

Naukowcy z Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu zaproponowali także wykorzystanie pochłaniacza tlenu opartego nanocząstkach żelaza. Pochłaniacz ten cechuje przede wszystkim bardzo wysoka skuteczność. Wpływa na to przede wszystkim rozmiar cząstek nanożelaza. Większe rozdrobnienie w przypadku nanocząsteczek żelaza, względem proszku żelaza, wpływa na większą powierzchnię reakcji pochłaniacza z tlenem, co skutkuje większą zdolnością usuwania tlenu [Kozak, 2007; Foltynowicz i in., 2010]. Należy jeszcze raz podkreślić, iż nanocząstki żelaza posiadają zdolność usuwania tlenu z opakowania produktu, zarówno w obecności wilgoci, jak i w środowisku bezwodnym [Foltynowicz i Kozak, 2014]. Skuteczność adsorpcji tlenu pochłaniacza zawierającego nanocząsteczki żelaza, została przebadana w Instytucie Inżynierii Procesowej i Opakowań Fraunhofera w Niemczech. Wyniki przeprowadzonych analizy wykazały, iż szybkość wchłaniania żelaza w nanoskali rozproszonego w nośniku krzemowym, była co najmniej dziesięciokrotnie wyższa przy 100% wilgotności względnej w porównaniu z dostępnym handlowym pochłaniaczem tlenu na bazie żelaza w matrycy polietylenowej lub polipropylenowej. Natomiast w przypadku zastosowania matrycy silikonowej dla nanocząsteczek żelaza, przy 100% wilgotności względnej szybkość reakcji była dwa do trzech razy wyższy, w porównaniu z proszkiem żelaza [Foltynowicz i in., 2017]. Poniższy wykres 1 przedstawia uzyskane wyniki prowadzonych badań:



Wykres 1 Ciśnienie parcjalne tlenu w opakowaniach pomiarowych; 100% wilgotność względna, 23°C; 1: proszek żelaza w nanoskali; 2: proszek żelaza nie w nanoskali, zmieszany z 1% wag./wag. NaCl; 3: sproszkowane żelazo nie w nanoskali zmieszane z 10% wag./wag. NaCl [Foltynowicz i in., 2017]

Inne metale wraz z ich pochodnymi również wykazują skłonność do pochłaniania tlenu. W ich skład wchodzi między innymi: miedź, tytan, pallad, cyna, skand, wanad, kobalt, mangan czy cyrkon. Jednakże nie można stosować ich w przemyśle spożywczym ze względu na ich potencjalną toksyczność oraz stosunkowo wysoką cenę. Mogą mieć natomiast zastosowanie w przemyśle, ponieważ chronią maszyny przemysłowe przed korozją czy procesem utleniania [Pijanowski i in., 2000].

2.6.2 Pochłaniacze enzymatyczne

Enzymy to biologiczne katalizatory, które mają na celu wspomaganie reakcji utleniania. Stosuje się je jako pochłaniacze tlenu od lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku. Na początku lat czterdziestych wieku ubiegłego, enzymy stosowane były w opakowalnictwie jako środki zapobiegające brązowieniu żywności, lecz z upływem kilku lat opatentowano pochłaniacz tlenu oparty na glukooksydazie i katalazie. Glukooksydaza w połączeniu z wodą ze środowiska utlenia się do glukozy, a następnie przechodzi w kwas glukonowy oraz nadtlenek wodoru [Kozak, 2007]. Proces ten przebiega według poniższego schematu:

$$2C_6H_{12}O_6 + H_2O + 2O_2 + 2H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_7 + 2H_2O_2 \quad (6)$$

Nadtlenek wodoru jest w tej reakcji końcowym produktem niepożądanym, lecz po dodaniu katalazy następuje jego rozpad do wody i tlenu [Ahvenainen, 2003]:

$$2H_2O_2 + \text{katalaza} \rightarrow H_2O + O_2 + \text{katalaza} \quad (7)$$

Specyfika enzymów wymaga zapewnienia adekwatnych warunków do ich optymalnego działania jako pochłaniaczy. Na efektywność ich działania wpływ ma głównie temperatura, pH, aktywność wodna czy typ rozpuszczalnika. Laminaty wyprodukowane przez fińską firmę Bioka Ltd. były pierwszymi pochłaniaczami opartymi na działaniu enzymów, a pierwszym opatentowanym rozwiązaniem był papier, który nasycony mieszaniną glukozy, katalazy i oksydazy glukozowej, zyskał właściwości wodoodporne [Ahvenainen, 2003]. Laminaty zaprezentowane przez firmę Bioka Ltd. noszą nazwę „Bioka Oxygen Scavenging Film Laminate" i są to przezroczyste, termozgrzewalne laminaty nadające się do zadruku. Warstwa zewnętrzna tego laminatu z poliamidu orientowanego, który wykazuje gazoszczelność, natomiast warstwa środkowa wykonana z kopolimerem mieszaniny glukozy, katalazy i oksydazy glukozowej z polietylenem o niskiej gęstości (niska przepuszczalność pary wodnej) oraz poli(etylen-co-octan winylu) (EVA) wykorzystanym jako warstwa przepuszczająca tlen [N8].

Pochłaniacze tlenu oparte na enzymach mogą być zastosowane zarówno wewnątrz opakowania w formie saszetki, jak i być jego integralną częścią. Polipropylen (PP) i polietylen (PE) dobrze sprawdzają się jako nośniki enzymów. Główną zaletą pochłaniaczy enzymatycznych jest ich neutralność w stosunku do żywności oraz fakt, że są to związki występujące w środowisku naturalnie, dzięki czemu nie stanowią zagrożenia dla konsumentów [Amberg-Schwab i in., 2009]. Pochłaniacze tego rodzaju potrzebują od 12 do 48 godzin na eliminację tlenu z wnętrza opakowania przy temperaturze pokojowej. Czas ten wydłuża się dwukrotnie, gdy obniżymy temperaturę do 2 - 6^0C. Podczas napełniania saszetek temperatura nie może być wyższa niż 60^0C, ponieważ w tej temperaturze nastąpiłaby dezaktywacja enzymów, co skutkowałoby utratą ich właściwości [Ahvenainen, 2003].

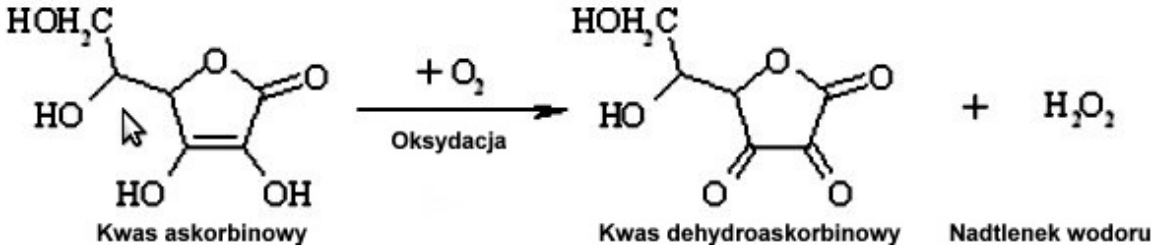
Adsorpcję tlenu wśród enzymów wykazuje również dehydrogenaza alkoholowa (ADH), która utlenia etanol do aldehydu octowego. Niewątpliwą zaletą tego enzymu jest fakt, iż nie potrzebuje on obecności wody do aktywacji, dzięki temu znajduje zastosowanie do większej gamy produktów [Amberg-Schwab, 2009].

Główną wadą ograniczającą stosowanie pochłaniaczy tlenu na bazie enzymów jest ich specyfika wymagająca zachowania odpowiednich warunków przechowywania. Warunek ten uniemożliwia często zastosowanie ich w warunkach produkcji przemysłowej na szeroką skalę.

2.6.3 Pochłaniacze oparte na kwasie askorbinowym i jego pochodnych

Pochłaniacze oparte na kwasie askorbinowym i jego pochodnych są często wykorzystywane w produkcji przemysłowej. Kwas askorbinowy reaguje z tlenem, czego produktem jest kwas dehydroksyaskorbinowy, który jest nieszkodliwy dla zdrowia konsumentów. Atutem pochłaniaczy opartych na kwasie askorbinowym jest ich odporność na ditlenek węgla, co oznacza, że nie tracą właściwości w jego obecności [P1; Brody, Strupinsky i Kline, 2001].

Polimery, których składnikiem jest kwas askorbinowy są wydajne jako pochłaniacze tlenu. Utlenianie zachodzące między kwasem askorbinowym i tlenem opisuje poniższe równanie.



Rys. 7 Równanie reakcji utleniania kwasu askorbinowego [N9]

Nadtlenek wodoru powstający podczas tej reakcji jest szkodliwy dla człowieka, lecz dzięki dodaniu miedzi można problem ten wyeliminować. Miedź przyspiesza samą reakcję oraz rozkłada powstały nadtlenek wodoru do wody, która jest neutralna. Pierwszą firmą stosującą tego typu rozwiązanie była Pillsbury Company. Kolejną firmą stosującą pochłaniacze na bazie kwasu askorbinowego jest Taiwan Dorency Co., Ltd., która wytwarza je w postaci saszetek pod handlową nazwą KEEPIT oraz japońska firma Mitsubishi Gas Chemical Company, która produkuje saszetki AnaeroPack™. Produkt japońskiej firmy poza pochłanianiem tlenu z

opakowania, działa również bakteriostatycznie, dzięki uwalnianiu ditlenku węgla podczas procesu [N10, N11]. Na rysunku 8 przedstawiono przykładową saszetkę pochłaniacza tlenu AnaeroPack™.

Rys. 8 Saszetka AnaeroPack [N27]

2.6.4 Pochłaniacze oparte na nienasyconych kwasach tłuszczowych

Lata siedemdziesiąte XX wieku przyniosły nowe rozwiązanie w przemyśle pochłaniaczy tlenu. Firma farmaceutyczna Bristol-Myers Squibb wykorzystała wysokonienasycony kwas tłuszczowy (ang. PUFAs – Polyunsaturated fatty acids) jako aktywną substancję pochłaniającą tlen podczas autooksydacji. Kapsułka przepuszczająca tlen, w której znajdowała się specjalna gąbka z olejem, została w późniejszych latach również przysposobiona przez innych producentów [P2].

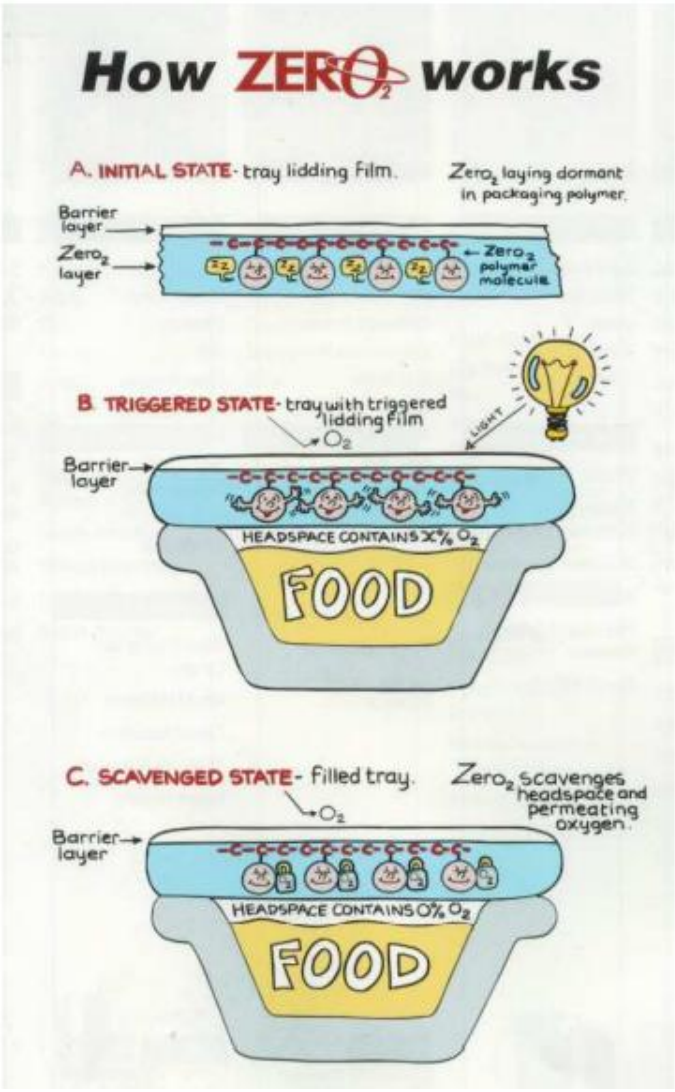
Innym sposobem użycia olejów jako pochłaniaczy tlenu jest umieszczenie ich z metalami przejściowymi, jako katalizatorem oraz nośnikiem, którym może być na przykład węglan wapnia. Taką zestaloną mieszankę można umieścić jako proszek lub granulki w saszetce, która będzie pochłaniała tlen z opakowania [Ahvenainen, 2003].

Wadą pochłaniaczy tlenu na bazie wysokonienasyconych kwasów tłuszczowych jest nieprzyjemny odór, który można wyeliminować dodając neutralizatory [Kozak, 2007].

2.6.5 Pochłaniacze tlenu $ZerO_2$®

$ZerO_2$® to nowoczesny system wykorzystywany do długotrwałego przechowywania opracowany przez Food Science Australia. $ZerO_2$® zawiera związek organiczny, który został włączony do polimeru, do stosowania jako warstwy w folii opakowaniowej laminatu. Co ważne, można go dodawać do wszelkich materiałów opakowaniowych z tworzyw sztucznych, a zatem nadawać dowolny kształt. Technologia ta usuwa tlen z otoczenia, który dostał się do wnętrza opakowania zarówno podczas procesu pakowania, jak i również podczas przechowywania [Tamang i Kailasapathy, 2010; N12].

Rysunek 9 przedstawia zasadę działania $ZerO_2$®, który pozostaje „uśpiony" aż do momentu aktywacji. Faza A to stan początkowy, w którym wieczko zostaje pokryte polimerem zawierającym pochłaniacz tlenu, faza B to tryb wyzwolenia, gdzie światło wzbudza folię wierzchnią, natomiast faza C to stan oczyszczania, gdzie wieczko pokryte polimerem rozpoczyna proces wiązania tlenu zarówno tego obecnego wewnątrz opakowania, jak i tego przenikającego przez ścianki opakowania [Tamang i Kailasapathy, 2010].



Rys. 9 Zasada działania ZerO₂® [Miller, 2003]

Na kompozycję tego typu laminatu składa się HIPS/warstwa/EVOH/warstwa/PE. Polistyren wysoko udarowy HIPS oraz polietylen zapewniają barierę przed wilgocią, natomiast alkohol etylowinylowy zapewnia barierę gazową. Badania przeprowadzone na jogurtach sugerują, że zastosowanie opakowań wykorzystujących ZerO₂®, zapewniają najbardziej sprzyjające warunki dla przeżycia bakterii probiotycznych oraz zapewniają konsumentom produkt o zwiększonych korzyściach zdrowotnych [Miller i in., 2002].

Ewolucja polimerów ZerO₂® ukierunkowana jest na opakowania o szkło-podobnych właściwościach, ponieważ reakcja utleniania może być wtedy zahamowana praktycznie całkowicie. W przyszłości opakowania te mogą wypierać tradycyjne opakowania szklane czy metalowe [Butler, 2008].

2.6.6 Pochłaniacze polimerowe

Polimery stosowane są przy pakowaniu różnego rodzaju artykułów żywnościowych, farmaceutyków, a także elektroniki. Mają one za zadanie chronić produkty przed uszkodzeniami mechanicznymi w czasie transportu, składowania i przechowywania, lecz powinny także hamować przenikanie czynników zewnętrznych. Odpowiednio dobrane polimery są barierą dla gazów przenikających przez opakowanie. Przykładem jest tutaj politereftalan etylenu (PET), który dzięki swoim właściwościom mechanicznym i niewielkiej przepuszczalności tlenu często stosowany jest jako opakowanie napojów. Nie nadaje się on jednak do wykorzystania dla produktów bardziej wrażliwych na tlen. W tym przypadku barierowość PET dla tlenu może nie być wystarczająca [Ferrari i in., 2009; N12].

Innym rozwiązaniem jest użycie łatwo utleniających się polimerów jako pochłaniaczy tlenu. Powszechnie stosowane pochłaniacze tlenu nie zawsze spełniają wymagania wytrzymałościowe, dlatego też rozprasza się je w innych polimerach, gdzie stanowią część struktury, na przykład PET. Związki pochłaniające tlen to najczęściej cząstki utlenianego polimeru organicznego, który zawiera grupy allilowe. Mogą być to polimery bądź kopolimery. Aktywny charakter utlenianych polimerów uzyskuje się przez dodanie katalizatora, czyli związków metali przejściowych, na przykład chlorku kobaltu (II). W celu kontroli szybkości procesu utleniania wykorzystuje się światłoczułe związki [Ferrari i in., 2009, N12].

W zgłoszeniu patentowym PCT o nr WO 98/12244, dokonanym w imieniu twórców Cahill i in. i przypisanym firmie Amoco Corporation ujawniono kompozycję zmiatającą wolne rodniki tlenu, w której krytycznym utlenialnym polimerem organicznym jest polibutadien, zaś katalizatorem utlenianego polimeru organicznego są sole z metalem przejściowym lub inne związki. W zgłoszeniu tym ujawniono przydatność takiej kompozycji w postaci mieszanki z polimerami do stosowania w foliach i pojemnikach do pakowania, w przemyśle związanym z wytwarzaniem produktów żywnościowych i napojów. Patent EPI1778791 informuje, że polimery łatwo się utleniające można stosować jako wewnętrzną warstwę wielowarstwowej folii, termoformowanych tacek czy też pojemników wytwarzanych metodą rozdmuchu [P3]. W przypadku barwionych wyrobów wielowarstwowych nie zachodzi reakcja pomiędzy katalizatorem a barwnikiem, natomiast przy materiałach jednowarstwowych ulegają one zmniejszaniu. Kluczowe jest dobranie odpowiedniego barwnika do stosowanego katalizatora,

ponieważ niektóre barwniki powodują dezaktywację metali przejściowych [Gaikwad, Singh i Lee, 2018].

Dodatki w komponentach nie są wymagane, możliwe jest jednak ich zastosowanie. Do najpowszechniejszych można zaliczyć:

- Modyfikatory wypełniacza,
- Przeciwutleniacze,
- Antystatyki,
- Środki porotwórcze,
- Środki uniepalniające,
- Zmiękczacze,
- Modyfikatory udarności,
- Środki stabilizujące nagrzewanie i promieniowanie (UV i widzialne),
- Środki smarowe lub poślizgowe.

Dodatki te muszę być odpowiednio dobrane, aby nie kolidowały z działaniem stosowanego katalizatora.

W przypadku zastosowania polimerowych adsorberów tlenu, powstaje możliwość wykorzystania światłoczułych barwników, które inicjują proces pochłaniania tlenu. Barwniki te wprowadzone do folii z tworzywa sztucznego, pełnią rolę aktywatora procesu adsorpcji. W momencie naświetlenia folii promieniowaniem ultrafioletowym (UV), barwnik aktywuje cząsteczki tlenu O_2 do stanu singletowego, a to z kolei powoduje znaczne przyspieszenie procesu usuwania tlenu z atmosfery produktu. Schemat zachodzącej w tym przypadku reakcji przedstawiono poniżej:

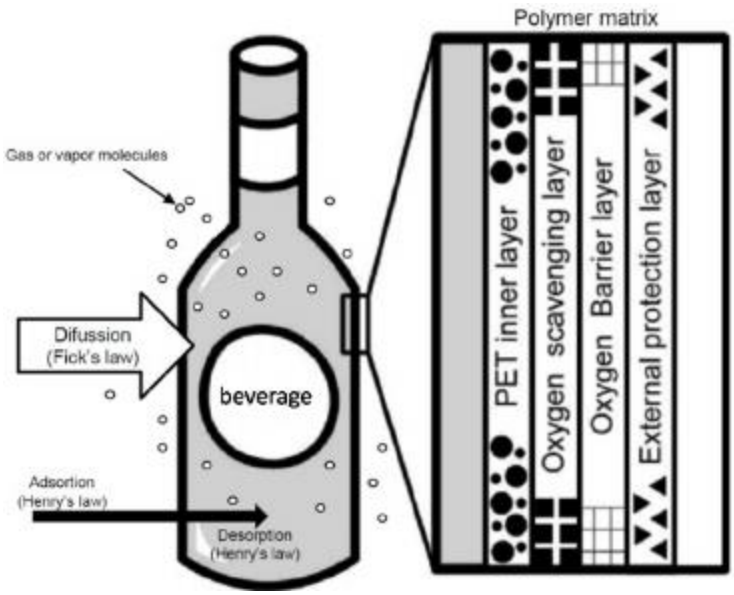
Foton + barwnik = barwnik*

Barwnik* + O_2 = barwnik + O_2*

O_2* + akceptor = akceptor utleniony

Gdzie „*” oznacza stan wzbudzenia [Cruz, Camilloto i Santos Pires, 2012].

Zasadę konstrukcji opakowania z polimerowym pochłaniaczem tlenu przedstawia poniższy rysunek 10.



Rys. 10 Schemat ogólnego mechanizmu przenikania gazu przez wielowarstwowy system pakowania napojów zawierający pochłaniacz tlenu [N40].

Opisana metoda adsorpcji tlenu daje pozytywne rezultaty zarówno w środowisku wodnym jak i bezwodnym, dlatego może zostać zastosowana do różnych rodzajów produktów, bez obaw o pogorszenie ich jakości. Jednakże największym atutem takiego pochłaniacza tlenu, jest możliwość zainicjowania działania w dogodnym momencie, np. w momencie zapakowania produktu. Pochłaniacze polimerowe zostały opracowane przez kilka firm, m.in.: Chevron Philips Chemical Company, Mitsubishi Chemical Gas Company, Sealed Air Corporation, W.R Grace [Kozak, 2007]. Firma Sealed Air Corporation USA stworzyła wielowarstwowy laminat o nazwie handlowej Cryovac® 0S2000™, posiadający zdolność do adsorpcji tlenu. Pochłaniacz tlenu wchodzący w jest skład jest aktywowany promieniowaniem UV, a jego skuteczność działania jest porównywalna ze skutecznością pochłaniaczy tlenu w saszetkach [Butler, 2002].

2.6.7 Przeciwutleniacze na bazie antyoksydantów

Obniżenie zawartości witamin oraz walorów sensorycznych może być wynikiem procesów oksydacyjnych, które zachodzą podczas przechowywania artykułów. Przeciwutleniacze zwane też antyoksydantami, to substancje, które wydłużają trwałość produktów oraz pomagają

zachować ich odpowiednią jakość. Antyoksydanty są związkami pożądanymi w żywności i często też można je znaleźć na przykład w warzywach i owocach (flawonoidy, polifenole, karotenoidy, glutationy), olejach roślinnych (tokoferole) czy też w postaci jonów metali przejściowych (mangan – Mn, cynku – Zn, selenu – Se). Istnieją jednak inne związki, które są sztucznie dodawane do żywności. Zalicza się do nich między innymi:

- E270 – kwas mlekowy (regulator kwasowości),
- E330 – kwas cytrynowy (regulator kwasowości i stabilizator),
- E300 – kwas askorbinowy (witamina C, substancja klarująca, regulator kwasowości i stabilizator),
- E301 – askorbinian sodu (regulator kwasowości i stabilizator),
- E304 – estry kwasów tłuszczowych i kwasu askorbinowego (stabilizatory),
- E306 – mieszanina tokoferoli,
- E320 – butylohydroksyanizol (BHA) dodawany do tłuszczów, suszu ziemniaczanego, gum do żucia.

Skuteczność antyoksydantów polega na ich reakcji z substratami oksydacji tworząc przy tym mało aktywne rodniki, które hamują tworzenie kwasów czy związków organicznych. Jednakże ich zastosowanie w przemyśle spożywczym, nie wpisuje się w coraz szerszy trend clean label (ang. czysta etykieta), który dąży do ograniczania dodatków i środków konserwujących. Tendencja ta jest odpowiedzą na rosnące zapotrzebowanie konsumentów na wysoką jakość oraz krótki i przejrzysty skład produktów. Natomiast właściwości przeciwutleniaczy wykorzystane zostały również w przemyśle opakowaniowym. Opakowania te wyzwalają odpowiednią ilość antyutleniaczy, co spowalnia psucie produktów (na przykład: oksydację tłuszczów). Takie opakowania wykluczają konieczność dodawania przeciwutleniaczy bezpośrednio do żywności [Bartosz, 2008; Balasubramanian, 2009; N6].

2.6.8 Nowe rozwiązania w zakresie pochłaniaczy tlenu

Na rynku pojawiają się także nowe produkty, które w sposób kompleksowy pozwalają zabezpieczyć produkt zarówno przed tlenem, jak i przed wilgocią. Do najnowszych rozwiązań z tego zakresu należy zaklasyfikować produkt o nazwie PharmaKeep® oferowany przez Mitsubishi Gaz Chemical Company. Ma on formę saszetki bądź małego pojemnika i jest dedykowany do ochrony leków oraz suplementów diety. Podobną charakterystykę posiada

także produkt o nazwie RP System®, który przeznaczony jest do produktów wrażliwych na wilgoć oraz tlen, które są transportowane w szczególności drogą morską. Na rynku dostępny jest także nowych pochłaniacz tlenu Oxy-Guard™, który jest oferowany przez firmę Clariant i jest dostępny w formie saszetek. Jego główne przeznaczenie to ochrona żywności wygodnej, karmy i produktów dla zwierząt oraz kawy i herbaty. Innowacyjnym rozwiązaniem dostępnym od niedawna na rynku jest produkt koncernu CRP Technologies, Inc. o handlowej nazwie Activ-Blister™. Jest to produkt oparty na żelu krzemionkowym oraz sitach molekularnych przeznaczony do pakowania produktów farmaceutycznych oraz suplementów diety. Posiada formę cienkich pasków, które umieszcza się wewnątrz każdej pojedynczej komory blistra leku czy suplementu, co umożliwia ochronę przed tlenem oraz wilgocią każdej kapsułki produktu farmaceutycznego. Schemat umieszczenia pochłaniacza tlenu i wilgoci Activ-Blister™ przedstawia poniższy rysunek 11 [Ankiel, Wojciechowska i Wiszumirska, 2021].

Rys. 11 Pochłaniacz tlenu i wilgoci Activ-Blister™ [N39]

Niewątpliwie pochłaniaczem nowej generacji można nazwać także folie z polialkoholu winylowego (PVA) zawierające, wyekstrahowany z wodorostów, nanokryształ celulozy (CNC) oraz ekstrakt z liści bazylii (BE). W toku prowadzonych badań przeanalizowano ich właściwości fizyczne oraz aktywność przeciwdrobnoustrojową i przeciwutleniającą. Dodatek 5% CNC do PVA poprawił wytrzymałość na rozciąganie i przepuszczalność pary wodnej. Dodanie BE do folii zwiększyło aktywność przeciwutleniającą i właściwości przeciwdrobnoustrojowe folii [Gaikwad, Singh i Lee, 2017].

Jak dowiadujemy się z przedstawionej charakterystyki pochłaniaczy tlenu dostępnych na rynku, zdecydowana większość z nich posiada istotne ograniczenia w zastosowaniu. Pochłaniacze te wymagają zastosowania katalizatora reakcji utleniania. Część z nich charakteryzuje się nieprzyjemnym zapachem, co ogranicza znacząco możliwości zastosowania m.in. w przemyśle spożywczym czy kosmetycznym. Niektóre wykazują niską skuteczność w warunkach chłodniczych i wymagają szczególnych, często trudnych do zapewnienia, warunków przechowywania. Występują także ograniczenia formy zaimplementowania w opakowaniu z produktem i często forma saszetki jest jedyną możliwością w tym zakresie. Wiele z tych aspektów stanowi poważne komplikacje w wykorzystaniu pochłaniaczy. Istnieje zatem nisza do zagospodarowania w tym zakresie. Rozwiązanie technologiczne, które niwelowałoby większość z powyższych ograniczeń, ma duże szanse na komercjalizację, a nawet zastąpienie dotychczasowych pochłaniaczy tlenu obecnych na rynku.

2.6.9 Pochłaniacze tlenu jako metoda ograniczania strat żywności oraz alternatywa dla chemicznej konserwacji żywności

Codziennie na całym świecie marnowana jest żywność. Produkty spożywcze, którym upłynął termin przydatności do spożycia nie mogą być już sprzedawane i wykorzystywane kulinarnie, jednakże często produkty te nadają się jeszcze do spożycia. Jednym ze sposobów zabezpieczania żywności przed zepsuciem może być zastosowanie pochłaniaczy tlenu. Unia Europejska postawiła sobie za cel ograniczenie zjawiska marnowania żywności o połowę do 2025 r. Działania te mają przynieść dwojaki skutek. Z jednej strony, w obliczu głodu ludzi na świecie, zadaniem jest racjonalizacja gospodarowania żywnością wśród konsumentów, a z drugiej – ograniczenie wytwarzania odpadów żywnościowych. Zestawienia Głównego Urzędu Statystycznego podają, iż rocznie w Polsce marnuje się niemalże 9 mln ton żywności. Jak wynika z badań Federacji Polskich Banków Żywności, aż 30% Polaków przyznaje się do marnowania żywności, a aż 70% zrobiło to w ciągu ostatniego miesiąca. Marnowanie żywności to nie tylko problem ekonomiczny i społeczny. Żywność to dobro, którego wyprodukowanie jest wysoce kosztowne dla środowiska. Jej wytwarzanie wiąże się z zużyciem konkretnych zasobów – wody, powietrza, energii oraz surowców i produktów, a także z powstawaniem odpadów, ścieków, emisją zanieczyszczeń do powietrza itp. Dopiero kompleksowe podejście do cyklu życia wytworów spożywczych odzwierciedla ich rzeczywisty wpływ ekonomiczny i

środowiskowy. Kolejne etapy cyklu życia żywności, takie jak pakowanie, dystrybucja, przechowywanie czy unieszkodliwianie, również wymagają użycia zasobów – energii i paliwa, wody i ziemi, co przyczynia się do emisji gazów cieplarnianych i pośrednio do zmian klimatu. Zatem unikanie wytwarzania odpadów żywnościowych może spowodować zmniejszenie obciążeń dla środowiska.

Przyczyny tak ogromnej skali zjawiska marnowania żywności wynikają zarówno z zachowań konsumentów, którzy kuszeni przez sieci handlowe kupują zdecydowanie więcej niż potrzebują, a także z działań producentów oraz dystrybutorów, gdyż często powstawanie odpadów żywnościowych jest skutkiem niewłaściwego pakowania i przechowywania. Wyniki badań ankietowych przeprowadzonych przez Instytut MillwardBrown SMG/KRC na zlecenie Federacji Polskich Banków Żywności [Raport „Nie marnuj jedzenia 2018”] na temat powodów wyrzucania żywności tylko to potwierdzają. Ankietowani byli proszeni o wskazanie nie więcej niż dwóch najczęstszych przyczyn wyrzucania żywności. Ponad połowa z nich (51%) wskazała przekroczenie terminu ważności do spożycia. Niemal jedna trzecia jako powód podała nieprawidłowe przechowywanie. Pozostałe przyczyny wyrzucania to zakup złych jakościowo produktów, przygotowywanie za dużych porcji oraz po prostu nadmierne kupowanie. Z przeprowadzonych badań wynika, iż konsumenci oraz producenci i dystrybutorzy obarczani są winą za taki stan rzeczy niemalże po połowie. W raporcie pn. „Marnowanie żywności w Polsce i Europie (2012)” , opublikowanym przez Federację Polskich Banków Żywności, wskazuje się, iż to właśnie konsumenci powinni podejmować różnorodne działania mające na celu ograniczenie zjawiska marnowania żywności. Nic natomiast nie wspomina się o inicjatywach, jakie mogliby podjąć producenci żywności i jej dystrybutorzy w celu poprawy obecnego stanu rzeczy, a mają oni ku temu możliwości, np. stosowanie odpowiednich opakowań zabezpieczających żywność przed zepsuciem.

Bezpośrednią przyczyną większości niekorzystnych procesów w produktach spożywczych są mikroorganizmy, ale obecność tlenu również przyczynia się do obniżenia jakości. Nawet nieznaczna ilość tego pierwiastka w opakowaniu produktów żywnościowych może skutkować zmianą cech sensorycznych oraz odżywczych. Objawiać się to może różnicami w smaku, zapachu czy utlenianiu witamin. Tlen w atmosferze pakowania żywności jest uznawany za bardzo niepożądany składnik. Producenci żywności mają do wyboru różne sposoby zabezpieczenia produktu spożywczego przed niekorzystnym działaniem tlenu np. dodatki konserwujące, pakowanie w atmosferze gazów obojętnych, pakowanie próżniowe, a także

pochłaniacze tlenu. Większość z tych metod jest dobrze znana. Nowością na polskim rynku cały czas są pochłaniacze tlenu, choć z powodzeniem od wielu lat stosuje się je w Europie Zachodniej, USA oraz Japonii. Są one zaliczane do opakowań aktywnych, gdyż powodują modyfikację atmosfery wewnątrz opakowania poprzez usuwanie tlenu, co zapewnia utrzymanie warunków beztlenowych. Podstawą ich działania jest substancja aktywna, adsorbująca tlen z otoczenia np. metaliczne żelazo, enzymy bądź polimery. Jednak wykorzystywane w handlu pochłaniacze tlenu, oparte na sproszkowanym żelazie, aby były aktywne, wymagają katalizatora lub obecności wilgoci [Cruz, Camilloto i Santos Pires, 2012]. Tymczasem na niektóre produkty wilgoć wpływa negatywnie np. powodując utratę chrupkości czy zmianę tekstury.

Rozwiązaniem niekorzystnego wpływu tlenu na produkt spożywczy może być pochłaniacz tlenu. Jego zastosowanie umożliwia osiągnięcie i utrzymanie warunków niemal beztlenowych w opakowaniu, a tym samym przyczynia się do przedłużenia jakości i trwałości żywności. Dzięki niemu nie spożyjemy też innych niekorzystnych substancji, ponieważ dodatkową zaletą zastosowania pochłaniacza tlenu jest to, że zastępuje niektóre substancje typu E, dodawane do żywności jako przeciwutleniacze lub antyoksydanty. Obecność tlenu w opakowaniu stanowi kluczowy czynnik ograniczający trwałość zapakowanego produktu [Foltynowicz, 2018]. Dotyczy to jednak nie tylko produktów spożywczych. Pochłaniacz może również znaleźć zastosowanie w pakowaniu produktów farmaceutycznych, kosmetyków, materiałów archiwalnych lub wyrobów elektronicznych, co chroni je przed działaniem tlenu. Trwałość żywności ma ogromne znaczenie ekonomiczne i ekologiczne. Każdy kilogram wyrzuconej żywności powoduje stratę finansową oraz generuje odpady. Co więcej, za ich wywóz i utylizację trzeba będzie także zapłacić, dlatego generuje to podwójny koszt, niezależnie od tego, na czyich barkach będzie on spoczywał. Gdy uwzględnimy surowce zużywane przy wytwarzaniu żywności, które następnie trafiają do pojemników na odpady, koszty ekonomiczne i środowiskowe wyrzucenia każdego kilograma żywności stają się znaczące [N13, N14].

3. Opakowania inteligentne

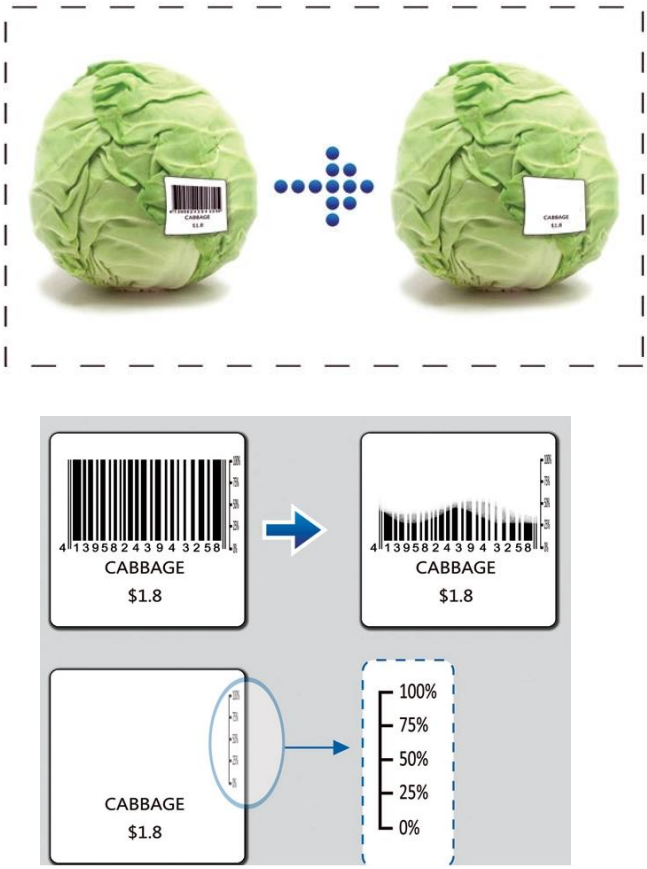
„Potrzeba matką wynalazku" głosi słynne przysłowie. Dobrym przykładem jego zastosowania są inteligentne opakowania, których zadaniem jest nie tylko ochrona produktów, lecz również informowanie klienta o ich stanie jakościowym. Zasada działania tych opakowań opiera się na umieszczeniu specjalnych czujników i wskaźników pomiarowych wewnątrz opakowania. Dzięki odpowiednim właściwościom mogą one przekazać informację na zewnątrz o stanie produktów przechowywanych oraz pozwalają określić czy warunki przechowywania i struktura opakowania nie uległy zmianom, które mogą negatywnie wpłynąć na jakość produktu [Lesiów i Foltynowicz, 2018]. W celu dostarczenia informacji o warunkach przechowywania produktu (temperatura, czas, zawartość gazów) stosuje się odpowiednie wskaźniki diagnostyczne, które dzielą się na:

- Niebezpośrednie:
  - Warunki przechowywania: czas, O_2, CO_2,
  - Wskaźniki temperatury,
  - Wskaźniki czas/temperatura,
  - Wskaźniki przecieków.

- Bezpośrednie:
  - Wzrost mikroorganizmów: związki lotne (kwasy organiczne (pH), etanol, CO2, związki azotu, związki siarkowe), bakterie patogenne, aminy biogenne, toksyczne produkty degradacji ATP, związki aromatyczne [Dainelli, Gontard i Spyropoulos, 2008].

Wskaźniki jakości żywności są nieustannie modyfikowane i ulepszane. Jednymi z innowatorów w tej dziedzinie są Yanko Designs, którzy opracowali wskaźnik przydatności do spożycia z wykorzystaniem kodu kreskowego, który nasączony specjalnymi preparatami blaknie pod wpływem uwalniania związków lotnych. Całkowity zanik kodu kreskowego świadczy o produkcie nienadającym się do spożycia. W praktyce najpowszechniej wykorzystywane są jednak wskaźniki czas/temperatura, czyli wskaźniki TTI (ang. Time Temperature Indicator System). Prawdopodobnie spowodowane jest to faktem relatywnie

wysokich, jednostkowych kosztów produkcji wskaźników, obostrzeń prawnych oraz sporów pomiędzy producentami a dystrybutorami, dotyczących jednoznacznego wykazania uchybień w zachowaniu łańcucha chłodniczego oraz strachu przed przedostaniem się substancji chemicznych, wchodzących w skład systemu wskaźników, do żywności [N7].



Rys. 12 Wskaźnik przydatności do spożycia w formie blaknącego kodu kreskowego [N20]

3.1 Wskaźniki TTI

System TTI (ang. Time Temperature Indicator System) umożliwia obserwację zmian temperatury w czasie, jak również gwarantuje zachowanie świeżości produktów podczas ich chłodniczego łańcucha dystrybucji. TTI to praktyczne narzędzie kontroli produktów spożywczych.

Rys. 13 Praktyczny, wizualny wskaźnik świeżości TTI – etykieta o nazwie OnVu™ (barwa informuje o świeżości) [N21]

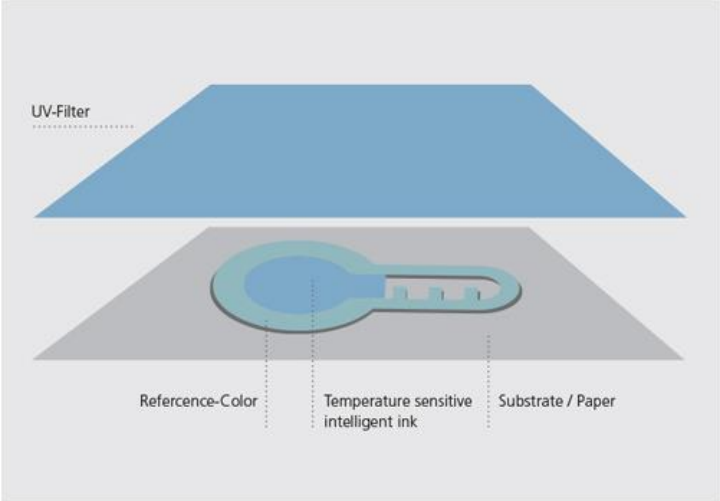
Podstawą większości systemów TTI jest wykorzystanie farby drukarskiej zawierającej barwniki zmieniające stan skupienia pod wpływem zmiany temperatury, wówczas barwa etykiety ulega zmianie z bezbarwnej na niebieską i odwrotnie. Odbarwienie przebiega tym szybciej, im wyższa jest temperatura otoczenia. Intensywność barwy można zmieniać w zależności od natężenia światła UV. Pozwala to na kontrolę okresu odbarwiania etykiety, dzięki czemu później można odtworzyć krzywe psucia się różnych produktów. Wskaźnik TTI powinien być skonstruowany tak, by po upływie przydatności produktu do spożycia, pokazywał, iż przydatność konsumpcyjna została przekroczona oraz produkt nie nadaje się do spożycia. Może to być wynikiem samoistnego psucia się produktów lub też nieodpowiednich warunków ich przechowywania. Zmiana barwy na etykiecie daje informacje o tym, czy dany produkt nadaje się do spożycia bez zastrzeżeń. Etykieta ulega odbarwieniu tym szybciej, im bardziej warunki przechowywania danego produktu odbiegają od idealnych. A więc wskaźnik TTI odzwierciedla stan każdej porcji produktu w sposób indywidualny. Każdy uczestnik łańcucha logistycznego od producenta i dystrybutora po klienta i konsumenta może przekonać się, czy towar, który otrzymuje jest świeży. Z etykiety możemy również odczytać datę i godzinę jej aktywacji oraz wskazane warunki przechowywania danego artykułu spożywczego [Cierpiszewski, 2016]

Atutami wskaźników TTI są:

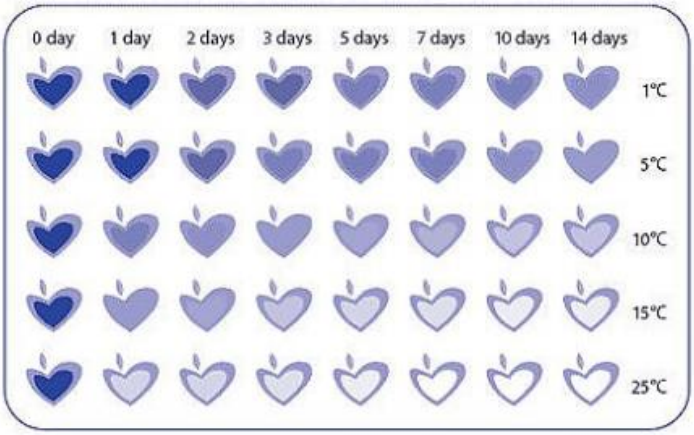
- Niskie koszty wdrożenia (porównując do innych systemów),
- Możliwość monitoringu historii produktu w łańcuchu chłodniczym,
- Prosta integracja w istniejących systemach drukujących,

- Redukcja ryzyka reklamacji,
- Aplikowanie z wyłączeniem bezpośredniego kontaktu z żywnością,
- Bardzo precyzyjna reakcja na niewłaściwe warunki i przechowywanie.

Poniższe rysunki 14 oraz 15 obrazują przykładową konstrukcję etykiety TTI oraz zasadę jej działania. Natomiast na rysunku 16 przedstawiono system indykatorowy temperatury dla łatwo psujących się produktów oferowanych przez firmę FreshPoint Quality Assurance Ltd. Tego rodzaju etykieta pozwala konsumentowi w prosty sposób określić świeżość i przydatność do spożycia produktu spożywczego.



Rys. 14 Budowa etykiety TTI [N22]



Rys. 15 System wskaźnikowy temperatury produktu o nazwie OnVu [N23]

Rys. 16 System indykatorowy temperatury dla łatwo psujących się produktów oferowanych przez firmę FreshPoint Quality Assurance Ltd. [N24]

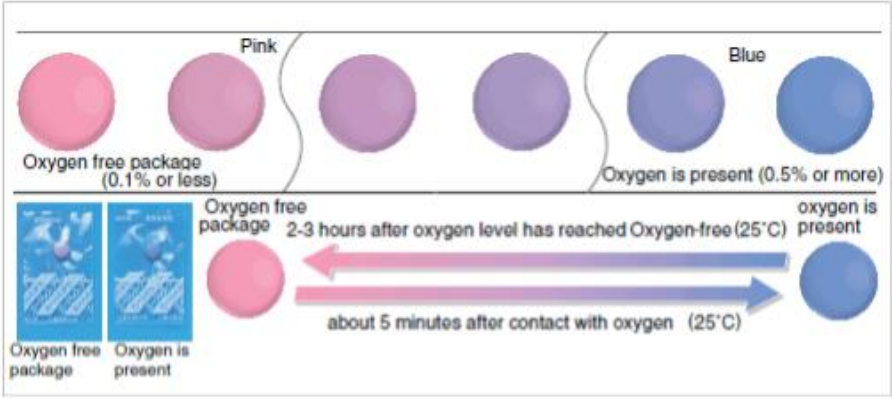
3.2 Wskaźniki obecności gazów

Podczas przechowywania produktów żywnościowych następuje zmiana atmosfery wewnątrz opakowania. Powodem jest proces oddychania produktów. Utrudnia to ich przechowywanie, dlatego pomocne jest wykorzystanie wskaźników obecności gazów, które monitorują kompozycję gazów wewnątrz opakowania. Reakcja utleniania wewnątrz powoduje zmianę barwy wskaźnika, dzięki czemu dostajemy informację na zewnątrz. Im więcej gazów w środku opakowania, tym szybciej nastąpi zmiana barwy. Najpopularniejszym wskaźnikiem tego typu, jest indykator tlenu, gazu który po dostaniu się do środka i kontakcie z produktem, znacznie przyspiesza psucie artykułów żywnościowych.

Ze względu na mechanizm działania wskaźniki tlenu dzielą się na:

- Wskaźniki bazujące na zmiennych właściwościach fizykochemicznych atmosfery wewnątrz opakowania,
- Wskaźniki bazujące na reakcjach utleniania i redukcji,
- Wskaźniki bazujące na reakcjach kompleksowania,
- Wskaźniki bazujące na luminescencji [Cierpiszewski i Kozak, 2010a; Cierpiszewski i Kozak, 2010b].

Poniższy rysunek 17 przedstawia wizualny wskaźnik ilości tlenu w opakowaniu Ageless Eye® oraz zasadę jego działania. Wskaźnik jest koloru różowego jeżeli w opakowaniu znajduje się mniej niż 0,1% tlenu – są to warunki niemalże beztlenowe. W miarę wzrostu obecności tlenu w opakowaniu, kolor wskaźnika z różowego przechodzi w fioletowy. Natomiast w przypadku obecności tlenu większej niż 0,5% wskaźnik przybiera kolor niebieski.



Rys. 17 Ageless Eye® - optyczny wskaźnik ilości tlenu w opakowaniu [N25]

Zaprezentowany rozdział przedstawia szerokie spektrum dostępnych rozwiązań z zakresu opakowań inteligentnych i aktywnych. Dostarczają one cennych informacji o przechowywanym produkcie, bądź wpływają na utrzymanie jego pożądanych cen odżywczych i sensorycznych. W niektórych przypadkach wpływają także na bezpieczeństwo wyrobu. Właściwy dobór rozwiązania technologicznego z tej dziedziny pozwala na uzyskanie oczekiwanych rezultatów. Zalety i możliwości tych rozwiązań zostały opisane przy każdym z nich, a za podstawową wadę należy przyjąć zwiększony koszt zastosowania takiego rozwiązania w opakowaniu z produktem. Jest to zarówno koszt pojedynczej innowacji zastosowanej w produkcie, jak i koszt parku maszynowego umożliwiającego zastosowanie rozwiązania.

4. Zagadnienia teoretyczne procesu komercjalizacji

Podstawowym celem komercjalizacji jest transfer wyników badań lub określonej technologii na rynek. Pojęcie komercjalizacji pochodzi od angielskiego słowa „commerce" oznaczającego handel lub wymianę handlową. Komercjalizacja może być także określana jako działania związane z budowaniem modelu biznesowego technologii czy spowodowaniem, że przedmiot komercjalizacji zyskuje potencjalną wartość i zdolność do przynoszenia zysku [Bagiński i in., 2008]. Przytaczane pojęcia komercjalizacji jakie są opisywane w literaturze to między innymi:

- urynkowienie innowacji wewnątrz gospodarek, sektorów przemysłu [Dosi, Llerena i Labini, 2006],
- kształtowanie wartości dodanej dla idei, wyników badań, technologii i nowego produktu [Rajan, 2002],
- całokształt działań mający na celu przeniesienie wiedzy z laboratorium na rynek [Kluczek, 2011].

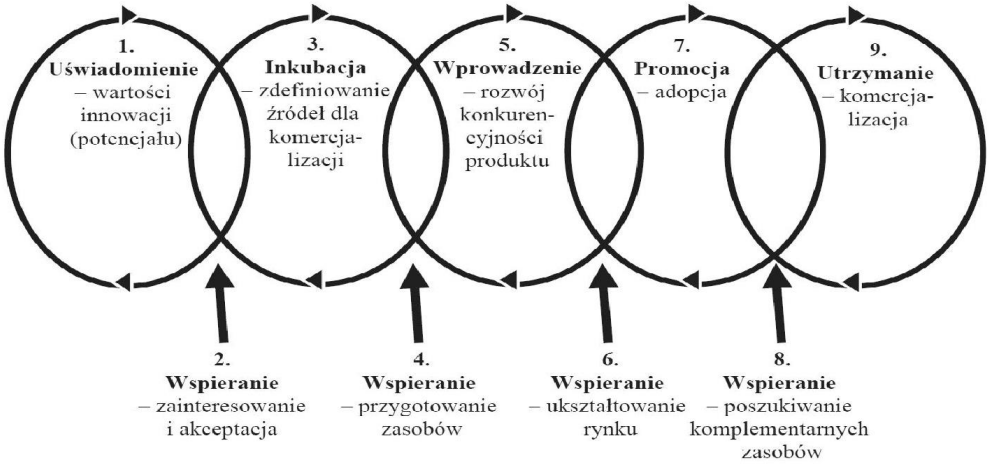
Literatura opisuje różne modele procesu komercjalizacji, które zostaną pokrótce opisane w dalszej części pracy. Jednakże, niezależnie od wyboru modelu, można wyróżnić kilka podstawowych etapów tego procesu:

- badania - wyszukiwanie nowych pomysłów, wyrobów, informacji,
- rozwój - doskonalenie istniejących w danym momencie, pomysłów, wyrobów informacji,
- projektowanie – nadanie odpowiedniej postaci do wykorzystania podczas użytkowania lub wytwarzania,
- wdrażanie - wprowadzenie produktu na rynek, czyli innymi słowy komercjalizacja [Sojkin, 2012].

Poniżej krótko zostanie scharakteryzowane kilka najbardziej popularnych modeli komercjalizacji:

Model Jolly'ego

Komercjalizacja z wykorzystaniem Modelu Jolly'ego proponuje segmentacyjne podejście do tego procesu i wyszczególnia poniższe etapy, takie jak rozwój technologii, określenie zainteresowania rynku, przygotowanie technologii do wejścia na rynek oraz zgromadzenie niezbędnych zasobów dla rozwoju i utrzymania technologii na rynku [Jolly, 1997; Sankowski i Rutkowski, 2014].



Rys. 18 Model procesu komercjalizacji według Jolly'ego [Sankowski i Rutkowski, 2014]

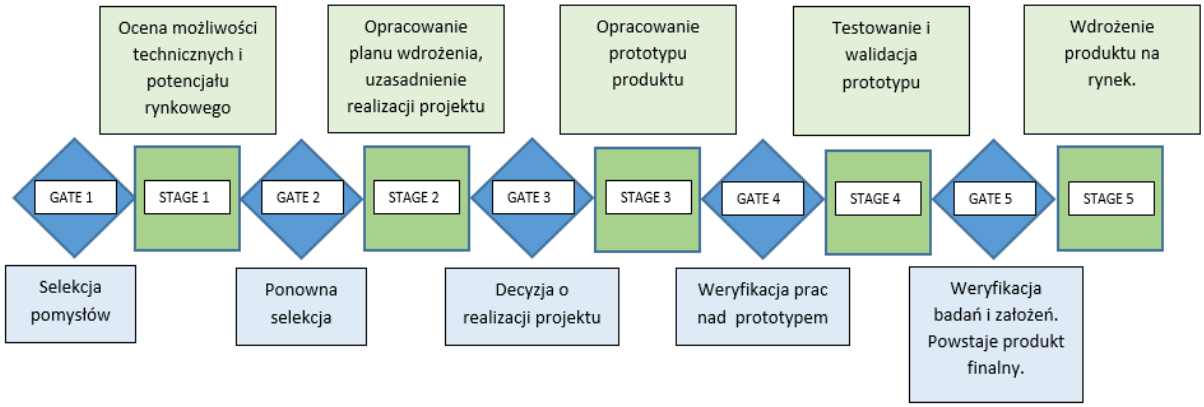
Poszczególne etapy procesu komercjalizacji w modelu Jolly'ego są opisywane następująco:

- Uświadomienie – określenie pomysłu, idei produktu, a także opracowanie możliwości technicznych oraz paramentów wyrobu czy technologii,
- Inkubacja – doprecyzowanie potencjału komercjalizacyjnego, stworzenie biznesplanu, zapewnienie środków finansowych,
- Demonstracja – przygotowanie ostatecznej wersji produktu wprowadzanego na rynek oraz doprecyzowanie i zorganizowanie procesu produkcji,
- Promocja – zaprezentowanie wyrobu czy technologii potencjalnym nabywcom oraz poznanie ich opinii, a także zorganizowanie sieci dystrybucji,
- Utrzymanie – utrzymanie wyrobu na rynku i zapewnienie źródeł finansowania, ekspansja i dalszy rozwój produktu.

Cały powyższy proces jest wspierany z zewnątrz przez tzw. pomosty, które umożliwiają przejście pomiędzy kolejnymi etapami i pełnią role łączników. Są to obszary wymagające wsparcia interesariuszy oraz zasilenia w wymagane zasoby [Kaczmarska, Bochnia i Gierulski, 2015].

Model stage-gate

Metoda zwana także modelem Coopera, to konstrukcja procesu rozwoju i komercjalizacji innowacji produktowych czy technologicznych, w którym poszczególne etapy procesu (stages z ang. fazy) rozdzielone są punktami decyzyjnymi (gates z ang. bramki). Poniższy schemat obrazuje proces przebiegu komercjalizacji produktu z wykorzystaniem tego modelu.



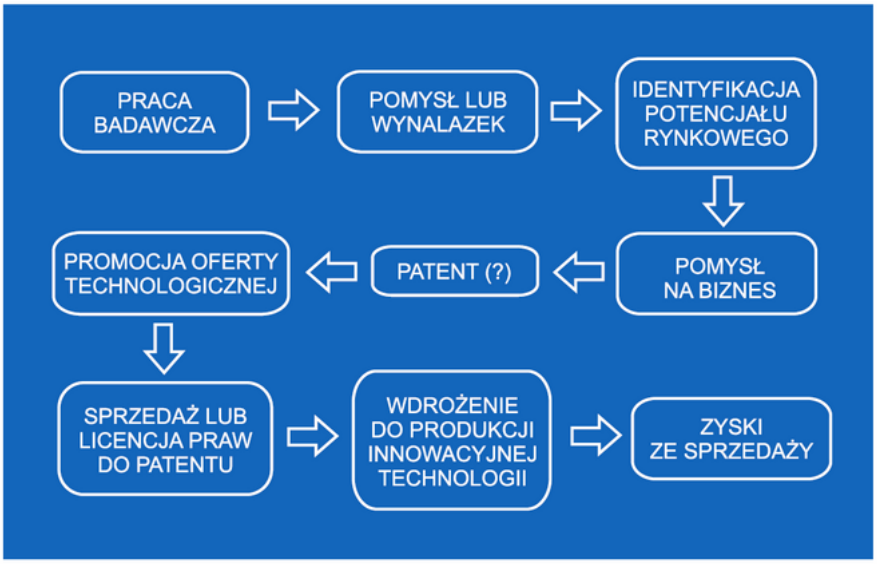
Rys. 19 Schemat przebiegu procesu komercjalizacji według modelu Stage-Gate [opracowanie własne na podstawie modelu prof. Coopera; Cooper i Kleinschmidt, 2001]

Na początku pomysły dotyczące nowych produktów czy technologii są poddawane wstępnej selekcji (Gate 1). Następnie pomysły są oceniane są pod względem swojego potencjału rynkowego oraz możliwości technicznych wykonania (Stage 1). Kolejnym etapem jest powtórna selekcja pomysłów i idei (Gate 2). Następnie przychodzi moment na uzasadnienie potrzeby realizacji danego projektu oraz opracowanie planu jego wdrożenia, a także określenie szczegółowych wymagań wyrobu (Stage 2). Po takim przygotowaniu przychodzi moment na kluczową decyzję dotyczącą realizacji przedsięwzięcia (Gate 3). Pozytywna decyzja na tym etapie wiąże się z dużymi nakładami na prace badawczo rozwojowe dotyczące prototypu produktu czy technologii (Stage 3). Równolegle powinny być również

rozwijane założenia dotyczące jego produkcji i dystrybucji. Następnym punktem decyzyjnym jest weryfikacja wyników prac nad prototypem (Gate 4), który jest następnie testowany i walidowany (Stage 4). Prototyp po takiej weryfikacji badań i założeń staje się już produktem gotowym (Gate 5). Pozytywne przejście tego punktu kontrolnego zakłada, że dotychczasowe założenia dotyczące produktu zostały poprawnie określone i są spełnione. Przychodzi kolej na wdrożenie produktu na rynek (Stage 5), a także na promocję i rozwój dystrybucji [Cooper i Kleinschmidt, 2001].

Korzyści, jakie przedsiębiorstwo może osiągnąć z tytułu zastosowania koncepcji stage-gate dotyczą przede wszystkim zwiększenia prawdopodobieństwa sukcesu produktu na rynku, zminimalizowanie błędów i strat powstałych w wyniku błędnych decyzji czy braku odpowiedniego przygotowania, skrócenie samego procesu komercjalizacji, a także lepsze wykorzystanie dostępnych zasobów [Kalinowski, 2010].

Cel postawiony w niniejszej rozprawie to określenie wyznaczników gotowości nowych pochłaniaczy tlenu do procesu komercjalizacji na rynku polskim. Za najbardziej odpowiedni model komercjalizacji, w obliczu charakterystyki innowacji produktowo-technologicznej jaką jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, wybrano model przedstawiany przez Centrum Innowacji Transferu Technologii i Rozwoju Uniwersytetu Jagiellońskiego [Czarnik, 2009]. W tym modelu proces komercjalizacji przebiega tak, jak prezentuje poniższy schemat:



Rys. 20 Schemat przebiegu procesu komercjalizacji [Czarnik, 2009]

Powyższy model zakłada realizację określonych etapów w procesie komercjalizacji:

1. Prace badawcze
2. Stworzenie pomysłu lub wynalazku
3. Identyfikacja potencjału rynkowego
4. Pomysł na biznes
5. Patent
6. Promocja oferty technologicznej
7. Sprzedaż lub licencja praw do patentu
8. Wdrożenie do produkcji innowacji technologicznej
9. Zyski ze sprzedaży

Wspomniane w celu pracy wyznaczniki gotowości nowych pochłaniaczy tlenu do procesu komercjalizacji na rynku polskim, to powyższe punkty modelu komercjalizacji. Ich określenie umożliwia przyporządkowanie i opisanie działań, jakie zostały już przeprowadzone, oraz jakie są jeszcze do wykonania, aby móc przeprowadzić proces komercjalizacji.

W przypadku pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, punkt 1 dotyczący prac badawczych, został zakończony wiele lat temu. Twórcy pochłaniacza przeanalizowali różne warianty samego wynalazku, ze szczególnym uwzględnieniem doboru odpowiedniej matrycy, a sam prototyp został przetestowany w środowisku produkcyjnym.

Prace badawcze umożliwiły stworzenie wynalazku, jakim jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, i tym samym zrealizować założenia punktu 2 obranego modelu komercjalizacji. Szczegółowa charakterystyka pochłaniacza, została opisana w rozdziale 5.2 Charakterystyka obiektu badań – pochłaniacz na bazie zerowartościowego żelaza ZEVIFOS. Co więcej pochłaniacz tlenu ZEVIFOS posiada zadowalające charakterystyki, które zostały zbadane i omówione w rozdziale 6.2 Wyniki badania charakterystyk pochłaniacza tlenu ZEVIFOS.

Punktem 3 jest identyfikacja potencjału rynkowego, który do tej pory nie został określony. Wstępem do oszacowania potencjału rynkowego, była analiza aktywności patentowej pochłaniaczy tlenu. Aspekt ten został omówiony w punkcie 5.5 Metodyka badania gotowości do komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS [Cierpiszewski i inni, 2017; Cierpiszewski, R., Olszewska, J., Foltynowicz, Z., 2017; Cierpiszewski, R., Olszewska, J., Foltynowicz, Z., 2018; Olszewska, J., Kozak, W., Foltynowicz, Z., 2019]. Ten aspekt został rozbudowany za pomocą

przeprowadzonych badań konsumenckich i jest częścią badawczą niniejszej pracy, a opisany został w rozdziale 6.1 Wyniki badania konsumenckiego dotyczącego postrzegania pochłaniaczy tlenu.

W punkcie 4 wskazywana jest koncepcja pomysłu na biznes, czyli innymi słowy dobór metody komercjalizacji. Aspekt ten nie był do tej pory przedmiotem rozważań, zatem możliwe ścieżki komercjalizacji zostały opisane w dalszej części pracy, wraz z rekomendacją doboru odpowiedniego scenariusza, w rozdziale 6.5 Opracowanie możliwych scenariuszy komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS.

Punkt 5 wskazuje na etap ochrony patentowej. Nie w każdej innowacji jest to etap konieczny. Jednakże w przypadku pochłaniacza tlenu ZEVIFOS był niewątpliwie działaniem koniecznym. Stąd też decyzja twórców o objęciu ochroną patentową tego wynalazku. Szczegółowy wykaz patentów dotyczących pochłaniacza tlenu ZEVIFOS został wyszczególniony w rozdziale 5.2– pochłaniacz na bazie zerowartościowego żelaza ZEVIFOS.

Punkt 6 dotyczy promocji oferty technologicznej komercjalizowanej innowacji. Promocja pochłaniacza tlenu ZEVIFOS miała miejsce na licznych targach (m.in. Taropak, Polagra oraz Packaging Innovations), a także konferencjach naukowych krajowych i zagranicznych [Foltynowicz, Kozak, 2014; Sängerlaub i in., 2015; Foltynowicz, 2017, Zakopane; Foltynowicz, 2017, Dublin; Olszewska, Kozak, Foltynowicz, 2019; Foltynowicz, 2020; Foltynowicz, Ashutosh, 2020]. Prowadzone były także prezentacje produktu w kilku firmach, potencjalnie zainteresowanych technologią. Skutkiem takich działań były badania przeprowadzane w Zakładach Tłuszczowych w Kruszwicy, dotyczące możliwości ochrony oleju rzepakowego przed wzrostem liczby nadtlenkowej w wyniku utleniania oleju.

Kolejny punkt 7, dotyczący sprzedaży lub licencja praw do patentu, wymaga znajomości wartości technologii. Konieczna zatem jest wycena, która znajduje się w rozdziale 6.4 Wyniki wyceny pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, natomiast metodyka wyceny została opisana w rozdziale 5.6 Metodyka wyceny pochłaniacza tlenu ZEVIFOS.

Punkt 8, dotyczący wdrożenia do produkcji innowacji technologicznej, oraz punkt 9, dotyczący zysków ze sprzedaży, są etapami, które dopiero nastąpią. Szacunkowe zyski są elementem samej wyceny technologii. Jednakże są one wypadkową obranego scenariusza komercjalizacji oraz wielu czynników pobocznych np. rynkowych, czy organizacyjnych.

Na podstawie określenia powyższych wyznaczników gotowości nowych pochłaniaczy tlenu do procesu komercjalizacji na rynku polskim oraz ich dopasowania do zrealizowanych do tej

pory działań, stwierdzono iż pochłaniacz tlenu ZEVIFOS jest na zaawansowanym etapie przygotowawczym do procesu komercjalizacji. Płynne przechodzenie poprzez poszczególne etapy świadczy o wysokiej dojrzałości technologicznej i biznesowej tej innowacji produktowo-technologicznej. W celu zestawienia stopnia gotowości do procesu komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, określonego za pomocą powyższych wyznaczników, z inną metodą, przeprowadzono ocenę gotowości technologii metodą TRL. Wyniki tej analizy znajdują się w rozdziale 6.3 Wyniki badania gotowości do komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, a opis samej metody i jej metodyka znajdują się w rozdziale 5.5 Metodyka badania gotowości do komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS.

5. Metodyka prowadzonych badań

5.1 Koncepcja badań

Na podstawie studiów literaturowych, przytoczonych w rozdziałach 1-3 niniejszej pracy, sformułowano następującą tezę badawczą: Istnieją przesłanki wprowadzenia na polski rynek pochłaniacza tlenu na bazie zerowartościowego żelaza (nZVI, ZEVIFOS) opracowanego w Katedrze Towaroznawstwa i Ekologii Produktów Przemysłowych na Wydziale Towaroznawstwa, obecnie Instytucie Nauk o Jakości Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu. Chcąc określić wyznaczniki gotowości pochłaniacza tlenu ZEVIFOS do procesu komercjalizacji na rynku polskim, opracowano trzy poniższe pytania badawcze, na które w toku prowadzonych badań będą udzielane odpowiedzi:

Pytanie 1: Czy prototyp pochłaniacza tlenu ZEVIFOS wykazuje dobrą zdolność usuwania tlenu z opakowań produktów spożywczych i może stanowić alternatywę dla chemicznej konserwacji żywności?

Pytanie 2: Czy pochłaniacz tlenu ZEVIFOS jest dojrzały technologicznie do komercjalizacji?

Pytanie 3: Czy pochłaniacz tlenu ZEVIFOS jest dojrzały biznesowo do komercjalizacji?

W celu odpowiedzi na pytanie 1, zaplanowano badania skuteczności adsorpcji tlenu przez pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, z wykorzystaniem produktu, który jest rekomendowany do zastosowania pochłaniaczy tlenu. W tym przypadku zdecydowano się na kawę. Chcąc odpowiedzieć także na pytanie 1, przeprowadzono badania konsumenckie dotyczące postrzegania i wiedzy na temat pochłaniaczy tlenu. Badania te miały także określić możliwości wykorzystania pochłaniaczy tlenu, jako alternatywy dla chemicznej konserwacji żywności, a także określić akceptowalny dla producentów koszt pochłaniacza tlenu oraz ewentualne zagrożenia mogące wystąpić przy komercjalizacji tego rozwiązania.

Aby móc odpowiedzieć na pytanie 2, dotyczące dojrzałości technologicznej pochłaniacza tlenu ZEVIFOS do procesu komercjalizacji, przeprowadzono analizę podstawowych parametrów pochłaniacza tlenu ZEVIFOS na tle światowych liderów, a także zlecono badania dotyczące bezpieczeństwa, polegające na weryfikacji migracji ogólnej i specyficznej w trzech płynach modelowych, zgodnie z obowiązującymi normami. Jednym z elementów oceny dojrzałości technologicznej pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, była także analiza innowacji metodą TRL.

Wymienione powyżej badanie dotyczące analizy otoczenia konkurencyjnego dla pochłaniacza tlenu ZEVIFOS oraz metoda oceny innowacji TRL, pozwoliły także na odpowiedź na 3 pytanie badawcze. W tych analizach ocenie poddawana jest zarówno gotowość biznesowa jak i technologiczna. Dodatkowym elementem oceniającym gotowość biznesową pochłaniacza tlenu ZEVIFOS była wycena tej innowacji produktowo-technologicznej, przeprowadzona metodą kosztową oraz dochodową. Poniższe podrozdziały przedstawiają szczegółową metodykę poszczególnych badań, natomiast ich wyniki znajdują się w kolejnym rozdziale.

5.2 Charakterystyka obiektu badań – pochłaniacz na bazie zerowartościowego żelaza ZEVIFOS.

Poniższy rozdział został poświęcony charakterystyce obiektu badań, jakim jest pochłaniacz tlenu na bazie zerowartościowego żelaza ZEVIFOS. Znajdziemy w nim genezę powstania tej innowacji produktowo-technologicznej, charakterystykę jego procesu wytwarzania, jego cechy użytkowe oraz uzyskane patenty oraz certyfikaty. Charakterystyka obiektu badań ma kluczowe znaczenie w procesie komercjalizacji i stanowi pierwszy jej etap. Posługujemy się wówczas pojęciem przedmiotu komercjalizacji. Ma on istotne znaczenie dla dalszego postępowania i opracowania schematu możliwych ścieżek komercjalizacyjnych. Specyfika przedmiotu komercjalizacji oraz jego uwarunkowania prawne wymuszają określone możliwości doboru wariantów wejścia na rynek danej innowacji.

Nanokompozytowy pochłaniacz tlenu ZEVIFOS został opracowany w Katedrze Towaroznawstwa i Ekologii Produktów Przemysłowych na Wydziale Towaroznawstwa, obecnie Instytucie Nauk o Jakości Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu. Twórcą technologii jest zespół pod kierownictwem prof. dr hab. Zenona Foltynowicza, natomiast właścicielem technologii jest wspomniana powyżej uczelnia, która jest tym samym potencjalnym sprzedawcą lub licencjodawcą technologii pochłaniacza ZEVIFOS.

Pochłaniacz tlenu ZEVIFOS ma formę kompozytu, w którym substancją aktywną jest zerowartościowe żelazo (nZvi) natomiast matrycą wybrany polimer. Rodzaje polimerów, jakie mogą zostać zastosowane w tym przypadku to między innymi: kauczuki silikonowe, polisiloksany, modyfikowany octanomaślan celulozy (CAB), poliamid, alkohol poliwinylowy (PVA), politereftalan etylenu (PET), pochodne celulozy, skrobia modyfikowana, oraz polimery

w tym m.in. kwas polimlekowy, polihydroksymaślan (PHB), polioksymetylen (POM) lub mieszaniny tych polimerów.

Zerowartościowe żelazo ZVI jest otrzymywane w wyniku reakcji chlorku żelaza z borowodorkiem sodu. Poniższe równanie przedstawia zachodzącą reakcję otrzymywania tegoż żelaza:

$$FeCl_3 + 3\ NaBH_4 + 9\ H_20 = Fe + 3\ H_3BO_3 + 3\ NaCl + 10{,}5\ H_2 \quad (8)$$

Otrzymywane w tej reakcji żelazo pozyskuje się w atmosferze gazu obojętnego. Na potrzeby otrzymywania pochłaniacza w warunkach laboratoryjnych został do tego celu użyty argon. Gaz ten doprowadzany jest przed zajściem reakcji oraz w jej trakcie do kolby reakcyjnej. Obecność gazu obojętnego, jako atmosfery w której przebiega reakcja, ma na celu ograniczenie do niezbędnego minimum procesu utleniania żelaza.

Po zakończonej reakcji otrzymywania żelaza, przenosi się je do kolby uszczelnionej parafilmem[3] do szczelnej szklanej komory, która uprzednio została także wypełniona gazem obojętnym, czyli argonem. W komorze otwiera się kolbę z żelazem. Żelazo zostaje wyssane za pomocą strzykawki razem z wodą poreakcyjną, w której jest zawieszone. W strzykawce zachodzi proces sedymentacji żelaza na dno. Proces ten ma na celu oddzielenie żelaza od wody poreakcyjnej. W celu usunięcia wody poreakcyjnej wypycha się ją ze strzykawki, w której zostaje samo żelazo w postaci pasty. Jest to zwilżone żelazo ze związaną wewnątrz wodą. Ze względu na wydzielający się wodór, który jest produktem ubocznym reakcji, należy zachowywać szczególne warunki ostrożności, gdyż jest to gaz silnie wybuchowy.

Pochłaniacz tlenu ZEVIFOS cechuje przede wszystkim wysoka skuteczność pochłaniania tlenu z opakowania produktu. Skuteczność ta będzie szerzej omówiona w kolejnym rozdziale. To co wyróżnia wspomniany pochłaniacz tlenu ZEVIFOS to między innymi brak konieczności stosowania katalizatora, a także brak konieczności obecności wilgoci w produkcie do inicjacji reakcji adsorpcji tlenu [Foltynowicz i in., 2017]. Dla innych żelazowych pochłaniaczy tlenu, poziom wilgotności konieczny do inicjacji reakcji adsorpcji tlenu został wyznaczony na

[3] Parafilm to cienka folia ze specjalnie przygotowanej, bardzo czystej parafiny umieszczonej na rolce cienkiej bibuły woskowanej. Parafilm jest bezwonny, bezbarwny, nierozpuszczalny w wodzie i termoplastyczny, a temperatura jego mięknięcia jest zbliżona do temperatury ludzkiego ciała. Po zmięknięciu można go z łatwością rozciągać, tworząc cienką błonę nieprzepuszczalną dla gazów.

poziomie 75% wilgotności względnej [Galotto, Anfossi i Guarda, 2009; Sängerlaub i in., 2012]. Stwarza to możliwość zastosowania pochłaniacza do produktów o bardzo niskiej wilgotności, gdzie tlen jest czynnikiem obniżającym jakość przechowywanego wyrobu. Jednakże wówczas, konieczne jest dostosowanie wielkości cząstek nanożelaza, aby proces adsorpcji tlenu był skuteczny [Foltynowicz i in., 2017]. Pochłaniacz może także przybierać dowolną formę np. saszetkę, lub też stanowić integralną część opakowania np. w formie laminatu pokrywającego wewnętrzną warstwę opakowania, bądź będąc elementem kapsla czy nakrętki [Ligaj i in., 2020]. Taka forma zastosowania pochłaniacza niewątpliwie minimalizuje ryzyko przypadkowej konsumpcji wraz z produktem spożywczym. Pochłaniacz ZEVIFOS może być stosowany w warunkach chłodniczych [Foltynowicz i Ashutosh, 2020]. Istnieje także możliwość barwienia go na wybrane kolory.

Zgodnie z pojęciem innowacji, jakie funkcjonuje w literaturze, innowacją można nazwać wszelkie zmiany, które powstają w sferze zarówno materialnej, jak i niematerialnej działalności przedsiębiorstw, które cechuje nowość lub oryginalność, zarówno dla przedsiębiorstw, jak i rynków zagranicznych lub lokalnych, w których funkcjonują [Karpińska, Matel i Protasiewicz, 2017]. Pochłaniacz tlenu ZEVIFOS może być z powiedzeniem określany mianem innowacji z tego względu, iż jest to rozwiązanie bardzo rzadko spotykane na rynku polskim, z reguły w produktach importowanych. Nie ma drugiego rozwiązania technologicznego o takich cechach, o czym świadczy także przyznana ochrona patentowa w Polsce, Japonii, Izraelu, Unii Europejskiej. Pierwotny okres ochrony patentowej wyznaczono do 30.12.2030. Opłaty okresowe wnoszono do 2019 roku. Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu podjął w roku 2021 decyzję o nieopłacaniu dalszej ochrony patentowej dla tego wynalazku. Poniżej przedstawiam wykaz patentów, których przedmiotem jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS:

Patenty krajowe

1. Foltynowicz Z., Kozak W., Stoińska J., Urbańska M.
Sposób wytwarzania nanożelaza oraz zastosowanie nanożelaza wytworzonego tym sposobem do pochłaniania tlenu w opakowaniach oraz w pochłaniaczach tlenu Patent RP 227585 (24.05. 2017) [P.393511]
2. Foltynowicz Z., Kozak W., Stoińska J., Urbańska M.

Sposób wytwarzania nanożelaza oraz zastosowanie nanożelaza do pochłaniania tlenu w opakowaniach i do pochłaniaczy tlenu , Patent RP 227096 (06.07. 2017) P.393512

Patenty międzynarodowe

3. Foltynowicz Z., Kozak W., Stoińska J., Urbańska M., Muc K., Forysiak A. Kublicka K., Nanoiron based oxygen scavengers
Japonia, Patent nr JP6093713 (2017)
4. Foltynowicz Z., Kozak W., Stoińska J., Urbańska M., Muc K., Forysiak A. Kublicka K., Nanoiron-based oxygen scavengers
Israel, Patent No 227146 , 29.09.2018 (publ. 28.06.2018)
5. Foltynowicz Z., Kozak W., Stoińska J., Urbańska M., Muc K., Forysiak A. Kublicka K., Nanoiron-based oxygen scavengers
EPO, (18.12.2018) EP2658666A1
6. Foltynowicz Z., Kozak W., Stoińska J., Urbańska M., Muc K., Forysiak A. Kublicka K.,
Nanoiron based oxygen scavengers
PCT/PL2011/050055 (2011); WO2012091587A1, 2012; WO2012091587A4 (05.07.2012)

Pochłaniacz ZEVIFOS uzyskał także certyfikat Seal Of Excellence w programie Horyzont 2020. Jest to największy unijny program badań i innowacji, obiecujący więcej odkryć, przełomów i innowacji na świecie, pomagając w komercjalizacji nowych rozwiązań.

Rys. 21 Certyfikat Seal of Excellence dla pochłaniacza ZEVIFOS uzyskany w roku 2017 w programie Horyzont 2020 [opracowanie własne]

5.3 Metodyka badania konsumenckiego dotyczącego postrzegania pochłaniaczy tlenu

Chcąc poznać zakres wiedzy na temat pochłaniaczy, możliwości wykorzystania oraz główne obawy związane z tym rozwiązaniem w branży spożywczej, zdecydowano się na przeprowadzenie badań ankietowych podczas targów dotyczących wspomnianego przemysłu spożywczo-opakowaniowego w roku 2015. Badanie ankietowe zostało powtórzone w roku 2022. Celem głównym tych badań było poznanie opinii osób decyzyjnych z branży spożywczej oraz opakowaniowej na temat komercjalizacji i możliwości zastosowania pochłaniacza ZEVIFOS, a także ewolucja wiedzy i możliwości wykorzystania w przemyśle spożywczym i opakowaniowym pochłaniaczy tlenu.

Badania ankietowe przeprowadzane w roku 2015 miały miejsce na targach innowacji opakowaniowych w Warszawie, Packaging Innovations w dniach 10-11.04.2015, oraz na

targach opakowaniowych dla przemysłu spożywczego PakFood w dniach 23-26.09.2015. W roku 2022 badanie ankietowe zostało przeprowadzone na targach Warsaw Pack w dniach 26-28.04.2022. W roku 2022 w marcu oraz kwietniu ankieta była także przesyłana do firm członkowskich zrzeszonych w Polskiej Izbie Opakowań za pomocą ankiety Google.

W przypadku wszystkich badań ankietowych przeprowadzana była dokładnie taka sama ankieta, która stanowi załącznik do niniejszej pracy. Łączna ilość respondentów wyniosła 329, jednakże 3 ankiety zostały odrzucone ze względu na ich nieprawidłowe wypełnienie - wszystkie 3 odrzucone ankiety zostały wypełnione jedynie w sposób częściowy. Zatem liczba prawidłowo wypełnionych ankiet i poddanych dalszej analizie wynosiła 326 ankiet. Poniższa tabela 2 przedstawia podział ilości prawidłowo wypełnionych ankiet na poszczególnych targach oraz w badaniu za pomocą ankiety internetowej.

Tab.2 Ilość respondentów w poszczególnych badaniach ankietowych

Miejsce przeprowadzania badania ankietowego	**Termin przeprowadzania badania**	**Ilość uzyskanych poprawnie wypełnionych ankiet**
Targi Packaging Innovations	10-11.04.2015	41
Targi PakFood	23-26.09.2015	143
Targi Warsaw Pack	26-28.04.2022	127
Ankieta wysyłkowa Google Docs	marzec i kwiecień 2022	15

Źródło: opracowanie własne

Badanie ankietowe miało charakter anonimowy, a ankiety były wypełniane bezpośrednio na targach. Dobór respondentów miał charakter nielosowy, ponieważ samo badanie miało zweryfikować wiedzę na temat pochłaniaczy tlenu przez osoby związane z przemysłem opakowaniowym lub spożywczym. Wymienione branże są wskazywane jako te z największym potencjałem wdrożeniowym. Założenia te wpłynęły na wskazany powyżej wybór targów.

W badaniach ankietowych wzięły udział łącznie 326 osoby – zarówno kobiety, jak i mężczyźni zamieszkujący miasta i wsie, w różnym wieku związane w dużej mierze z przemysłem opakowaniowym lub spożywczym. Liczba kobiet w ogólnej puli respondentów wynosiła 122 (37,4%), natomiast mężczyzn 204 (62,6%). Zarysowała się w ten sposób dysproporcja wyrażona nadwyżką liczebności mężczyzn w procentowym udziale osób ankietowanych z przemysłu opakowaniowego oraz spożywczego. Uzyskane dane mogą

świadczyć o większej ilości mężczyzn związanych z przemysłem opakowaniowym lub spożywczym. Trend ten był jedynie odwrotny w przypadku badań ankietowych rozsyłanych drogą mailową. W tym przypadku liczba kobiet biorących udział w badaniu była o 50% większa niż liczba mężczyzn. Szczegółowe dane dot. podziału respondentów ze względu na płeć prezentują poniższa tabela 3.

Tab. 3 Wyniki badania ankietowego dotyczące płci respondentów

Miejsce przeprowadzania badania ankietowego	**Kobiety**		**Mężczyźni**	
	Ilość osób	**Ilość procentowa**	**Ilość osób**	**Ilość procentowa**
Targi Packaging Innovations	16	4,9	25	7,7
Targi PakFood	58	17,8	85	26,1
Targi Warsaw Pack	39	12,0	88	27,0
Ankieta wysyłkowa Google Docs	9	2,8	6	1,8
SUMA	122	37,4	204	62,6

Źródło: opracowanie własne

We wszystkich badaniach ankietowych najliczniejszą grupę wiekową stanowiły osoby z przedziału 45-65 lat. Ich wolumen wynosił 167 osób (w tym 117 mężczyzn i 50 kobiet), co stanowi 51,2% ogółu respondentów. Druga pod względem liczebności, była grupa respondentów w wieku 26-65 lat. Składało się na nią 105 osób (w tym 67 mężczyzn i 38 kobiet) i stanowiła ona 32,2% ogółu osób ankietowanych. Najmniej liczną grupę stanowiły osoby najmłodsze wśród ankietowanych i były to 54 osoby. Wśród respondentów nie znalazł się nikt, kto nie mieściłby się w zakresie wiekowym założonym w metryce badania ankietowego, tj. nie pojawiły się ani osoby młodsze ani starsze niż przyjęte kryterium wieku. Proporcje podziału wieku wśród respondentów nie dziwią, gdyż osoby związane zawodowo z danym obszarem przemysłu, w tym przypadku z przemysłem spożywczym i opakowaniowym, zazwyczaj posiadają już wiedzę oraz doświadczenie. W związku z tym przeważnie są osobami w wieku powyżej 25 lat. Szczegółowe dane dotyczące struktury wiekowej respondentów prezentuje tabela 4.

Tab. 4 Wyniki badania ankietowego dotyczące wieku respondentów

Miejsce przeprowadzania badania ankietowego	Osoby w wieku 18-25 lat		Osoby w wieku 26-45 lat		Osoby w wieku 46-65 lat	
	Ilość osób	Ilość procentowa	Ilość osób	Ilość procentowa	Ilość osób	Ilość procentowa
Targi Packaging Innovations	12	3,7	10	3,1	19	5,8
Targi PakFood	29	8,9	38	11,7	76	23,3
Targi Warsaw Pack	13	4,0	50	15,3	64	19,6
Ankieta wysyłkowa Google Docs	0	0,0	7	2,1	8	2,5
SUMA	54	16,6	105	32,2	167	51,2

Źródło: opracowanie własne

Wśród wszystkich respondentów najliczniejszą i odbiegającą od pozostałych wyników grupę stanowili mieszkańcy miast powyżej 500 tys. mieszkańców. Było to 192 ankietowanych, co stanowi 58,9%. Pozostałe odpowiedzi uzyskały wyniki na względnie zbliżonym poziomie spośród ogółu osób ankietowanych. Zebrane wyniki mogą świadczyć o tym, iż firmy z branży opakowaniowej i spożywczej ulokowane są zazwyczaj w rejonie dużych aglomeracji miejskich, a ich pracownicy są w dużej mierze mieszkańcami większych miast. Usytuowanie wspomnianych firm w dużych ośrodkach miejskich ogranicza problemy z zatrudnieniem wykwalifikowanych pracowników oraz zmniejsza koszty logistyczne czy poprawia dostępność komponentów. Szczegółowe dane dotyczące zamieszkania respondentów przedstawia poniższa tabela 5.

Tab. 5 Wyniki badania ankietowego dotyczące miejsca zamieszkania respondentów

Miejsce przeprowadzania badania ankietowego	Wieś		Miasto do 50 tys. mieszkańców		Miasto 50-200 tys. mieszkańców		Miasto 200-500 tys. mieszkańców		Miasto powyżej 500 tys. mieszkańców	
	Ilość osób	Ilość procentowa	Ilość osób	Ilość procentowa	Ilość osób	Ilość procentowa	Ilość osób	Ilość procentowa	Ilość osób	Ilość procentowa
Targi Packaging Innovations	2	0,6	7	2,1	2	0,6	6	1,8	24	7,4
Targi PakFood	10	3,1	13	4,0	10	3,1	21	6,4	89	27,3
Targi Warsaw Pack	16	4,9	18	5,5	9	2,8	12	3,7	72	22,1
Ankieta wysyłkowa Google Docs	1	0,3	1	0,3	3	0,9	3	0,9	7	2,1
SUMA	29	8,9	39	12,0	24	7,4	42	12,9	192	58,9

Źródło: opracowanie własne

Przeprowadzając badania ankietowe poproszono respondentów o wskazanie swojego poziomu wykształcenia, przy czym ograniczono się jedynie do wyszczególnienia czy jest to wykształcenie średnie czy wyższe. Zdecydowana większość osób wskazała, iż posiada wyższe wykształcenie. Było to 278 osób, co stanowi 85,3%. Uzyskane wyniki nie są zaskakujące, ponieważ osoby uczestniczące w targach branżowych w dużej mierze są wykwalifikowanymi specjalistami w swoich dziedzinach. Szczegółowe dane dotyczące wykształcenia osób ankietowanych przedstawia tabela 6.

Tab. 6 Wyniki badania ankietowego dotyczące wykształcenia respondentów

Miejsce przeprowadzania badania ankietowego	Wykształcenie średnie		Wykształcenie wyższe	
	Ilość osób	Ilość procentowa	Ilość osób	Ilość procentowa
Targi Packaging Innovations	9	2,8	32	9,8
Targi PakFood	23	7,1	120	36,8
Targi Warsaw Pack	14	4,3	113	34,7
Ankieta wysyłkowa Google Docs	2	0,6	13	4,0
SUMA	48	14,7	278	85,3

Źródło: opracowanie własne

Założeniem, jakie zostało sformułowane przed przeprowadzenie badania ankietowego, była chęć poznania opinii decydentów z firm branży opakowaniowej oraz spożywczej. Chcąc zatem zweryfikować powiązanie osób ankietowanych z powyższymi branżami, ujęto następujące pytanie w metryce ankiety: „Czy jest Pan/Pani związany zawodowo z przemysłem opakowaniowym?". Najliczniej w pomiarze uczestniczyły osoby pracujące w firmach produkujących opakowania. Ich wolumen wynosił 140 osób, co stanowi niemalże 43% ogółu respondentów. Drugą pod względem liczebności, była grupa osób pracujących w firmach wytwarzających komponenty dla przemysłu opakowaniowego. Składało się na nią 85 osób (26% respondentów). Stosunkowo niewielka ilość osób ankietowanych była zawodowo związana z opracowywaniem innowacyjnych rozwiązań w zakresie opakowań. Było to jedynie 25 osób spośród respondentów, co stanowi jedynie 7,7%. Pozostałe osoby wskazały w badaniu odpowiedzi świadczące o ich braku powiązania zawodowego z branżą opakowaniową. Osoby te stanowiły 23,6%. Szczegółowe dane dotyczące tego zagadnienia zostały przedstawione w poniższej tabeli 7.

Tab. 7 Wyniki badania ankietowego dotyczące związku z przemysłem opakowaniowym respondentów

	Czy jest Pan/Pani związany zawodowo z przemysłem opakowaniowym?									
Miejsce przeprowadzania badania ankietowego	**Tak, pracuję w firmie produkującej opakowania**		**Tak, pracuję w firmie produkującej komponenty dla przemysłu opakowaniowego**		**Tak, opracowuję innowacyjne rozwiązania w zakresie opakowań**		**Nie, nie jestem związany z przemysłem opakowaniowym**		**Inne**	
	Ilość osób	**Ilość procentowa**	**Ilość osób**	**Ilość procentowa**	**Ilość osób**	**Ilość procentowa**	**Ilość osób**	**Ilość procentowa**	**Ilość osób**	**Ilość procentowa**
Targi Packaging Innovations	12	3,7	5	1,5	3	0,9	14	4,3	7	2,1
Targi PakFood	39	12,0	52	16,0	13	4,0	26	8,0	13	4,0
Targi Warsaw Pack	80	24,5	23	7,1	7	2,1	6	1,8	11	3,4
Ankieta wysyłkowa Google Docs	9	2,8	5	1,5	2	0,6	0	0,0	0	0,0
SUMA	140	42,9	85	26,1	25	7,7	46	14,1	31	9,5

Źródło: opracowanie własne

Podobnie, jak w przypadku powiązań zawodowych z przemysłem opakowaniowym, respondentów spytano o swój związek zawodowy z przemysłem spożywczym. Zdecydowana większość osób ankietowanych nie była związana z przemysłem spożywczym. Ich wolumen wynosił 248 osób, co stanowiło ponad 76,1%. Spośród osób powiązanych z branżą spożywczą przeważały osoby zatrudnione w firmie handlowej i było to 61 osób (18,7%). Najmniej liczną grupa dotyczyła osób zatrudnionych w firmie produkcyjnej z branży spożywczej i było to jedynie 17 osób (5,2%). Co istotne, takie proporcje dot. związku zawodowego z przemysłem spożywczym były podobne podczas wszystkich badań ankietowych. Szczegółowe dane dotyczące związku respondentów z przemysłem spożywczym zostały zaprezentowane w tabeli 8.

Tab. 8 Wyniki badania ankietowego dotyczące związku z przemysłem spożywczym respondentów

	Czy jest Pan/Pani związany zawodowo z przemysłem spożywczym?					
Miejsce przeprowadzania badania ankietowego	**Tak, pracuję w firmie produkcyjnej z branży spożywczej**		**Tak, pracuję w firmie handlowej z branży spożywczej**		**Nie**	
	Ilość osób	**Ilość procentowa**	**Ilość osób**	**Ilość procentowa**	**Ilość osób**	**Ilość procentowa**
Targi Packaging Innovations	2	0,6	12	3,7	27	8,3
Targi PakFood	7	2,1	33	10,1	103	31,6
Targi Warsaw Pack	7	2,1	15	4,6	105	32,2
Ankieta wysyłkowa Google Docs	1	0,3	1	0,3	13	4,0
SUMA	17	5,2	61	18,7	248	76,1

Źródło: opracowanie własne

Przytoczone powyżej wyniki dotyczące osób ankietowanych miały na celu charakterystykę profilu respondentów. Jest to istotne z punktu widzenia wyników całej ankiety, która potencjalnie ma określić wiedzę i gotowość do zastosowania w przemyśle innowacji produktowo-technologicznej, jaką jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS. Wyniki samego badania ankietowego znajdują się w części wynikowej pracy, natomiast sama ankieta znajduje się w załączniku do pracy. Zdecydowana większość respondentów biorących udział w badaniu ankietowym to mężczyźni, zamieszkujących duże miasta i posiadających wykształcenie wyższe. Ich wiek rozłożył się pomiędzy dwa przedziały, a mianowicie 26-45 lat oraz 46-65 lat, z nieznaczną przewagą drugiego przedziału wiekowego. Otrzymane wyniki wskazują na większe zaangażowanie w udział w targach branżowych przez osoby z branży opakowaniowej, niż z branży spożywczej. Być może tematyka targów nakreśliła taki podział, a być może to na producentach z branży opakowaniowej spoczywa większa presja na poszukiwanie nowych i

zoptymalizowanych rozwiązań w zakresie innowacji produktowych. Jak już zostało opisane w niniejszej pracy, obecnie funkcja opakowania nie ogranicza się jedynie do ochrony produktu, lecz pełni także nie mniej ważne funkcje marketingowe. W niektórych przypadkach, innowacyjne opakowanie może stanowić wręcz narzędzie przewagi konkurencyjnej [Wysocki i in., 2015].

5.4 Metodyka badania charakterystyk pochłaniacza tlenu ZEVIFOS

Podstawową cechą użytkową pochłaniaczy tlenu, w tym także pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, jest adsorpcja tlenu. Z równania reakcji wynika, że 1g Fe może związać do 300 ml tlenu. Adsorpcja pochłaniacza tlenu ZEVIFOS wyznaczona doświadczalnie przez jego twórców została określona na poziomie 250 ml O_2/g Fe. Chcąc zweryfikować skuteczność tego parametru, zdecydowano się na weryfikację rzeczywistej skuteczności adsorpcji tlenu przez pochłaniacz tlenu ZEVIFOS.

Badania dotyczące oceny skuteczności pochłaniacza tlenu ZEVIFOS były przedmiotem badań szeregu prac magisterskich wykonanych w Katedrze Towaroznawstwa i Ekologii Produktów Przemysłowych Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu pod promotorstwem prof. dr hab. Zenona Foltynowicza, m.in. praca magisterska autorki niniejszej rozprawy pt. Zastosowanie nowych pochłaniaczy tlenu do ochrony zapakowanego produktu [Papież, 2002; Grumowska, 2003; Ziemska, 2004; Zawadzka, 2004; Zawadzka 2006; Kublicka, 2008; Forysia, 2010; Porwich, 2012; Roszkiewicz, 2012; Biela, 2012; Złotnicki, 2014; Machowska, 2016].

Badania skuteczności adsorpcji tlenu pochłaniacza ZEVIFOS przeprowadzono także na kawie, która jest produktem wrażliwym na zmiany jakościowe podczas procesu przechowywania w obecności tlenu. Kawa mielona jest bardzo podatna na działanie czynników zewnętrznych ze względu na rozdrobnienie i porowatą strukturę. Na jakość kawy mają wpływ: wzrost temperatury, dostęp tlenu i światła, zawartość wilgoci oraz obce zapachy. Utlenianie tlenem tłuszczów zawartych w kawie w obecności wody wyzwala mechanizmy rodnikowe, a produkty utlenienia mają nieprzyjemny smak i zapach. Taka reakcja wpływa negatywnie na ocenę sensoryczną kawy. Jest to tym bardziej istotne, że sięgając po ten produkt spożywczy w dużej mierze kieruje nami chęć doznań smakowo-zapachowych. To one decydują o wyborze konkretnej kawy. Zatem utrzymanie w czasie walorów sensorycznych kawy determinuje jej wartość użytkową. Z powyższych pobudek kawa została wskazana jako

produkt, w którym zastosowanie pochłaniacza mogłoby odegrać kluczową rolę. Producenci kawy oraz opakowań dla kawy zostali także wskazani jako grupa potencjalnie zainteresowana komercjalizacją pochłaniacza ZEVIFOS. Stąd też badania skuteczności z wykorzystaniem takiego właśnie produktu znajdują swoje uzasadnienie i były przedmiotem prowadzonych badań.

Do badań zastosowano świeżo upaloną, wyselekcjonowaną mieszankę kawy mielonej palonej 100% arabica firmy Astra Sp. z o.o. z Poznania, którą zapakowano w temperaturze pokojowej, w atmosferze powietrza do trójwarstwowych torebek płaskich z fałdą denną wykonanych z folii laminowanej (PET12/Al18/PE80). Nominalnie deklarowany okres przydatności do spożycia przez producenta kawy w powyższym opakowaniu wynosi 18 miesięcy. W przypadku tego produktu zdecydowano się na oznaczenie ilości i aktywności polifenoli w kawie. Polifenole to wtórne metabolity roślinne powstające według dwóch dotychczas poznanych mechanizmów biosyntezy, czyli kwasów octanowo-metanolowego oraz szikimowego [Gumul, Korus i Achremowicz, 2005]. Związki te należą do przeciwutleniaczy, czyli zabezpieczają ludzki organizm przed stresem oksydacyjnym [Budryn i Nebesny, 2006]. Wykazują one niewątpliwie działanie prozdrowotne, a ich źródłem są między innymi owoce, warzywa, przyprawy i zioła, a także kawa czy herbata.

Badania przechowalnicze wykonano w ciągu dwóch miesięcy, w okresie przydatności do spożycia badanej kawy. Przygotowano po 16 próbek kawy mielonej palonej o masie 100g kawy z pochłaniaczem tlenu ZEVIFOS oraz 16 próbek o masie 100g kawy bez pochłaniacza tlenu. Oznaczeń dotyczących ilości i aktywności polifenoli w próbkach kawy zarówno z pochłaniaczem, jak i bez pochłaniacza, dokonywano po zerowym czasie przechowywania, po 7 dniach przechowywania, po 30 dniach przechowywania oraz po 60 dniach przechowywania. Ilość pochłaniacza tlenu w opakowaniu kawy mielonej musi być odpowiednio dobrana do wielkości wolnej przestrzeni w opakowaniu i potencjalnej zawartości tlenu w tej objętości, ponadto należy uwzględnić przenikanie tlenu przez opakowanie podczas przechowywania. W tym przypadku zastosowany pochłaniacz tlenu miał formę kapsułek żelowych umieszczonych wewnątrz opakowania z kawą. Kapsułki te zostały pokazane na poniższym rysunku 22.

Rys. 22 Pochłaniacz tlenu ZEVIFOS w formie kapsułek żelowych przygotowany do umieszczenia w opakowaniach z kawą mieloną paloną [Źródło: zdjęcie własne]

Ogólną zawartość związków fenolowych w ekstraktach oznaczono przy użyciu odczynnika *Folina–Ciocalteu'a*, wyrażając wynik w przeliczeniu na kwas chlorogenowy (mg kwasu chlorogenowego/g otrzymanego ekstraktu). Wyniki oznaczenia ilości i aktywności polifenoli w opakowania z kawą mieloną paloną w próbkach z pochłaniaczem oraz bez pochłaniacza prezentują poniższe tabele 10, 11, 12, 13 w części pracy dotyczącej wyników badań. Potencjał antyoksydacyjny porównywano ze zdolnością wygaszania rodnika ABTS przez Trolox- kwas (±)-6-hydroksy-2,5,7,8-tetrametylochromano-2-karboksylowy (SiGMA) wyrażając w µmol/ równoważników troloxu TE/g s.s wyjściowej próbki (TEAC -Trolox Equivalent Antioxidant Capacity).

Badania bezpieczeństwa pochłaniacza ZEVIFOS w zakresie migracji żelaza

Z punktu widzenia potencjału komercjalizacji, poza skutecznością działania, pochłaniacz tlenu ZEVIFOS musi cechować także bezpieczeństwo stosowania. Jest to tym bardziej istotne, iż pochłaniacz w dużej mierze może znaleźć zastosowanie w przemyśle spożywczym [Cholewa-Wójcik, Kawecka i Sikora, 2018]. Bezpieczeństwo zastosowania pochłaniacza w opakowaniu z produktem spożywczym było także istotne dla respondentów w przeprowadzanym badaniu ankietowym. Największe obawy dotyczące bezpieczeństwa stosowania tego pochłaniacza tlenu wynikały z potencjalnie możliwej migracji żelaza do żywności. Żelazo, które stanowi

mniej niż 0,01% całkowitej masy ciała człowieka (około 4 g u dorosłego mężczyzny, a około 3,5 g u dorosłej kobiety) jest pierwiastkiem, bez którego człowiek nie mógłby żyć [Ganz i Nemeth, 2012]. Metal ten uczestniczy w wielu procesach biochemicznych i fizjologicznych, dzięki którym możliwe są m.in. takie procesy jak: transport tlenu, synteza DNA czy transport elektronów. U osób dorosłych rzadko obserwuje się objawy zatrucia, dawka śmiertelna wynosi 16 g na 1 kg masy ciała. W przypadku jednostkowej, przypadkowej konsumpcji pochłaniacza nie istniałoby zagrożenie dla życia, jednakże byłoby zapewne związane z wystąpieniem działań niepożądanych, takich jak wymioty, nudności, bóle brzucha czy biegunka.

W celu weryfikacji możliwości potencjalnej migracji żelaza z matrycy polimerowej pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, przeprowadzono badania dotyczące migracji przez certyfikowane laboratorium J.S. HAMILTON POLAND S.A. z siedzibą w Gdyni. Próbki pochłaniacza poddano analizie migracji globalnej oraz migracji specyficznej Ba, Co, Cu, Fe, Li, Mn, Zn, zgodnie z normą PN-EN 1186-1:2005, PN-EN 1186-3:2005. Chcąc odwzorować warunki dla migracji przy przechowywaniu pochłaniacza z różnymi typami żywności w badaniach migracji zastosowano trzy rodzaje płynów modelowych: 10% etanol, 3% kwas octowy oraz 95% etanol. Tych samych płynów modelowych użyto zarówno do badania migracji globalnej, jak i migracji specyficznej.

Pochłaniacz tlenu ZEVIFOS na tle światowych liderów

Pochłaniacze tlenu są obecne na rynku już od blisko 40 lat. Jak już zostało to opisane wcześniej, różnią się mechanizmem działania i substancją aktywną adsorbującą tlen. Najczęściej klasyfikacji pochłaniaczy dokonuje się właśnie ze względu na powyższy parametr, chociaż w literaturze można spotkać także podziały m.in. ze względu na mechanizm aktywacji reakcji, szybkość zachodzącej reakcji, wydajność adsorpcji tlenu oraz forma stosowania pochłaniacza.

Chcąc zestawić pochłaniacz tlenu ze światowymi liderami w tej dziedzinie, dokonano analizy następujących parametrów: zdolność sorpcji tlenu, ilość żelaza w saszetce, deklarowana efektywność sorpcji tlenu przez 1g żelaza, wymiary oraz cena. Powyższe dane zostały zebrane na podstawie specyfikacji poszczególnych pochłaniaczy tlenu udostępnianej przez producentów. Na dobór poszczególnych pochłaniaczy tlenu do zestawienia miały wpływ popularność oraz dostępność na rynku, ale także dostęp do danych specyfikacyjnych

wskazanych produktów. Dane zostały zebrane w roku 2019. Kalkulacja ceny pochłaniacza ZEVIFOS została wyliczona dla jego syntezy w warunkach laboratoryjnych uwzględniając koszty odczynników oraz pracy ludzkiej z roku 2019. Poniżej przedstawiam zebrane dane:

Tab. 9 Analiza rynku pochłaniaczy tlenu na bazie żelaza na świecie

	zdolność sorpcji tlenu [ml]	**ilość żelaza w saszetce pochłaniacza [g]**	**efektywność sorpcji tlenu na 1 g Fe [ml]**	**wymiary [cale]**	**cena pochłaniacza [$]**
Pochłaniacz ZEVIFOS	**250**	**1**	**250**	**1,18 x 0,39 x 0,39**	**0,03-0,04**
OXY-SORB OXYGEN ABSORBERS FOR FOOD STORAGE (USA)	50-300	0,2-1,2	250	2 x 0,2 x 1,5	0,30 -0,40
OXY-SORB OXYGEN ABSORBERS WITH OXY EYE FOR DEHYDRATED FOOD AND EMERGENCY LONG TERM FOOD STORAGE	50-500	0,2-2	250	2 x 0,2 x 1,5	0,2
SORBENT SYSTEMS - IMPAK CORPORATION	20-3000	0,08-12	250	2,2 x 0,2 x 1,8	0,54 - 11
USA EMERGENCY SUPPLY	100-2000	0,4-8	250	1,14 x 1,68 x 0,18	0,09 - 0,67
MULTISORB TECHNOLOGIES - FreshPax OXYGEN ABSORBER	10-3000	0,04-12	250	2,3 x 0,3 x 1,4	0,26
AGELESS - MITSUBISHI GAS CHEMICAL	20-3000	0,08-12	250	1,42 x 0,3 x 2,74	0,88
Sea Star - Qingdao Sea Star Packaging Industry Co. (China)	30-3000	0,12-12	250	2,7 x 1,56 x 0,2 – 3,51 x 4,49 x 0,3	0,005 – 0,025
CASANO (Fujian, China)	30-2500	0,12-10	250	1,17 x 1,56 x 0,18 – 3,32 x 3,51 x 0,3	0,005 – 0,025

Chunwang (Guangdong, China)	20-250	0,08-1	250	1,37 x 1,56 x 0,18 – 2,73 x 1,76 x 0,25	0,001 – 0,3
Sorbread India	50-3000	0,2-12	250	2,25 x 3 x 0,125	0,01 – 0,03

Źródło: opracowanie własne

Podsumowując powyższe dane, pochłaniacz tlenu ZEVIFOS wykazuje parametry wydajności adsorbowania tlenu na poziomie identycznym, jak pochłaniacze tlenu światowych liderów. Co więcej, posiada także wszechstronne możliwości wykorzystania, szczególnie w środowisku suchym. Może być konkurencyjny cenowo przy większej skali produkcji, choć nawet przy kalkulacji kosztów wytworzenia w skali laboratoryjnej jego koszt nie jest najwyższy w odniesieniu do powyższej konkurencji. Dodatkowe atuty, jakie przemawiają za potencjalnym sukcesem pochłaniacza ZEVIFOS, to możliwość zabarwienia na wybrany kolor oraz możliwość nadania kształtu. Nie można zapominać także o jego skuteczności w warunkach chłodniczych, co jest rzadkością pośród konkurencyjnych pochłaniaczy tlenu.

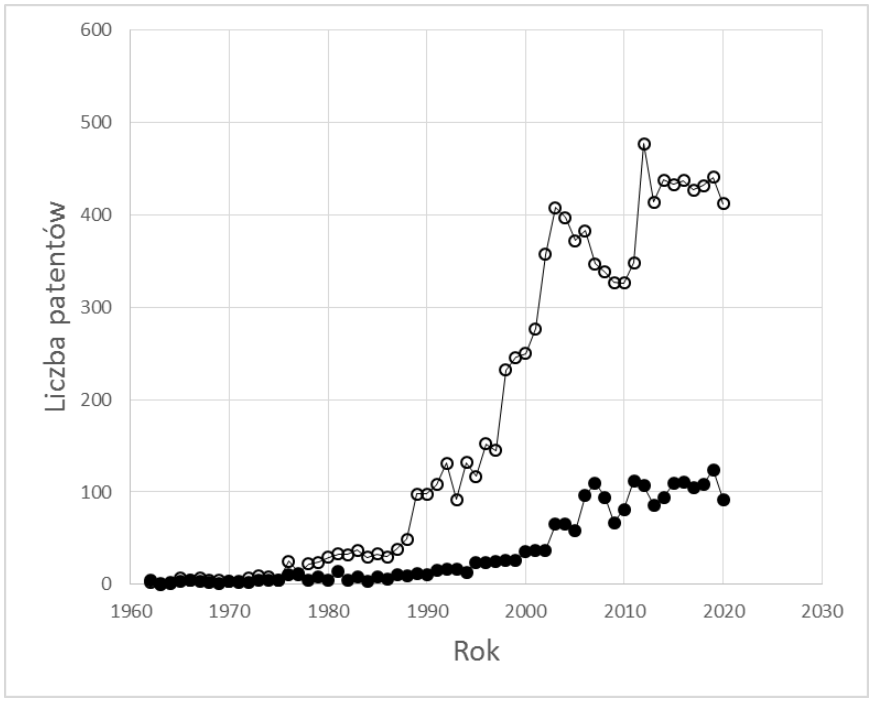
5.5 Metodyka badania gotowości do komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS

Istotnym elementem w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych, które dotyczą komercjalizacji innowacyjnych technologii czy produktów, jest ocena gotowości i dojrzałości nowego projektu. Wspomniana ocena powinna uwzględniać analizę czystości patentowej (ang. Patent Landscape), aktualny stan prac nad nowym produktem, dalsze perspektywy rozwoju, a także konieczne nakłady finansowe pozwalające na komercjalizację. Powinna także uwzględniać możliwe zagrożenia przy wdrażaniu innowacji m.in. feasibility study (ang. studium wykonalności) oraz analizę SWOT. Taka ocena jest nazywana oceną gotowości technologii i jest możliwa do przeprowadzenia z wykorzystaniem metody TRL.

Patenty odgrywają istotną rolę we współczesnej gospodarce, gdyż są środkiem do rozpowszechniania wiedzy oraz wykorzystywania innowacji technologicznych. Dzięki patentom badania naukowe zyskują możliwość wykorzystania w zamian za uzyskanie monopolu na zastosowanie technologii w czasie obowiązywania ochrony patentowej. Patenty dostarczają informacji o trendach w badaniach naukowych. Wspomniana analiza czystości patentowej (Patent Landscape) wskazuje na konkurencyjne patenty w danym obszarze

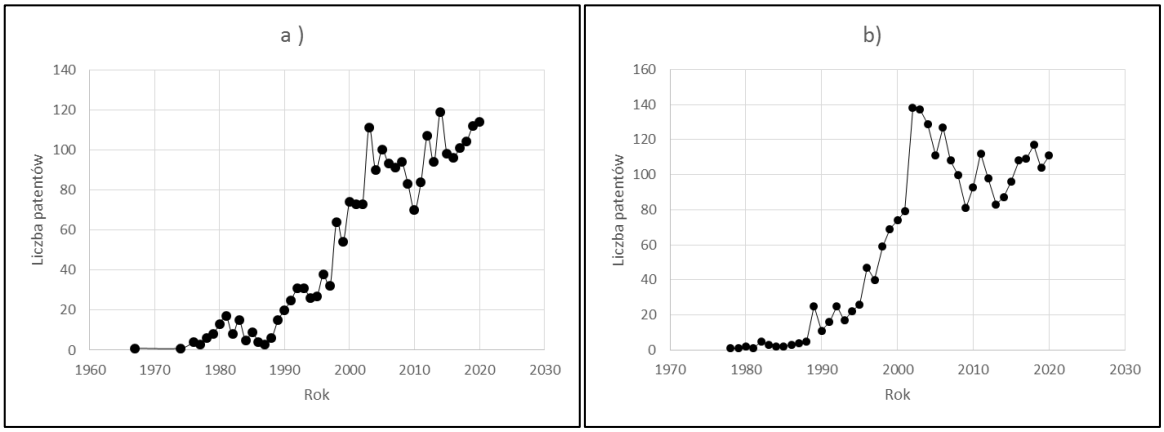
badawczym, które potencjalnie mogłyby wpływać na komercjalizację danej innowacji, a nawet ją uniemożliwiać. W związku z powyższym, jest to istotny etap przygotowawczy w przypadku komercjalizacji wyników badań naukowych.

Etapem przygotowawczym do określenia potencjału komercjalizacyjnego pochłaniacza tlenu ZEVIFOS była także analiza czystości patentowej dotyczących pochłaniaczy tlenu na świecie – ang. Patent Landscape. Z wykorzystaniem bazy Lens przeanalizowano ilości zgłoszonych patentów dotyczących opakowań aktywnych, opakowań inteligentnych oraz pochłaniaczy tlenu w latach 1960-2015. W wyniku tej analizy stwierdzono znaczący wzrost ilości patentów dotyczących opakowań aktywnych i inteligentnych do roku 2000. W latach 2000-2010 zaobserwowano spadek liczby patentów, w szczególności dotyczących opakowań aktywnych. Jednakże po roku 2010 następuje ponowny znaczący wzrost patentów, również w szczególności dotyczący opakowań aktywnych. Ilość patentów dotyczących opakowań aktywnych była około 3-krotnie większa, w każdym z analizowanych okresów czasowych, niż ilość patentów dotyczących opakowań inteligentnych. Wspomniane ilości patentów na przestrzeni lat 1960-2015 przedstawia poniższy wykres 2.



Wykres 2 Liczba patentów dotyczących opakowań aktywnych i inteligentnych wg bazy Lens w latach 1970 - 2020 (○ - opakowania aktywne, ●- opakowania inteligentne) [Cierpiszewski, Olszewska i Foltynowicz, 2017]

Podobny trend zaobserwowano w stosunku do ilości patentów dotyczących pochłaniaczy tlenu. Ich znaczący wzrost także następował do roku 2000, po tym roku następuje spadek ilości patentów. Tak, jak w przypadku ilości patentów dotyczących opakowań aktywnych i inteligentnych, po roku 2010, ilość patentów dotyczących pochłaniaczy tlenu ponownie rośnie. Wspomniane ilości patentów dotyczących pochłaniaczy tlenu na przestrzeni lat 1970-2020 przedstawia poniższy wykres 3. Prezentuje on dwa warianty ilości patentów w zależności od zastosowanego do wyszukiwania słowa kluczowego.



Wykres 3 Liczba patentów dotyczących pochłaniaczy tlenu wg bazy Lens w latach 1970 - 2020 (słowa kluczowe a) oxygen absorber, b) oxygen scavenger) [Cierpieszewski i inni, 2017]

Uzyskane wyniki analizy świadczą o rozwijającym się trendzie opakowań aktywnych, inteligentnych oraz pochłaniaczy tlenu, co potencjalnie może stanowić o zapotrzebowaniu na takie rozwiązania. Potwierdza to także dotychczas przytoczone informacje o rozwoju rynku opakowań w tym zakresie. Opierając się na przytoczonej analizie Patent Landscape, dotyczącej zarówno opakowań aktywnych i inteligentnych, jak i analizie pochłaniaczy tlenu, można zauważyć, iż największe zainteresowanie tymi badaniami występowało na przełomie wieków. Późniejszy spadek ilości patentów mógł oznaczać zmianę priorytetów badaczy, w kierunku innych rozwiązań z dziedziny opakowań lub też wypracowanie innych, nowych rozwiązań, które są dopiero na wczesnym etapie rozwoju, a zgłoszenia patentowe ich dotyczące dopiero się pojawią. Ponowny wzrost ilości patentów dotyczących pochłaniaczy tlenu po roku 2015, może utwierdzać w przekonaniu, iż zapotrzebowanie na takie rozwiązania nie słabnie i na tle tych danych, komercjalizacja pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, znajduje swoje uzasadnienie. Szczegółowe wyniki tych analiz znalazły swoje odzwierciedlenie w publikacjach autorki

niniejszej rozprawy [Cierpiszewski, Olszewska i Foltynowicz, 2017; Cierpiszewski i in., 2017; Cierpiszewski, Olszewska i Foltynowicz, 2018].

Po etapie analizy otoczenia patentowego (ang. Patent Landscape), kolejną częścią rozważań powinna być ocena gotowości innowacji, która uporządkuje aktualny stan prac nad nowym produktem. W tym celu została wybrana metoda TRL. Metoda TRL to inaczej Technology Readiness Level, czyli tłumacząc z języka angielskiego Poziom Gotowości Technologicznej. Jak nazwa wskazuje, jest to metoda służąca do określenia etapu gotowości technologicznej, na jakim znajduje się dany projekt, pomysł, wynalazek czy technologia. Poprzez gotowość technologiczną należy rozumieć stopień rozwoju projektu będącego przedmiotem badań naukowych. Metoda TRL została wybrana jako metoda oceny gotowości technologii do procesu komercjalizacji ze względu na swoją uniwersalność i możliwość porównania względem innych innowacji. Jest to metoda najczęściej stosowana w ocenie projektów inwestycyjnych o charakterze badawczo-rozwojowym, w szczególności badań współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej [Kaczmarska, Bochnia i Gierulski, 2015].

Zastosowanie metody TRL, dzięki ogólnoświatowej skali, pozwala przekazać potencjalnemu inwestorowi, klientowi czy komisji przyznającej dofinansowanie, informacje o zaawansowaniu danego projektu czy wynalazku, tj. ile pracy zostało już wykonane, a ile pozostaje jeszcze do przygotowania. Technika TRL umożliwia także porównanie poziomu rozwoju projektów z różnych dziedzin naukowych, a także pozwala na dopasowanie finansowania do potrzeb innowacji na danym etapie jej rozwoju [Kaczmarska, Bochnia i Gierulski, 2015].

Metoda ta powstała w Stanach Zjednoczonych w latach 70’ i była ściśle powiązana z wdrażaniem projektów w NASA oraz programach rozwoju Sił Powietrznych. Około roku 2000 skala TRL została wdrożona także w Europejskiej Agencji Kosmicznej, a następnie zaczęła być stosowana do oceny technologii z innych obszarów badań. Na chwilę obecną znajduje zastosowanie do określenia poziomu rozwoju projektów z dziedzin, takich jak medycyna, biologia, nanotechnologia i wiele innych, w tym także przemysł spożywczy [N15].

Na chwilę obecną wyróżniamy dziewięć poziomów gotowości technologicznej, które możemy podzielić na 3 główne fazy:

- Badania podstawowe (poziom I wg skali TRL)
- Badania przemysłowe (poziomy od II do VI wg skali TRL)

- Badania rozwojowe (poziomy od VII do IX wg skali TRL).

Innymi słowy metoda TRL to dziewięciopoziomowa skala, której pierwszy poziom opisuje najniższy stopień zaawansowania technologicznego projektu, a poziom dziewiąty oznacza jego pełną dojrzałość i gotowość do wdrożenia [Rębosz-Kurdek i Masternak-Janus, 2018].

Poniższy schemat na rysunku 23 przedstawia opis poszczególnych etapów metody TRL.

PRODUKT

9	Działająca technologia została sprawdzona w warunkach operacyjnych z pozytywnym wynikiem (produkcja)	Demonstracja w warunkach komercyjnych
8	Technologia po etapie zamknięcia i ostatecznej kwalifikacji	Demonstracja produktu
7	Zaprezentowano działanie prototypu technologii w warunkach operacyjnych	
6	Zaprezentowano działanie prototypu technologii w warunkach zbliżonych do rzeczywistych	
5	Przeprowadzono walidację koncepcji w środowisku zbliżonym do rzeczywistego.	
4	Przeprowadzono walidację koncepcji w warunkach laboratoryjnych	Badania technologiczne
3	Przeprowadzono eksperymentalnie dowód na słuszność koncepcji	
2	Sformułowano koncepcję technologii	
1	Można określić podstawowe zasady działania	Badania podstawowe

POMYSŁ

Rys. 23 Poziomy gotowości technologicznej według TRL [Kaczmarska, Bochnia i Gierulski, 2015]

Poziom TRL 1 - Zaobserwowano podstawowe zasady danego zjawiska

To najniższy poziom gotowości technologicznej. Pierwszy krok w przejściu od teorii do praktyki. Rozpoczynają się przygotowania do badań, a także powstają podstawowe założenia i wstępna koncepcja nowej technologii.

Poziom TRL 2 – Sformułowano koncepcję technologiczną

Rozpoczyna się proces tworzenia innowacji. Powstaje koncepcja technologiczna, której założenia skupiają się na konkretnym zdefiniowanym problemie. Założenia mają charakter spekulacyjny, nie ma jeszcze potwierdzonych dowodów i szczegółowej analizy. Tworzy się narzędzia analityczne potrzebne do symulacji i analizy założeń.

Poziom TRL 3 – Przeprowadzono eksperymentalny dowód na słuszność koncepcji

Rozpoczynają się zaawansowane badania ze sfery rozwoju projektu. Etap obejmuje badania analityczne i laboratoryjne w celu potwierdzenia słuszności pomysłu. Dowód słuszności, który powstanie opiera się na konkretnych danych.

Poziom TRL 4 – Przeprowadzono walidację technologii w warunkach laboratoryjnych

Powstają pierwsze, wczesne prototypy. Poszczególne części technologiczne są ze sobą łączone, żeby ustalić czy będą ze sobą kompatybilne. Są testowane w warunkach laboratoryjnych przy uwzględnieniu pełnego problemu lub zbioru danych. Prototyp w tej fazie ma niską wiarygodność i wciąż różni się znacząco od pożądanej końcowej innowacji.

Poziom TRL 5 – Dokonano walidacji technologii w środowisku zbliżonym do rzeczywistego

Dokładność i poziom zaawansowania prototypu znacząco wzrasta. Podstawowe elementy technologiczne są zintegrowane z realistycznie działającymi elementami dodatkowymi, więc prototyp zostaje poddany testom w środowisku zbliżonym do rzeczywistego.

Poziom TRL 6 – Dokonano demonstracji technologii w środowisku zbliżonym do rzeczywistego

Duży skok technologiczny w porównaniu z poziomem 5. Zostały przeprowadzone wstępne działania w celu potwierdzenia wykonalności projektu. Projekt został przetestowany w środowisku zbliżonym do naturalnego. Wszystko wskazuje na to, że końcowy produkt jest możliwy do stworzenia i będzie spełniał swoje zadania.

Poziom TRL 7 – Dokonano demonstracji prototypu systemu w otoczeniu operacyjnym

Prototyp zachowuje się podobnie do finalnej technologii, co stanowi ważny krok w porównaniu do poziomu TRL 6. Technologia zostaje przetestowana w środowisku naturalnym (np. nawigacja zostaje przetestowana w samochodzie). Test pozwala na wprowadzenie poprawek i dalszy rozwój technologii.

Poziom TRL 8 – Zakończono badania i demonstrację ostatecznej formy technologii

Końcowy etap rozwoju technologii. Zostało udowodnione, że oprogramowanie i sprzęt działają tak, jak powinny. Wszystkie funkcje technologii zostały przetestowane w środowisku naturalnym z wynikiem pozytywnym. Większość dokumentacji technicznej, szkoleniowej i serwisowej jest już przygotowana.

Poziom TRL 9 – Działanie systemu udowodniono w środowisku operacyjnym i uruchomiono produkcję na skalę przemysłową

Ostatni etap gotowości technologicznej. Najprościej mówiąc – w pełni gotowy (i w pełni przetestowany) produkt, który może trafić do sprzedaży. Testowanie produktu w warunkach rzeczywistych przyniosło zamierzony efekt. Technologia jest już w ostatecznej formie i może zostać zaimplementowana w miejscu docelowym [N16].

5.6 Metodyka wyceny pochłaniacza tlenu ZEVIFOS

Ciągły rozwój technologii, kreowanie innowacyjnych rozwiązań stwarza konieczność właściwego oszacowania wartości aktywów. W warunkach nieustannie zmieniających się uwarunkowań rynkowych oraz wysokiej niepewności inwestycyjnej rzetelna wycena nabiera kluczowego znaczenia.

Istotą wyceny technologii jest w dużym uproszczeniu proces określenia jej wartości. Innymi słowy jest to czynność pozwalająca na sformułowanie opinii o rzeczywistej wartości przedmiotu wyceny [Saługa, 2009].

Natomiast zdaniem R.C. Milesa wyceną jest zarówno wspomniana opinia na temat wartości przedmiotu wyceny, jak i sam proces określania wartości lub kosztu danego aktywa czy grupy aktywów [Szymczyk, 2017].

W literaturze przedmiotu ukazywane są różne definicje oraz podejścia do określania wartości. Wartość może być rozumiana jako cena, użyteczność lub koszt, lecz także jako zakres pojęciowy np. wartość ekonomiczna, wartość rynkowa, wartość godziwa czy wartość odtworzenia [Szymczyk, 2017]. Z tego właśnie powodu kluczową kwestią i jednocześnie pierwszym etapem wyceny jest dokładne określenie celu wspomnianej wyceny.

Rzetelna i prawidłowo przygotowana wycena ma kluczowe znaczenie i warunkuje łańcuch decyzyjny w odniesieniu do jej przedmiotu. Ustalenie wartości ma szczególne znaczenie w przypadku wartości intelektualnej, takiej jak innowacyjna technologia, prawa do patentu, wzoru przemysłowego czy licencji. Jej określenie na podstawie wyłącznie kosztów opracowania czy wytworzenia stwarza zagrożenie niedoszacowania przyszłych przypuszczalnych przychodów, a tym samym może doprowadzić do strat. Takie działanie prowadzi do pominięcia przyszłych korzyści ekonomicznych wynikających z wykorzystania danego aktywa. W przypadku wyceny wartości niematerialnej istotnym czynnikiem jest także właściwe określenie czynników, które determinują możliwości wykorzystania danego aktywa. Przykładowo potencjał rynkowy czy możliwości ekspansji. Powyższe uwarunkowania obrazują, jak istotna jest właściwa wycena technologii, która uwzględnia odpowiednie podejście zarówno ze względu na cel, jak i przedmiot samej wyceny [Wanicki, 2015].

Istnieje kilka kategorii przyczyn sporządzania wycen danego składnika majątku. Wycena może być obligatoryjnie wymagana prawem lub też może być konieczna z przyczyn wewnętrznych lub transakcyjnych. Są to między innymi intencje właściciela przedmiotu wyceny lub potencjalnego inwestora (planowane transakcje kupna lub sprzedaży), cykl życia przedsiębiorstwa (np. restrukturyzacja czy likwidacja), rodzaj struktury właścicielskiej lub wspomniane już regulacje prawne [Meitner, 2006].

Przypadki, w których prawo obliguje do wykonania wyceny wartości są regulowane przez kodeks spółek handlowych oraz ustawę o rachunkowości. Sytuacja ta ma miejsce między innymi podczas wyceny wkładów wnoszonych do spółki akcyjnej. Dotyczy to także praw własności intelektualnej. A także podczas wyceny wkładów dla celów prowadzenia rachunkowości spółki czy przy ewidencjonowaniu majątku Skarbu Państwa [Barszcz, 2013].

Metody wyceny technologii

Literatura opisuje trzy podstawowe grupy metod wyceny pojedynczych aktywów niematerialnych: kosztowe, rynkowe oraz dochodowe. Każda z wymienionych grup różni się podejściem do tematu wyceny oraz stopniem złożoności. Dobór odpowiedniej metody, jak to już zostało wspomniane, zależy w dużej mierze od celu wyceny oraz jej przedmiotu. Dobrą praktyką jest przeprowadzenie wyceny za pomocą dwóch lub trzech rodzajów powyższych metod, w celu weryfikacji uzyskanych wyników [Kaczmarska i in., 2021].

Metody kosztowe

W metodzie kosztowej wartość technologii jest szacowana jako koszt (wyrażony w obecnej wartości pieniądza) potrzebny do wyprodukowania lub odtworzenia wycenianej technologii. Innymi słowy potencjalny inwestor jest w stanie ponieść koszt zakupu danej technologii, który będzie nie wyższy niż koszt jej samodzielnego opracowania.

Wśród odmian metody kosztowej na szczególną uwagę zasługują metody: kosztu zastąpienia i odtworzenia. Przy metodzie kosztów odtworzenia określa się koszty, jakie należy ponieść do wytworzenia identycznych aktywów przy zastosowaniu tej samej technologii i materiałów, które wykorzystano uprzednio. Natomiast przy metodzie kosztów zastąpienia

kluczową kwestią jest określenie nakładów finansowych koniecznych dla wytworzenia rozwiązania o takiej samej funkcjonalności, jednakże niekoniecznie z wykorzystaniem takich samych materiałów i technologii, jak przy wzorcowych aktywach. Ze względu na ochronę patentową pochłaniacza tlenu ZEVIFOS i w związku tym brakiem podstaw do odtwarzania identycznej technologii, za właściwą dla danego przypadku należy uznać metodę zastąpienia [Ubranek, 2008].

Odrębnym wariantem wyceny aktywów niematerialnych przy wykorzystaniu podejścia kosztowego jest bazowanie na kosztach historycznych, jakie zostały poniesione na wytworzenie aktywów. Jest to podejście zbliżone do metod stosowanych w rachunkowości finansowej. W tym podejściu jako wartość aktywów niematerialnych przyjmuje się ich koszt historyczny pomniejszony o amortyzację bądź też likwidację. Zastosowanie tej metody wymaga określenia całkowitego czasu zamortyzowania czynnika niematerialnego w celu ustalenia rocznej stopy amortyzacji. W analizowanym przypadku wyceny technologii, jaką jest nanokompozytowy pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, nie było to możliwe w momencie wyceny. W związku z powyższym, określenie wartości technologii za pomocą kosztów historycznych nie będzie przedmiotem niniejszej pracy.

Metody kosztowe stwarzają możliwości najbardziej wiarygodnego szacowania wartości technologii, jeżeli zostaną spełnione dwa podstawowe warunki: ujęcie wszystkich kosztów poniesionych przy wytworzeniu technologii oraz uwzględnienie czynników zmieniających wartość technologii. W praktyce najczęściej mamy do czynienia z czynnikami zmniejszającymi wspomnianą wartość.

Wyróżniamy trzy rodzaje dezaktualizacji czynników wpływających na wspomnianą wartość aktywów: funkcjonalną, technologiczną oraz ekonomiczną. Dezaktualizacja funkcjonalna zachodzi w przypadku, gdy dany czynnik niematerialny nie spełnia już wszystkich pierwotnych funkcji w pełnym zakresie. Do takiego zjawiska dochodzi na przykład w sytuacji osłabienia pozycji marki na rynku. Nie jest ona już zdolna do przyciągania klientów tak bardzo, jak dotychczas – traci wówczas swoją istotną funkcję. Przykładem może być także wygasająca ochrona patentowa, która traci swoją fundamentalną funkcję. Dezaktualizacja technologiczna ma miejsce w przypadku utraty znaczenia danego rozwiązania w miarę postępu

technologicznego. Dotychczasowe technologie są zastępowane przez nowe rozwiązania, które przeważnie niwelują mankamenty obecne do tej pory. Na przykład są bardziej ekonomiczne lub ekologiczne. Natomiast dezaktualizacja ekonomiczna ma miejsce w przypadku wystąpienia czynników zewnętrznych w stosunku do technologii. Przykładem może być zmiana potrzeb odbiorców [Urbanek, 2008].

Metody rynkowe

Fundamentem metod rynkowych są skorelowane ze sobą zasady ekonomiczne, takie jak zasada konkurencji oraz równowagi rynkowej. Zgodnie z tymi zasadami w warunkach wolnego rynku siły popytu i podaży ustalają cenę równowagi. Dotyczy to także wartości niematerialnej [Urbanek, 2008]. W myśl tych zasad cena to kwota, jaką dany kupujący jest skłonny zapłacić sprzedającemu za konkretny przedmiot transakcji. Jednakże na każdego z uczestników transakcji oddziałują czynniki pozarynkowe. Gdy czynniki te nie są występującymi powszechnie, mamy do czynienia z sytuacją, gdy cena nie odzwierciedla wartości rynkowej przedmiotu transakcji. Wówczas nie można zastosować rynkowej metody wyceny. Podobną sytuację obserwujemy w przypadku, gdy warunki rynkowe przy analizowanej transakcji uległy znaczącej zmianie w stosunku do warunków transakcji odniesienia. Cena zapłacona przy wcześniejszej transakcji nie może być wówczas ceną odniesienia dla przyszłej transakcji.

W przypadku aktywów niematerialnych uwarunkowania rynkowe zawsze wpływają na ich wartość. Przy założeniach wolnego rynku, cena równowagi zawsze jest wypadkową popytu i podaży. Jest ona kształtowana przez nasilenie dostępności dóbr substytucyjnych.

Metody rynkowe stosowane do wycen aktywów niematerialnych można podzielić na dwa podstawowe etapy:

- Zebranie danych dotyczących przeszłych transakcji kupna-sprzedaży lub też warunków licencjonowania porównywalnego aktywa niematerialnego.
- Charakterystyka bieżących warunków rynkowych i określenie zmian, jakie nastąpiły w czasie, od momentu transakcji, z jaką chcemy porównywać analizowaną obecnie transakcję.

Powyższe działania pozwalają na określenie czy metody rynkowe będą mogły znaleźć zastosowanie do wyceny danego aktywa niematerialnego. Bazują one bowiem na porównaniach transakcjach kupna-sprzedaży bądź licencjonowania, jakie były w ostatnim czasie przeprowadzane na rynku. Do ich zastosowania muszą być spełnione trzy podstawowe warunki:

- Przeszłe transakcje z udziałem podobnych aktywów.
- Istnienie aktywnego rynku aktywów zbliżonych do wycenianego dobra niematerialnego.
- Dostęp do informacji dotyczących warunków przeszłych transakcji.

Wspomniane warunki w dużym stopniu ograniczają możliwość zastosowania rynkowych metod wyceny w przypadku dóbr niematerialnych. Szczególnie ze względu na to, iż aktywa niematerialne są przeważnie unikalne i trudno zastępowalne, a także dlatego, iż znaczna część czynników niematerialnych nie jest przedmiotem transakcji rynkowych.

Metody dochodowe

Metody dochodowe wyceny wartości niematerialnych są oparte na zasadzie przewidywań. U ich podstaw leży zasada, iż wartość aktywów niematerialnych jest równa wartości spodziewanych korzyści z ich posiadania. Aby móc zastosować metody dochodowe koniczne jest wyodrębnienie korzyści ekonomicznych, które wynikają jedynie z wycenianego czynnika niematerialnego. W praktyce stosuje się w tym celu różne miary dochodów, jakie są udziałem posiadanego aktywa niematerialnego. Są to między innymi: zysk operacyjny, zysk brutto przed opodatkowaniem, zysk netto, operacyjne lub wolne przepływy gotówkowe. Należy przy tym pamiętać, że w zależności od wybranej miary dochodów przedsiębiorstwa, konieczne jest zastosowanie odpowiedniej stopy np. opartej na koszcie kapitału własnego [Urbanek, 2008].

W miarę upływu czasu pieniądz traci swoją wartość. Zasada ta znajduje szczególne zastosowanie w momencie inwestycji pieniądza. Inwestowanie w zależności od okoliczności może wiązać się z zyskiem bądź ze stratą. Jednakże pieniądz niezainwestowany także zmienia swoją wartość w wyniku inflacji. Założenie zmiennej wartości pieniądza w czasie może być

wyjaśnione następująco: ta sama suma pieniężna otrzymana dziś oraz np. za rok nie mają tej samej wartości nabywczej. Jest to wynikiem działania następujących czynników [Dynus, 2006]:

- spadek siły nabywczej - to konsekwencja dodatniej inflacji; oznacza to, że produkt, którego cena wynosi dziś 1000 zł za rok najprawdopodobniej będzie kosztować więcej niż 1000 zł,
- możliwość inwestowania - zakładając korzystną inwestycję, kwota 1000 zł po zainwestowaniu na pewien okres warta jest więcej niż 1000 zł,
- występowanie ryzyka - ryzyko występuje wtedy, gdy istnieje możliwość uzyskania w przyszłości sumy pieniężnej mniejszej niż suma, którą inwestor spodziewa się otrzymać,
- preferowanie bieżącej konsumpcji - większość ludzi przedkłada bieżącą konsumpcję ponad przyszłą konsumpcję, tzn. 1000 zł teraz jest bardziej cenione i atrakcyjne niż suma pieniężna 1000 zł przeznaczona na konsumpcję za rok. Pozwala zaspokoić bieżące potrzeby, a nie przyszłe.

Określenie wartości zmian pieniądza w czasie związane jest z dwoma działaniami matematycznymi: oprocentowaniem i dyskontowaniem. Oprocentowanie to inaczej wyliczenie przyszłej wartości pieniądza w oparciu o określone warunki. Tymi warunkami są stopa procentowa oraz czas trwania lokaty. Natomiast dyskontowanie jest działaniem odwrotnym do oprocentowania. Wskazuje ono bieżącą wartość pieniądza określonej kwoty kapitału w danych warunkach kalkulacji.

Innymi słowy, oprócz stopy procentowej oraz horyzontu czasowego, w obliczeniach z zastosowaniem zasady wartości pieniądza w czasie występują dwa podstawowe pojęcia:

- **Wartość przyszła** oznaczana przez FV (ang. future value), jest to wartość otrzymana lub płacona w przyszłości, lub wartość pieniężna rozpatrywana z punktu widzenia pewnego momentu w przyszłości. Działaniem, które wskazuje przyszłą wartość pieniądza jest oprocentowanie.
- **Wartość bieżąca** (obecna, zaktualizowana) oznaczana przez PV (ang. present value), jest to wartość otrzymana lub płacona dziś, lub wartość pieniężna rozpatrywana z

punktu widzenia dnia dzisiejszego. Działaniem, które pozwala określić wartość bieżącą jest dyskontowanie.

Aby właściwie ocenić efektywność inwestycyjną w przypadku aktywa niematerialnego należy oszacować koszt kapitału własnego, który w dużym uproszczeniu jest wymaganą stopa zwrotu dla inwestorów. Kapitał własny jest zdecydowanie droższym od kapitału obcego źródłem finansowania, gdyż w przypadku kapitału własnego występuje ryzyko nieodzyskania kapitałów oraz zmienności dochodów w czasie [Gołębiowski i Taczała, 2009]. Metod służących oszacowaniu wspomnianego kosztu kapitału własnego jest kilka i można zaliczyć do nich m.in.**:**

- Metodę składania (build up method),
- Model wyceny aktywów kapitałowych (capital assets pricing model, CAPM),
- Model stałego wzrostu dywidendy (model Gordona).

Metoda składania stanowi intuicyjny sposób szacowania kosztu kapitału własnego, który można zastosować do wszystkich przedsiębiorstw. Polega ona na składaniu poszczególnych elementów ryzyka, które powinien uwzględnić inwestor, który buduje swoje oczekiwania co do zwrotu z kapitału własnego. U podstaw tego rozumowania znajduje się oczekiwana stopa zwrotu z kapitału własnego, w skład której wchodzą rekompensaty za poniesione przez inwestora czynniki ryzyka dotyczące inwestycji [Mikołajewicz i Nowicki, 2021].

Koszt kapitału własnego oblicza się zatem według poniższego wzoru:

$$k_{KW} = r_x + x_1 + x_2 + \cdots + x_n \qquad (9)$$

gdzie:

k_{KW} – koszt kapitału własnego

r_f – stopa zwrotu wolna od ryzyka

$x_{1,2\ldots n}$ – premie z tytułu poszczególnych czynników ryzyka

Najczęściej stosowaną metodą szacowania kosztu kapitału własnego jest jednak model wyceny aktywów kapitałowych (CAPM). Pozwala ona zobrazować zależność pomiędzy ponoszonym ryzykiem rynkowym, a oczekiwaną stopą zwrotu z portfela aktywów finansowych. W przypadku tego modelu koszt kapitału własnego oblicza się według poniższego wzoru:

$$k_{KW} = r_f + \beta * (r_m - r_f) \quad (10)$$

Gdzie:

k_{KW} – koszt kapitału własnego

r_f – stopa zwrotu wolna od ryzyka

r_m – stopa zwrotu z portfela rynkowego

β – współczynnik beta

Stopę wolną od ryzyka wyznacza się na podstawie rentowności rządowych papierów wartościowych, które są określane jako najbezpieczniejsze instrumenty finansowe. Stopa wolna od ryzyka informuje nas o minimalnym zysku, który można uzyskać poprzez inwestowanie kapitału bez ryzyka niewykonania zobowiązań. W praktyce do określenia stopy wolnej od ryzyka wykorzystuje się oprocentowanie obligacji lub bonów skarbowych. Różnica pomiędzy stopą zwrotu z portfela rynkowego a stopą zwrotu wolną od ryzyka określa się jako premię za ryzyko rynkowe związane z inwestowaniem w papiery wartościowe na danym rynku kapitałowym [Michalak, 2012].

Natomiast współczynnik beta wyznacza poziom ryzyka rynkowego, które jest związane z inwestowaniem w aktywa danego przedsiębiorstwa. Współczynnik jest zależny od branży przedsiębiorstwa, struktury jego majątku, a także źródeł finansowania [Michalak, 2011].

Zatem koszt kapitału własnego w przypadku modelu CAPM jest to stopa wolna od ryzyka powiększona o premię za ryzyko, która wyrażona jest w odniesieniu do premii za ryzyko rynkowe za pomocą współczynnika beta.

Własność intelektualna jest znaczącym czynnikiem dla sukcesu gospodarczego. Generuje wartość dodaną na wiele sposobów i jest kluczowym zasobem dla każdej branży. Dlatego rzetelna wycena jej wartości jest tak istotnym zagadnieniem. Teoria wyceny wartości intelektualnej oferuje trzy opisane powyżej podstawowe podejścia: kosztowe, rynkowe oraz dochodowe. Ze względu na specyfikę własności intelektualnej niekiedy pojawiają się trudności w stosowaniu niektórych metod.

Metody kosztowe są stosunkowo łatwe do zastosowania, lecz ich niewątpliwym mankamentem koncepcyjnym jest wycena kosztu, a nie korzyści płynących z posiadania danego czynnika niematerialnego. Podejście rynkowe stwarza natomiast duży problem porównawczy ze względu na specyfikę wartości niematerialnych. Są one często innowacjami

unikatowymi na skalę światową. W przypadku metod rynkowych problemem jest także pozyskanie wiarygodnych danych dotyczących transakcji kupna-sprzedaży czy licencjonowania aktywów niematerialnych, które często nie są przedmiotem transakcji rynkowych. W kontekście powyższego najodpowiedniejsze wydają się być metody dochodowe w zastosowaniu do wycen wartości niematerialnych. Cechuje je długoterminowa perspektywa, znacząca uniwersalność oraz największa dokładność ze względu na największą ilość zmiennych uwzględnianych w wycenach [Wirtz, 2012]. Natomiast w metodach dochodowych nie wycenia się elastyczności związanej z różnymi możliwościami wykorzystania aktywów w zależności od zmieniających się okoliczności [Urbanek, 2008]. Dlatego zaleca się stosowanie przynajmniej dwóch metod wyceny i weryfikację uzyskanych wyników metodami alternatywnymi. Wybór konkretnych podejść i metod wyceny zależeć powinien od przedmiotu oraz celu wyceny [Wirtz, 2012].

Kierując się zaleceniami literaturowymi przytoczonymi powyżej, najbardziej odpowiednimi podejściami dotyczącymi wyceny wartości niematerialnej, jaką jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, będą metody kosztowe oraz metody dochodowe. Metody rynkowej nie można zastosować ze względu na brak transakcji odniesienia z udziałem podobnych aktywów. Nie można także mówić o aktywnym rynku podobnie wycenianych technologii ze względu na innowacyjność rozwiązania, jakim jest wspomniany pochłaniacz tlenu ZEVIFOS.

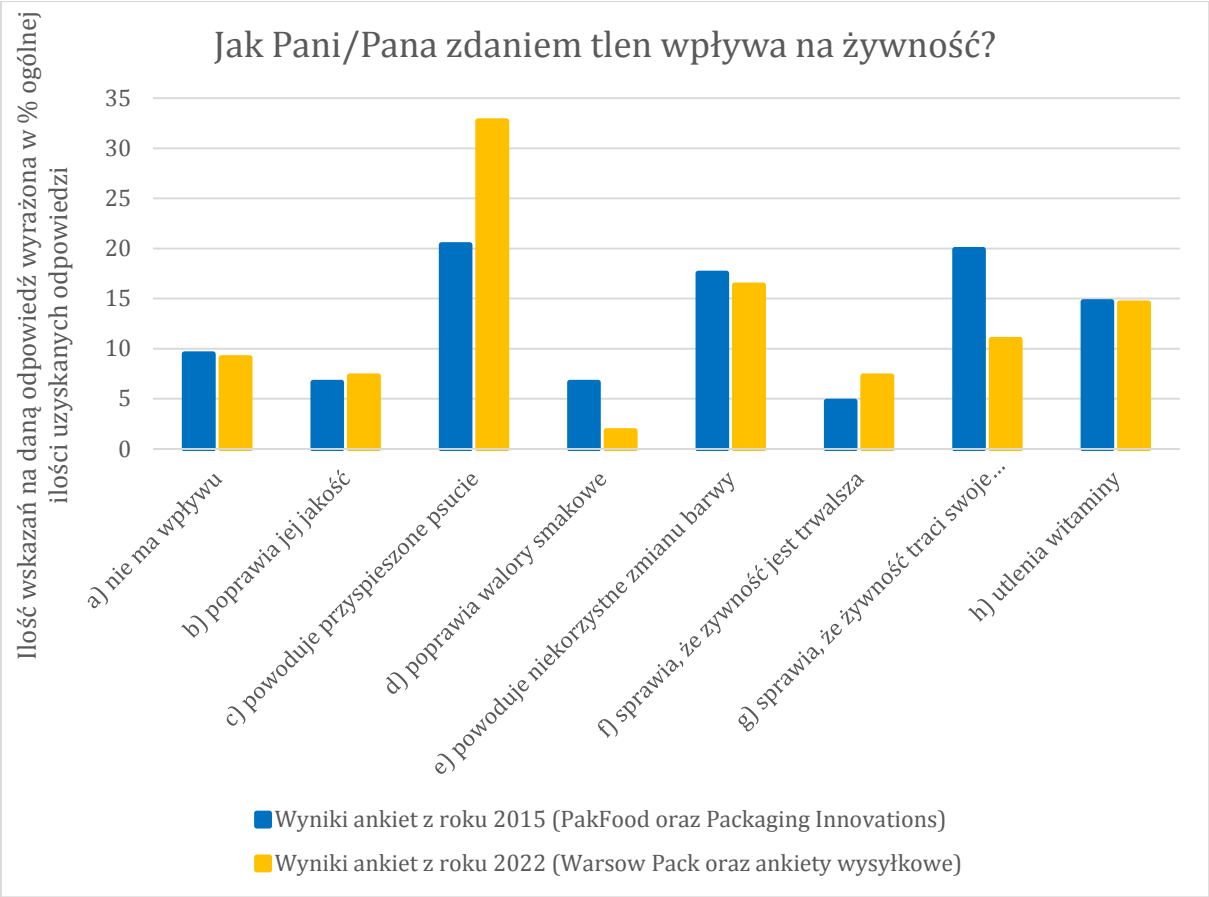
Teoria wyceny wartości niematerialnych jest obecnie dobrze ugruntowanym i szeroko opisanym zagadnieniem. Pomimo charakteru naukowego, w przeważającej części pełni ona rolę praktyczną. Dalsze rozważania naukowe w tej dziedzinie – choć istotne - dotyczą dziś głównie aspektów szczegółowych. W wielu obszarach wycena aktywa niematerialnego stanowi podstawę do komercjalizacji innowacji produktowej czy technologicznej, i jest znaczącym elementem dla praktyki gospodarczej. Dla jednostek naukowych główną funkcją takiego narzędzia jest możliwość wynegocjowania optymalnej strategii komercjalizacji. Zatem sama wycena pełni znaczącą rolę katalizatora innowacyjnego aktywa niematerialnego, w technologiczne rozwiązanie przemysłowe.

6. Wyniki badań i ich omówienie

6.1 Wyniki badania konsumenckiego dotyczącego postrzegania pochłaniaczy tlenu

Poniższy rozdział przedstawia wyniki przeprowadzanych badań postrzegania pochłaniaczy tlenu. Wyniki badania ankietowego zostały podzielone na te przeprowadzone w roku 2015 na targach PakFood oraz Packaging Innovations, oraz te przeprowadzone w roku 2022 na targach Warsaw Pack oraz za pomocą wysłanych ankiet. Podział taki miał na celu przedstawienie potencjalnych zmian w postrzeganiu pochłaniaczy tlenu przez osoby z branży spożywczej i opakowaniowej. Ze względu na pytania wielokrotnego wyboru wyniki zostały wyrażone w wartości procentowej. Takie przedstawienie uzyskanych wyników, jest zdaniem autorki bardziej przejrzyste i umożliwia porównywanie wyników.

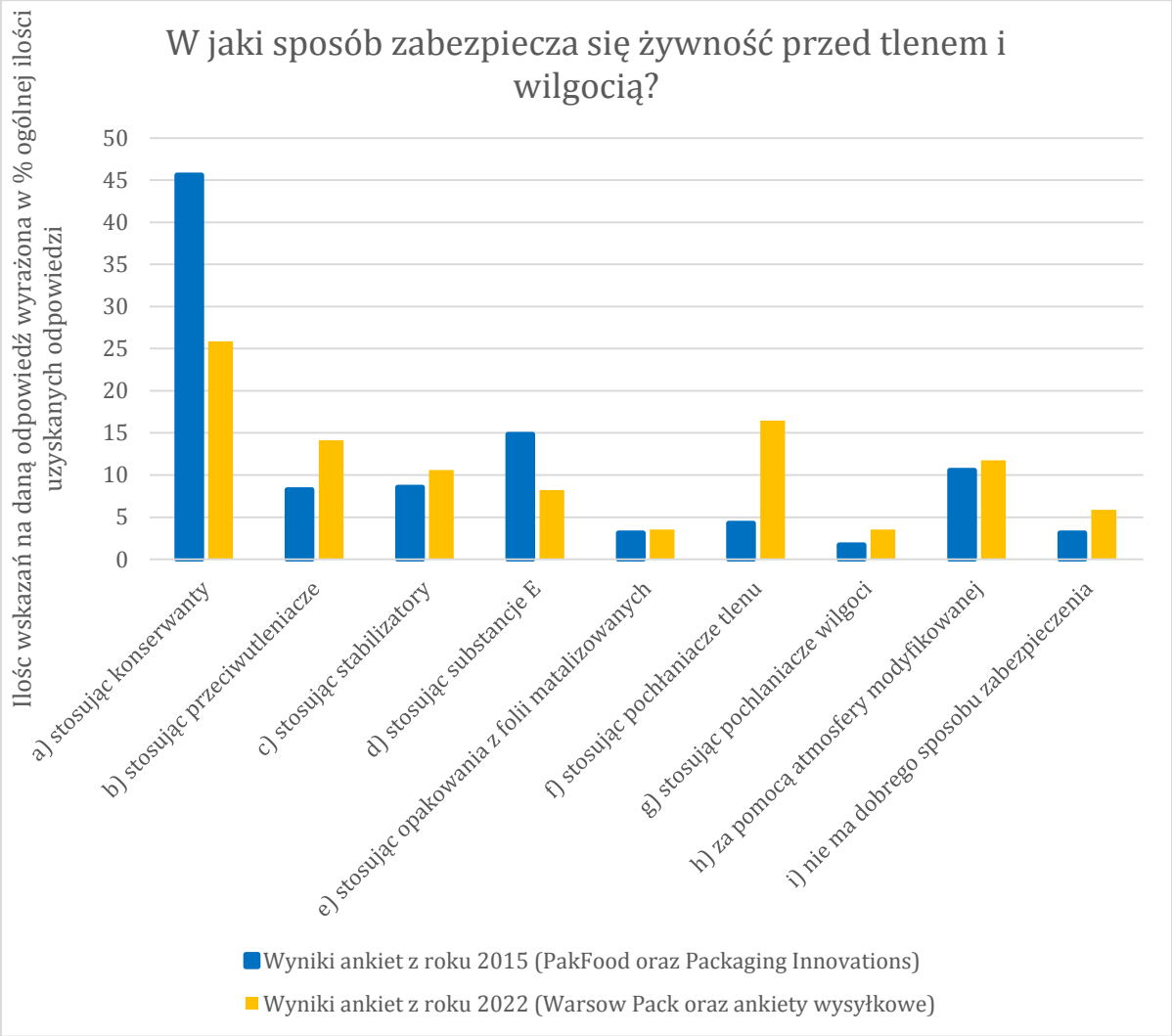
Pierwsze pytanie postawione respondentom brzmiało „Jak Pana/Pani zdaniem tlen wpływa na żywność?" Było to pytanie wielokrotnego wyboru. Zdecydowana większość spośród ogólnej liczby respondentów wskazała jako odpowiedź na powyższe pytanie, iż tlen powoduje przyspieszone psucie. Na tę odpowiedź wskazało 27% respondentów. Co interesujące w przypadku tej odpowiedzi wystąpiła istotna dysproporcja pomiędzy wskazaniami tej odpowiedzi w latach 2015 (20%), a 2022 (33%). Wyniki te mogą świadczyć o wzroście świadomości osób z branży opakowaniowej i spożywczej na temat wpływu tlenu na psucie się produktów spożywczych w miarę upływu czasu. Następną w kolejności odpowiedzią, pod względem wskazań respondentów była odpowiedź, iż obecność tlenu wpływa niekorzystnie na zmianę barwy. Było to 17% odpowiedzi spośród ogólnej liczby udzielonych odpowiedzi na powyższe pytanie. Pozostałe wyniki dotyczące odpowiedzi na to pytanie prezentuje poniższy wykres 4.



Wykres 4 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: Jak Pana/Pani zdaniem tlen wpływa na żywność? (pytanie wielokrotnego wyboru)

Drugim pytaniem, jakie zostało postawione respondentom było pytanie „W jaki sposób zabezpiecza się żywność przed tlenem i wilgocią?”. To pytanie było również pytaniem wielokrotnego wyboru. Zdecydowanie największa ilość wskazań została zanotowana w przypadku odpowiedzi, iż zabezpieczyć żywność przed tlenem i wilgocią można poprzez zastosowanie konserwantów. Było to 36% wszystkich udzielonych odpowiedzi na to pytanie. Najmniej wskazań było na odpowiedzi dot. zastosowania pochłaniaczy wilgoci (3%), stosowania opakowań z folii metalizowanych (3%), a także zdaniem 5% osób ankietowanych nie ma dobrego sposobu zabezpieczenia przed tlenem i wilgocią. Co istotne 10% otrzymanych odpowiedzi z pośród wszystkich wskazało jako sposób zastosowanie pochłaniaczy tlenu. W przypadku tej odpowiedzi odnotowano także istotną zmianę w ilości wskazań na tę odpowiedź pomiędzy przeprowadzaniem ankiet w roku 2015, a 2022. W roku 2015 jedynie 4%

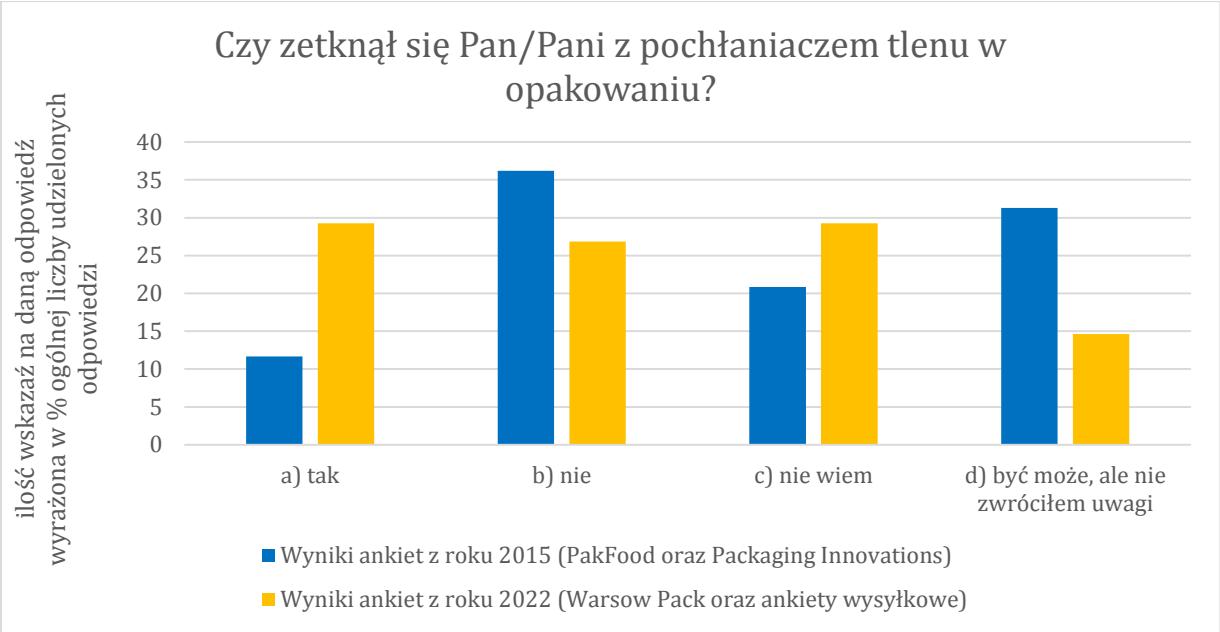
udzielonych odpowiedzi wskazywało na pochłaniacze tlenu, natomiast w roku 2022 było to już 16%. Zmiana ta może świadczyć o wzroście wiedzy na temat pochłaniaczy tlenu oraz o możliwościach ich zastosowania wśród osób z branż opakowaniowych i spożywczych. Poniższy wykres 5 przedstawia wszystkie uzyskane odpowiedzi na powyższe pytanie.



Wykres 5 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: W jaki sposób zabezpiecza się żywność przed tlenem i wilgocią? (pytanie wielokrotnego wyboru)

Następnym, bardzo istotnym z punktu widzenia tematyki badań oraz całej pracy doktorskiej, było poproszenie ankietowanych o odpowiedź na pytanie „Czy zetknął się Pan/Pani z pochłaniaczem tlenu w opakowaniu? Było to pytanie jednokrotnego wyboru,

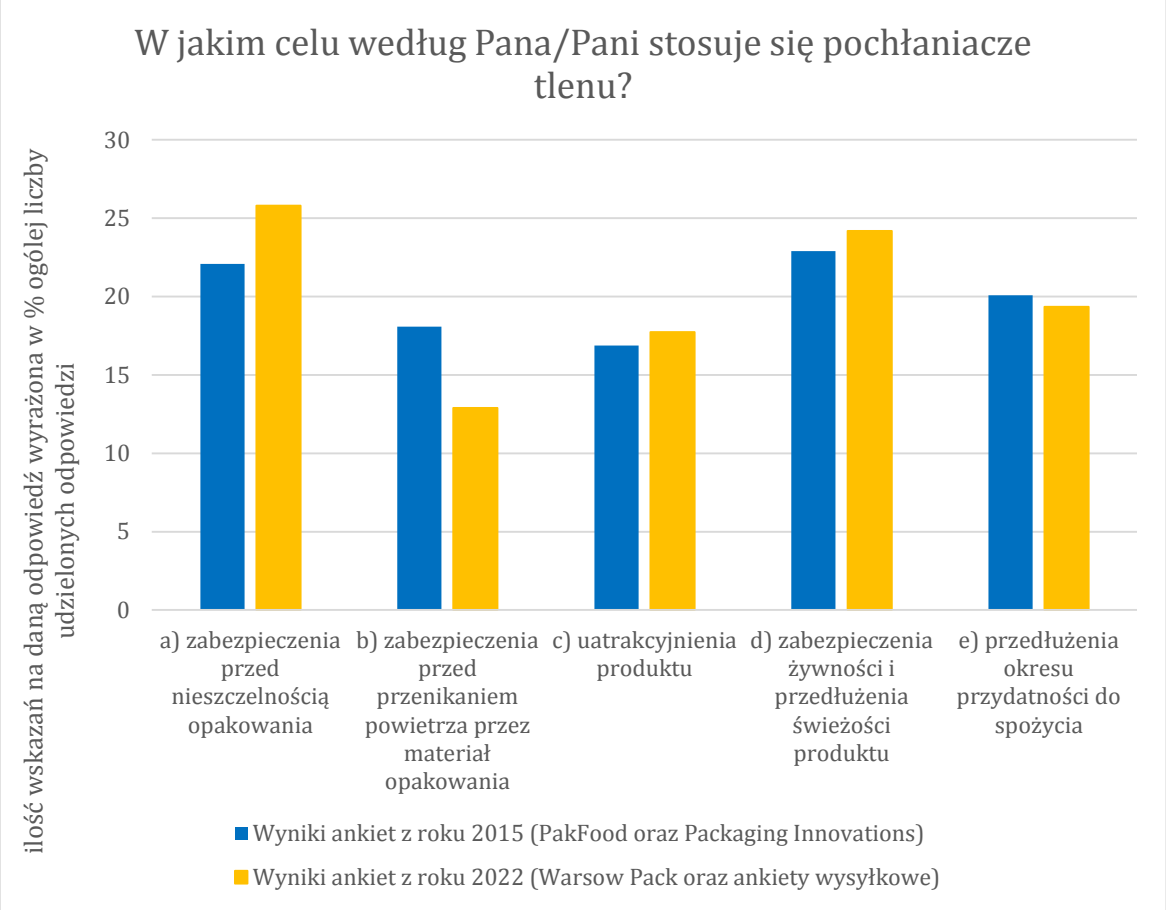
jednakże w przypadku odpowiedzi twierdzącej, osoba ankietowana była proszona o doprecyzowanie w jakim produkcie? Z uzyskanych danych wynika, iż 32% ogólnej liczby respondentów nie spotkała się z pochłaniaczem tlenu w opakowaniu. Natomiast 25% osób nie ma pewności czy zetknęła się z pochłaniaczem oraz 23% wskazało jako odpowiedź, być może, ale nie zwróciło na to uwagi. Powyższa łączna ilość osób mających wątpliwości (48%) co do kontaktu z pochłaniaczem, pozwala wysnuć wnioski, iż blisko połowa ankietowanych nie zwróciła uwagi na pochłaniacz. Nie mógł być on zatem determinantą wyboru danego produktu. Osób, które deklarowały, iż pochłaniacz tlenu znalazł się w ich opakowaniu z produktem było łącznie 20% spośród wszystkich respondentów. Bardzo istotna jest w tym przypadku zmiana w ilości wskazań na tę odpowiedź pomiędzy przeprowadzaniem ankiet w roku 2015, a 2022. W roku 2015 jedynie 12% udzielonych odpowiedzi wskazywało na kontakt z pochłaniaczem tlenu w opakowaniu, natomiast w roku 2022 było to już 29%, czyli blisko jedna trzecia respondentów. Opisana zmiana może wynikać z coraz szerszego upowszechniania się pochłaniaczy tlenu także na naszym rodzimym rynku. W zdecydowanej większości pochłaniacze tlenu są obecne na polskim rynku w produktach importowanych. Produkty, jakie zostały wskazane przez osoby ankietowane jako te w których wystąpił pochłaniacz tlenu to słodycze, karma dla zwierząt, przekąski, suszona wołowina. Szczegółowe dane dotyczące ilości udzielonych odpowiedzi na to pytanie przedstawia poniższy wykres 6.



Wykres 6 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: Czy zetknął się Pan/Pani z pochłaniaczem tlenu w opakowaniu z żywnością? Jeśli tak to w jakim produkcie?

Czwartym pytaniem, które zostało postawione osobom ankietowanym było „W jakim celu Pana/Pani zdaniem stosuje się pochłaniacze tlenu? Pytanie w kontekście tematyki pracy oraz obszaru badań, równie istotne, co poprzednie. Pozwala bowiem uzyskać wiedzę o możliwościach wykorzystania pochłaniaczy tlenu zdaniem respondentów, oraz o wiedzy na temat samych pochłaniaczy tlenu. Odpowiedziami, które uzyskały największy średni wynik wskazań przez ankietowanych były, iż pochłaniacze tlenu zabezpieczają przed nieszczelnością opakowania (24%), oraz iż zabezpieczają żywność i przedłużają śnieżność produktu (24%). Zmiana w ilości wskazań w przypadku tych odpowiedzi pomiędzy przeprowadzaniem ankiet w roku 2015, a 2022 nie uległa znaczącej zmianie. Odpowiedzią z najniższą ilością średnich wskazań było stwierdzenie, że pochłaniacze tlenu stosuje się w celu zabezpieczenia przed przenikaniem powietrza przez materiał opakowania. Było to jedynie 15% całkowitej liczby odpowiedzi. Uzyskana ilość wskazań na poszczególne odpowiedzi nie uległa znaczącym zmianom pomiędzy ankietami przeprowadzanymi w roku 2015 oraz w roku 2022. Może świadczyć to o posiadanej wiedzy dotyczącej możliwości zastosowania pochłaniaczy tlenu. Ilość wskazań na poszczególne odpowiedzi była także względnie wyrównana. Żadna z

odpowiedzi nie wyróżniała się znacząco pod względem uzyskanej ilości wskazań. Szczegółowe wyniki dotyczące ilości udzielonych odpowiedzi na to pytanie przedstawia poniższy wykres 7.



Wykres 7 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: W jakim celu według Pana/Pani stosuje się pochłaniacze tlenu?

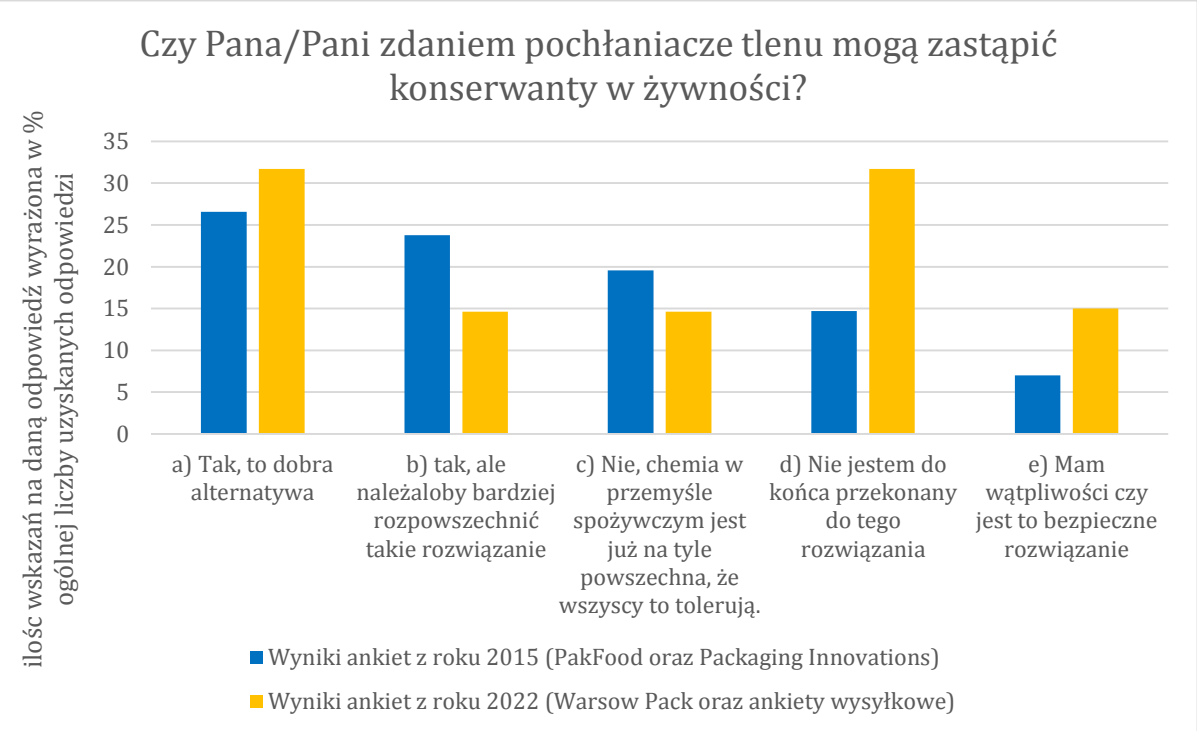
Następnym pytaniem, jakie zostało skierowane do respondentów było „Jakie są Pana/Pani zdaniem korzyści wynikające ze stosowania pochłaniaczy tlenu?" Było to pytanie wielokrotnego wyboru. Pytanie pozwala uzyskać odpowiedzi dotyczące walorów zastosowania pochłaniaczy tlenu oraz ich wartościowanie przez respondentów. Osoby ankietowane jako najistotniejszą korzyść, wynikającą z zastosowania pochłaniaczy tlenu, wskazały przedłużenie trwałości żywności. Odpowiedź ta uzyskała 27% wskazań. Pomiędzy ankietami przeprowadzonymi w roku 2015, a w 2022 nastąpił wzrost wskazań na tę odpowiedź o 10%. Natomiast za najmniej istotną wskazano ochronę środowiska - mniej

odpadów żywnościowych. Ta korzyść uzyskała jedynie 15% odpowiedzi z pośród wszystkich. Odnotowała ona także 15% spadek wskazań pomiędzy rokiem 2015, a 2022. Była to także jedyna odpowiedź, która odnotowała spadek wskazań na przestrzeni czasu. To zmiana mogąca świadczyć o spadku priorytetu ochrony środowiska poprzez niemarnowanie żywności. Nawet korzyść marketingowa uzyskała wyższy procent wskazań niż powyższa odpowiedź dotycząca ochrony środowiska. Na powyższe wyniki może mieć wpływ sytuacja pandemiczna w kraju i na świecie. W wielu dziedzinach odnotowano spadek trendów pro środowiskowych na rzecz szeroko rozumianego bezpieczeństwa konsumenta. Szczegółowe wyniki odpowiedzi na to pytanie ankietowe przedstawia poniższy wykres 8.

Wykres 8 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: Jakie są Pana/Pani zdaniem korzyści wynikające ze stosowania pochłaniaczy tlenu? (pytanie wielokrotnego wyboru)

Bardzo istotnym pytaniem w kontekście komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS było kolejne postawione respondentom pytanie „Czy Pana/Pani zdaniem pochłaniacze tlenu mogą zastąpić konserwanty w żywności?" Kluczowym zadaniem przy stosowaniu zarówno pochłaniaczy tlenu, jak i konserwantów, jest przedłużenie trwałości i jakości produktu. Zatem

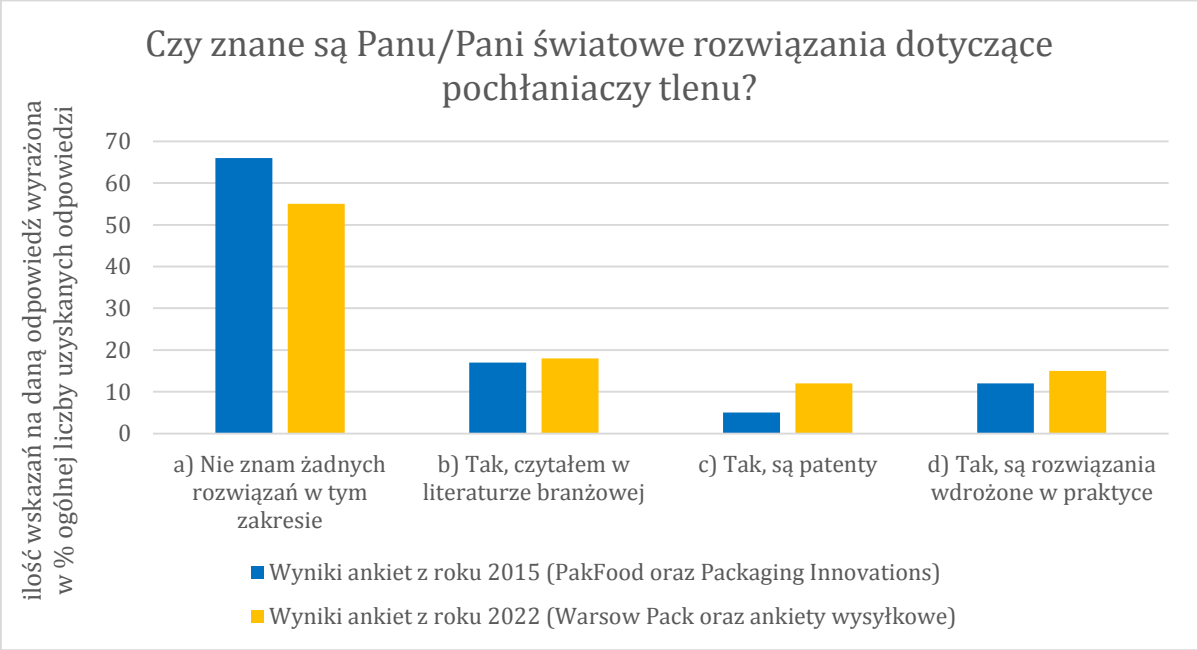
odpowiedzi na to pytanie mogą wskazywać szanse na zastąpienie chemicznych konserwantów przez pochłaniacze tlenu. Ponad 48% osób ankietowanych uważała, że to dobra alternatywa. Spośród tych respondentów 19% wskazywało na potrzebę większego rozpowszechnienia tego rozwiązania. Spośród ankietowanych 17% była stanowczo przeciwna zastępowaniu chemicznych konserwantów przez pochłaniacze tlenu. Duży odsetek osób, bo aż 35%, miało wątpliwości dotyczące pochłaniaczy tlenu, a 11% osób wskazało na obawy co do bezpieczeństwa tego rozwiązania. Różnice we wskazywanych odpowiedziach pomiędzy rokiem 2015, a 2022 są interesujące. W miarę upływu czasu ilość osób będących zdecydowanymi przeciwnikami pochłaniaczy tlenu jako alternatywy dla chemicznych konserwantów spadła o 5%. O 25% wzrosła ilość osób niezdecydowanych w roku 2022 względem roku 2015. Wśród tych osób o 8% więcej w roku 2022 niż w roku 2015 wskazało także na wątpliwości dotyczące bezpieczeństwa. Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, iż komercjalizacja pochłaniacza tlenu ZEVIFOS ma szansę na sukces rynkowy, jednakże konieczne jest upowszechnienie tego rozwiązania oraz rozwianie obaw dotyczących bezpieczeństwa tej innowacji punktowo-technologicznej. Szczegółowe wyniki odpowiedzi na to pytanie przedstawia poniższy wykres 9.



Wykres 9 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe)

dotyczące odpowiedzi na pytanie: Czy Pana/Pani zdaniem pochłaniacze tlenu mogą zastąpić konserwanty w żywności?

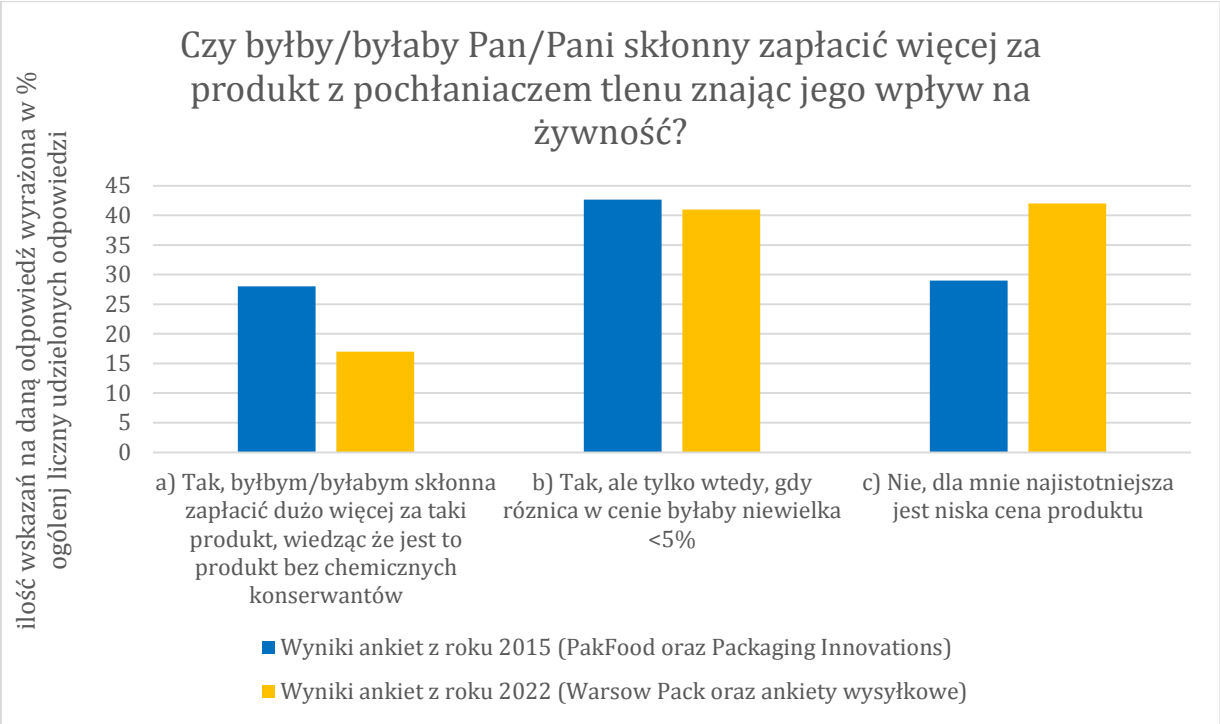
Pogłębiając temat znajomości pochłaniaczy tlenu wśród respondentów, sformułowano następujące pytanie „Czy znane są Panu/Pani światowe rozwiązania dotyczące pochłaniaczy tlenu w żywności?" Analizując zebrane wyniki odpowiedzi na to pytanie dowiadujemy się, iż zdecydowana większość ankietowanych osób nie zna żadnych rozwiązań w tym zakresie. Na taką odpowiedź wskazało 61% respondentów. Pozostałym osobom (40%) znane są rozwiązania z tego obszaru. Część osób czytało o pochłaniacza tlenu w literaturze branżowej (18%), część słyszało o patentach dotyczących pochłaniaczy tlenu (9%), są też takie osoby, które znają rozwiązania wdrożone w praktyce dotyczące tej dziedziny (14%). Co istotne, pomiędzy ankietami przeprowadzonymi w roku 2015, a w 2022 nastąpił wzrost wskazań na odpowiedzi dotyczące znajomości pochłaniaczy tlenu, a spadła ilość wskazań na odpowiedź o braku znajomości takich rozwiązań. Świadczy to o popularyzacji wiedzy na temat pochłaniaczy tlenu wśród osób branży opakowaniowej i spożywczej. Poniższy wykres 10 przedstawia szczegółowe wyniki odpowiedzi na to pytanie ankietowe.



Wykres 10 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe)

dotyczące odpowiedzi na pytanie: Czy znane są Panu/Pani światowe rozwiązania dotyczące pochłaniaczy tlenu w żywności?

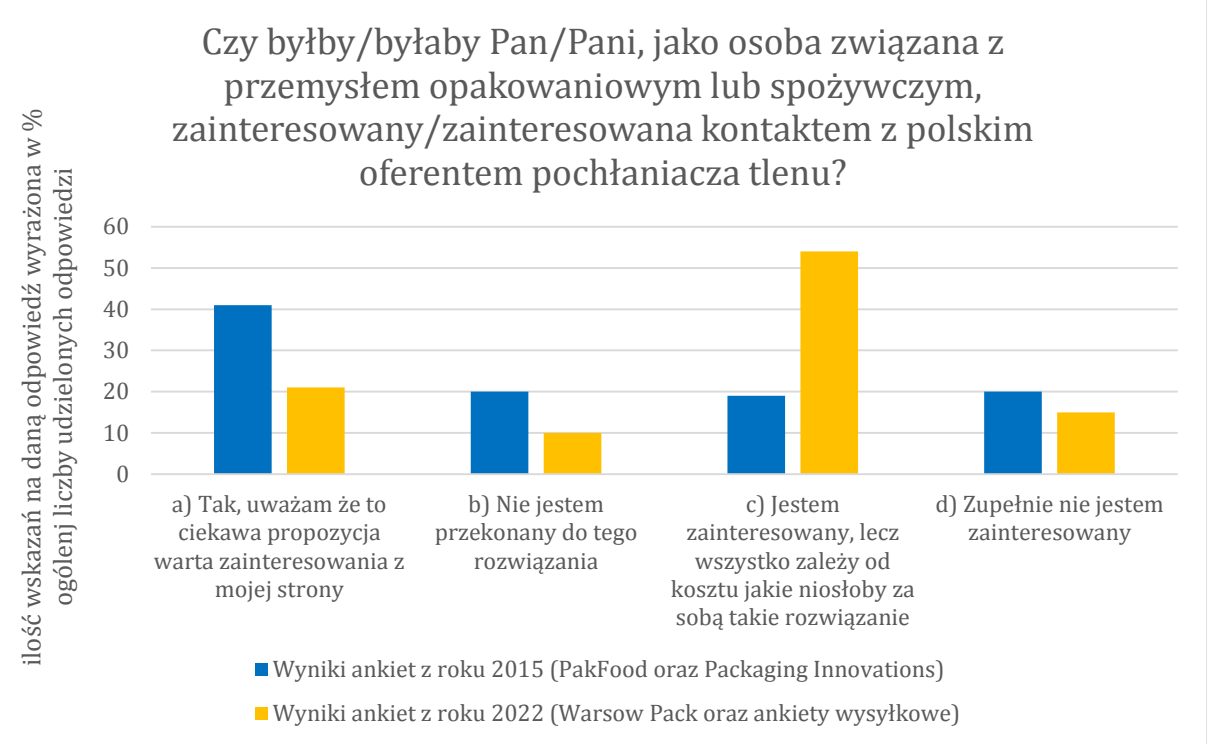
Cena jest nieodłącznym elementem produktu. W przypadku komercjalizacji nowego produktu może odgrywać wręcz kluczową rolę. Chcą poznać akceptowalny poziom cenowy dla pochłaniacza tlenu, zadano osobom ankietowanym następujące pytanie „Czy byłby/byłaby Pan/Pani skłonny/skłonna zapłacić więcej za produkt z pochłaniaczem tlenu znając jego wpływ na żywność?". Większość respondentów (64%) byłaby skłonna zapłacić więcej za produkt z pochłaniacze tlenu znając jego właściwości, jednakże spośród tych osób 42% byłoby wstanie zaakcentować jedynie niewielką różnicę w cenie tj. mniejszą niż 5%. Ponad jedna trzecia osób (36%) była zdecydowanie przeciwna zwiększonym wydatkom na produkt droższy z pochłaniaczem tlenu i deklarowała, że najistotniejsza jest dla nich cena produktu. Analizując wyniki pomiędzy ankietami z lat 2015 i 2022 dostrzegamy wzrost znaczenia ceny produktu w roku 2022. W roku 2015 osób skłonnych do większych wydatków na produkt z pochłaniaczem tlenu było łącznie 71%, natomiast w roku 2022 już tylko 58%. Wzrosła także ilość osób, które nie były skłonne do większych inwestycji. W roku 2015 było to 29%, natomiast w roku 2022 już 42%. Świadczy to jednoznacznie o wzroście znaczenia kryterium cenowego dla tej innowacji produktowo-technologicznej. Szczegółowe wyniki odpowiedzi na to pytanie ankietowe przedstawia poniższy wykres 11.



Wykres 11 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: Czy byłby/byłaby Pan/Pani skłonny/skłonna zapłacić więcej za produkt z pochłaniaczem tlenu znając jego wpływ na żywność?

Pytanie kończące całe badanie ankietowe, które zostało zadane respondentom, brzmiało „Czy byłby/byłaby Pan/Pani, jako osoba związana z przemysłem opakowaniowym lub spożywczym, zainteresowany/zainteresowana kontaktem z polskim oferentem pochłaniacza tlenu?" Pytanie miało na celu zbadanie skłonności osób ankietowanych do kontaktu z oferentem pochłaniacza tlenu, a tym samym weryfikację potencjału komercjalizacyjnego takiego rozwiązania. Zdecydowana większość ankietowanych, bo aż 68%, byłaby zainteresowana takim kontaktem, jednakże spośród tych osób 37% wskazywało znów na aspekt cenowy, tzn. istotne byłyby koszty, jakie niosłoby za sobą takie rozwiązanie. Jest to kolejne pytanie, którego odpowiedzi wskazują na to, jak istotna byłaby cena pochłaniacza tlenu w procesie komercjalizacji. Analizując wyniki pomiędzy ankietami z lat 2015 i 2022 dostrzegamy także ponownie wzrost znaczenia ceny produktu w roku 2022. W roku 2015 osób zainteresowanych, lecz wskazujących na parametr kosztu jako istotny aspekt było 19%, natomiast w roku 2022 było ich już 54%. To wzrost aż o 35% na przestrzeni czasu. Spośród respondentów, 15% osób nie była przekonana do tego rozwiązania, natomiast 18% zupełnie

nie była nim zainteresowana. Obie te odpowiedzi odnotowały spadek ilości wskazań w roku 2022 względem roku 2015. Podsumowując wyniki odpowiedzi na to pytanie ankietowe, można stwierdzić, że znaczna liczba osób ankietowana jest zainteresowana kontaktem z polskim oferentem pochłaniacza tlenu. Zainteresowanie to wzrasta w miarę upływu czasu, kosztem niezdecydowania bądź zupełnego braku zainteresowania tym rozwiązaniem. Co bardzo istotne, w miarę upływu czasu na znaczeniu zyskuje aspekt kosztowy, który dla znacznej ilości respondentów okazuje się kluczowym parametrem przy rozważaniu pochłaniacza tlenu jako metody przedłużania jakości i trwałości wyrobu. Szczegółowe wyniki dotyczące odpowiedzi na ostatnie pytanie ankietowe przedstawia poniższy wykres 12.



Wykres 12 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: Czy byłby/byłaby Pan/Pani, jako osoba związana z przemysłem opakowaniowym lub spożywczym, zainteresowany/zainteresowana kontaktem z polskim oferentem pochłaniacza tlenu?

Podsumowanie wyników przeprowadzonego badania ankietowego

Pochłaniacze tlenu to bez wątpienia przyszłościowe rozwiązania w systemach pakowania żywności. Ich występowanie w opakowanych z produktami spożywczymi w wielu krajach zachodnich nie dziwi, jednakże w Polsce należy raczej mówić o tych rozwiązaniach w kontekście czasu przyszłego. Wyniki uzyskane w toku badania empirycznego zarysowują trendy i mogą posłużyć za punkt wyjścia do działań komercjalizacyjnych innowacji produktowo-technologicznej, jaką jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS. Mogą także stanowić źródło wiedzy o podstawowych tendencjach zachowań producentów z branży spożywczej i opakowaniowej, a także konsumentów.

Jak wskazują powyższe wyniki badań ankietowych, na przestrzeni czasu rośnie świadomość respondentów na temat skutków obecności tlenu w opakowaniach z produktami spożywczymi. Jednakże cały czas jako najlepsze zabezpieczenie produktów przed obecnością tlenu i wilgoci, osoby ankietowane wskazują na konserwanty chemiczne. Pochłaniacze tlenu zyskują jednak na znaczeniu w miarę upływu czasu. Respondenci w zdecydowanej większości wskazywali także na prawidłowe funkcje pochłaniaczy tlenu, co może świadczyć o wzroście wiedzy wśród osób z branży opakowaniowej i spożywczej na temat tych rozwiązań. Na przestrzeni czasu wzrósł także odsetek osób, które miały styczność z pochłaniaczem tlenu w opakowaniu z produktem. Świadczy to o popularyzacji tych rozwiązań na świecie. Znacząca większość osób ankietowanych wskazuje, że pochłaniacze tlenu to dobra alternatywa dla chemicznej konserwacji żywności. Na przestrzeni czasu w przypadku pochłaniaczy tlenu odnotowano spadek znaczenia poprawy ochrony środowiska w wyniku ich zastosowania, wzrosło natomiast znaczenie aspektu bezpieczeństwa pochłaniaczy tlenu w przypadku ich zastosowania w przemyśle spożywczym czy farmaceutycznym.

Zdecydowana większość respondentów nie zna praktycznych rozwiązań dotyczących pochłaniaczy tlenu, jednakże na przestrzeni czasu ten ostatek spada. Jest to ponowny sygnał, iż rozwiązania te zyskują na popularności, który może mieć istotne znaczenie dla komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS.

Aspektem kluczowym dla komercjalizacji rozwiązania, jakim jest pochłaniacz tlenu okazuje się być koszt, jaki niesie ze jego wdrożenie. Osoby ankietowane były w dużym stopniu zainteresowane możliwościami, jakie niósłby ze sobą taki pochłaniacz, jednakże tylko wtedy gdyby cena produktu z pochłaniaczem różniła się nieznacznie w stosunku do analogicznego

produktu bez pochłaniacza. Cena kilkukrotne była wskazywana jako istotny czynnik warunkujący decyzje o możliwościach wykorzystania tej technologii. Aż 68% respondentów byłoby zainteresowanych kontaktem z oferentem pochłaniacza tlenu w Polsce, ale swoją decyzję co do możliwości wykorzystania uzależniali w dużej mierze od kosztów. Na przestrzeni upływu czasu ten aspekt zyskał na znaczeniu.

Interesujące w kontekście komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS badanie zostało przeprowadzone przez naukowców z Uniwersytetu Michigan w 2018 roku. Uznali oni, iż stworzono i scharakteryzowano dotychczas wiele systemów aktywnych opakowań do zastosowania w przemyśle spożywczym, jednakże jak dotąd badań dotyczących akceptowalności takich rozwiązań przez konsumentów jest niewiele, bądź ograniczają się jedynie do ankietowania na ten temat. Twórcy badania zdecydowali się zatem na zbadanie wpływu widocznej saszetki wewnątrz opakowania z żywnością na akceptację produktu przez konsumenta. Produktem testowanym była świeżo krojona zapakowana kantalupa, czyli odmiana melona cukrowego, zapakowana z saszetką pochłaniacza tlenu oraz bez saszetki. Osób ankietowanych w badaniu było 94. Respondenci oceniali produkt najpierw przy użyciu skali Likerta[4] do oceny upodobań konsumentów w zakresie opakowania oraz cech jakościowych produktu, a następnie byli bezpośrednio pytani o opinie na temat zmian w opakowaniu i samych innowacji. Odpowiedzi dotyczące akceptowalności opakowań wykazały, że osoby ankietowane preferują opakowania bez saszetek. Różnice te nie znalazły odzwierciedlenia w ocenie jakościowej samego produktu. Respondenci wyrazili chęć zapłacenia więcej za opakowanie przedłużające świeżość żywności i byli pozytywnie nastawieni do innowacji produktowych w tym obszarze. Konkluzją wyników przeprowadzanych badań był wniosek, że twórcy opakowań aktywnych, w szczególności pochłaniaczy tlenu, powinni koncentrować się na dostarczaniu aktywnych związków do opakowań produktów spożywczych w sposób nieoczywisty lub niewidoczny dla konsumentów [Wilson, Harte i Almenar, 2018].

Badania pokazują, że konsumenci pomimo deklaracji aprobaty dla rozwiązań, jakimi są pochłaniacze tlenu, są sceptyczni co do formy saszetki w opakowaniu z produktem. Jest to kolejny przykład, który podkreśla atuty pochłaniacza tlenu ZEVIFOS w kontekście obecnie

[4] Skala Likerta to popularna 5-stopniowa skala odpowiedzi. Często stosowana w badaniach ankietowych ze względu na swoją prostotę. Umożliwia uzyskanie wiedzy o stopniu akceptacji danego zjawiska, procesu, poglądu, cech itp.

dostępnych rozwiązań rynkowych. Pochłaniacz ten, jak już zostało przytoczone we wcześniejszej części pracy, stwarza możliwość różnych form implementacji wewnątrz opakowania z produktem spożywczym. Dla przykładu może stanowić warstwę wewnętrzną folii opakowaniowej, a także być częścią kapsla czy korka. Jest to niewątpliwie istotna przewaga konkurencyjna w kontekście przyszłej komercjalizacji tej innowacji produktowo-technologicznej.

6.2 Wyniki badania charakterystyk pochłaniacza tlenu ZEVIFOS

Poniższe tabele prezentują zebrane wyniki dotyczące aktywności oraz ilości polifenoli w próbkach przechowywanej kawy z pochłaniaczem tlenu ZEVIFOS oraz bez pochłaniacza tlenu.

Tab. 10 Ilość i aktywność polifenoli w próbkach kawy w „0" dniu przechowywania

"0" dzień przechowywania	**Polifenole w przeliczeniu na kwas chlorogenowy (mg/g s.s.)**		**Potencjał antyoksydacyjny w przeliczeniu na µmolTE/ g s.s**	
	średnia	odch. stand.	średnia	odch. stand.
aktywność polifenoli	64,32	1,22	312,07	1,89
ilość polifenoli	62,71	1,42	306,09	2,48

Źródło: opracowanie własne

Powyższa tabela 10 przedstawia uzyskane wyniki dotyczące aktywności oraz ilości polifenoli w próbkach przechowywanej kawy w „0" dniu przechowywania, tj. w momencie przygotowania próbek do testu przechowalniczego. Uzyskane wyniki zostały przedstawione jako polifenole przeliczone na kwas chlorogenowy (mg/g s.s.) oraz jako potencjał antyoksydacyjny w przeliczeniu na µmolTE/ g s.s.

Tab. 11 Ilość i aktywność polifenoli w próbkach kawy po 7 dniach przechowywania

po 7 dniach przechowywania	**Polifenole w przeliczeniu na kwas chlorogenowy (mg/g s.s)**		**Potencjał antyoksydacyjny w przeliczeniu na µmolTE/g s.s**	
	średnia	odch. stand.	średnia	odch. stand.
aktywność polifenoli bez pochłaniacza	58,54	0,55	244,11	4,62
aktywność polifenoli z pochłaniaczem	56,35	1,25	254,50	8,30
ilość polifenoli bez pochłaniacza	55,02	0,61	274,18	6,33
ilość polifenoli z pochłaniaczem	54,24	0,33	273,00	5,24

Źródło: opracowanie własne

Powyższa tabela 11 przedstawia uzyskane wyniki dotyczące aktywności oraz ilości polifenoli w próbkach przechowywanej kawy po 7 dniach przechowywania.

Tab. 12 Ilość i aktywność polifenoli w próbkach kawy po 30 dniach przechowywania

po 30 dniach przechowywania	**Polifenole w przeliczeniu na kwas chlorogenowy (mg/g s.s)**		**Potencjał antyoksydacyjny w przeliczeniu na µmolTE/g s.s**	
	średnia	odch. stand.	średnia	odch. stand.
aktywność polifenoli bez pochłaniacza	60,86	1,07	264,13	5,44
aktywność polifenoli z pochłaniaczem	60,14	1,41	271,44	7,22
ilość polifenoli bez pochłaniacza	59,08	1,51	313,94	2,91
ilość polifenoli z pochłaniaczem	58,00	0,51	293,08	7,05

Źródło: opracowanie własne

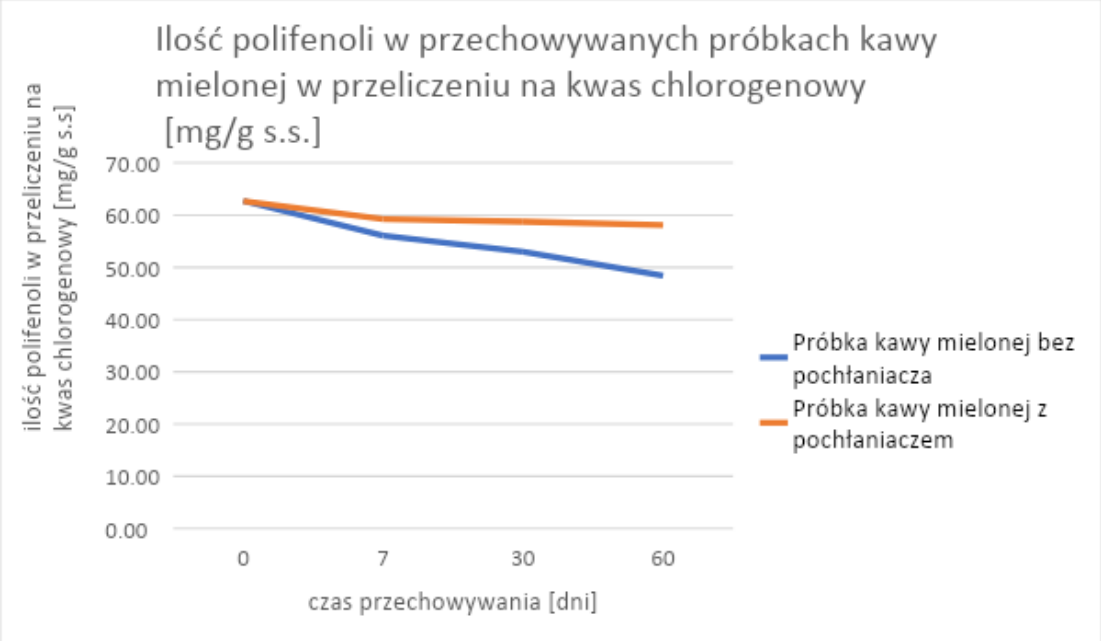
Powyższa tabela 12 przedstawia uzyskane wyniki dotyczące aktywności oraz ilości polifenoli w próbkach przechowywanej kawy po 30 dniach przechowywania.

Tab. 13 Ilość i aktywność polifenoli w próbkach kawy po 60 dniach przechowywania

po 60 dniach przechowywania	**Polifenole w przeliczeniu na kwas chlorogenowy (mg/gs.s)**		**Potencjał antyoksydacyjny w przeliczeniu na (µmolTx/ gs.s)**	
	średnia	odch. stand.	średnia	odch. stand.
aktywność polifenoli bez pochłaniacza	60,86	1,07	264,13	5,44
aktywność polifenoli z pochłaniaczem	60,14	1,41	271,44	7,22
ilość polifenoli bez pochłaniacza	59,08	1,51	313,94	2,91
ilość polifenoli z pochłaniaczem	58,00	0,51	293,08	7,05

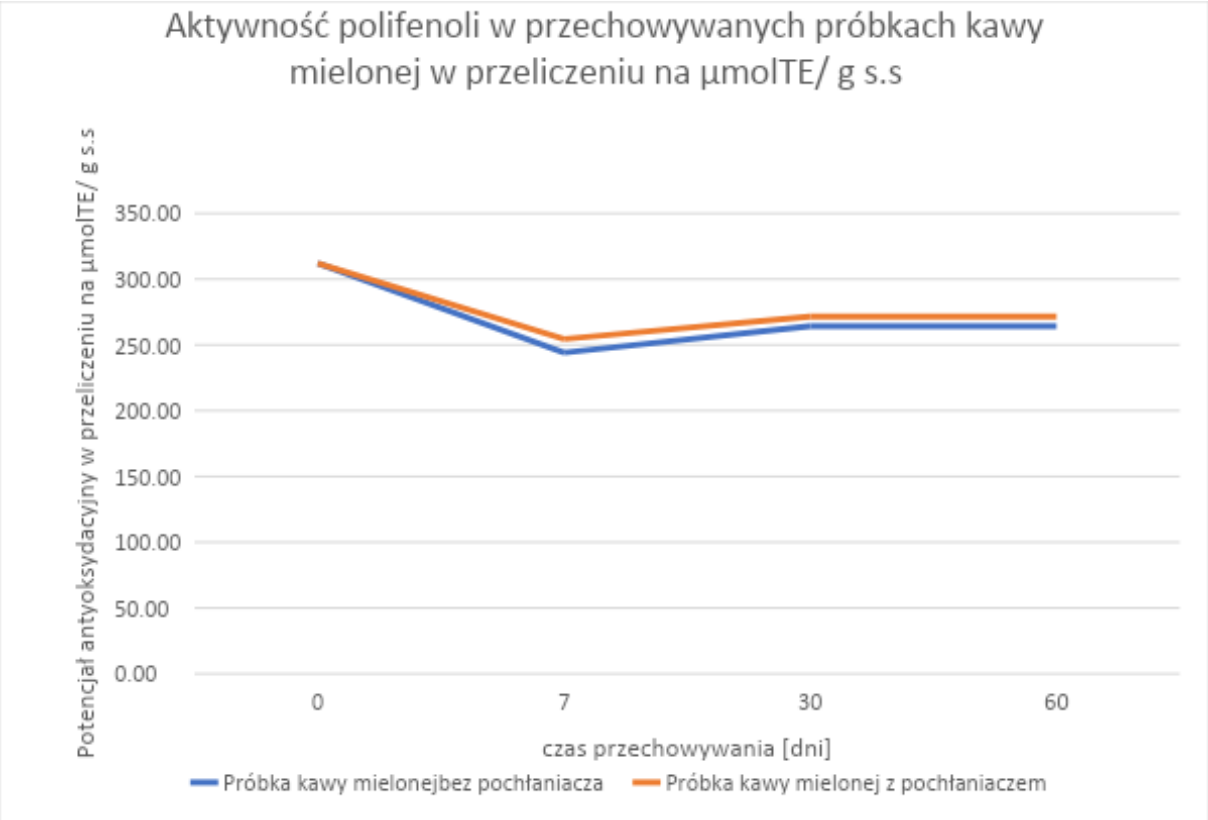
Źródło: opracowanie własne

Powyższa tabela 13 przedstawia uzyskane wyniki dotyczące aktywności oraz ilości polifenoli w próbkach przechowywanej kawy po 60 dniach przechowywania.



Wykres 13 Ilość polifenoli w przechowywanych próbkach kawy mielonej w przeliczeniu na kwas chlorogenowy [mg/g s.s.] [Źródło: opracowanie własne]

Powyższy wykres 13 obrazuje zmiany w ilości polifenoli w czasie w próbkach kawy z pochłaniaczem oraz bez pochłaniacza. Na przestrzeni dwóch miesięcy można obserwujemy spadek ilości polifenoli w próbkach kawy bez pochłaniacza. Spadek ilości polifenoli w próbkach kawy z pochłaniaczem także występuje, jednakże jest bardzo niewielki. Można przypuszczać, iż rozbieżność pomiędzy ilością polifenoli w próbkach kawy z pochłaniaczem oraz bez pochłaniacza będzie się zwiększać w miarę upływu czasu.



Wykres 14 Aktywność polifenoli w przechowywanych próbkach kawy mielonej w przeliczeniu na µmol równoważników troloxu TE/g s.s [Źródło: opracowanie własne]

Powyższy wykres 14 obrazuje zmiany w aktywności polifenoli w czasie w próbkach kawy mielonej z pochłaniaczem oraz bez pochłaniacza. Na przestrzeni dwóch miesięcy przechowywania kawy nie zaobserwowano znacznych różnic w aktywności polifenoli w kawie pomiędzy próbkami zawierającymi pochłaniacz tlenu oraz bez pochłaniacza. Można przypuszczać, iż rozbieżność pomiędzy aktywnością polifenoli w próbkach kawy z pochłaniaczem oraz bez pochłaniacza będzie się zwiększać w miarę upływu czasu.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, iż w okresie przechowywania dwóch miesięcy, ilość polifenoli obecnych w próbkach kawy była mniejsza w próbkach kawy bez pochłaniacza tlenu, względem próbek kawy z pochłaniaczem. Natomiast obecność pochłaniacza tlenu w opakowaniach z kawą nie wpłynęła znacząco na aktywność polifenoli obecnych w kawie. W dalszej działalności badawczej powyższe testy przechowalnicze oraz badania ilości i aktywności polifenoli można byłoby powtórzyć z uwzględnieniem dłuższego czasu przechowywania. Być może wówczas, różnice w ilości i aktywności polifenoli w kawie byłyby bardziej znaczące. Okres przydatności do spożycia kawy mielonej wynosi od 18 do 24

miesięcy, zatem okres minimum 12 miesięcy, a najlepiej 18 miesięcy, byłby odpowiedni do przeprowadzenia powtórnych badań w tym zakresie. Niestety z przyczyn niezależnych nie było możliwości przeprowadzenia tak długiego badania przechowalniczego.

W roku 2015 w Gdyni zostały przeprowadzone również badania przechowalnicze z kawą zawierającą pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, jednakże ocenie były poddawane cechy sensoryczne kawy. Próbki kawy mielonej były wówczas przygotowane w dwóch wariantach, tj. z pochłaniaczem tlenu oraz bez pochłaniacza. Okres przechowywania wynosił 4 miesiące. Po tym czasie wyspecjalizowany zespół o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej przeprowadził analizę sensoryczną naparów kawy metodą profilowaną „capping" w 10-punktowej skali. Na podstawie powyższej oceny zespołu sensorycznego stwierdzono, iż kawa bez pochłaniacza tlenu uzyskała gorsze wyniki w porównaniu do kawy zapakowanej z pochłaniaczem tlenu. W miarę upływu czasu różnice w ocenie sensorycznej kawy z pochłaniaczem tlenu oraz bez pochłaniacza były coraz bardziej znaczące. W miarę upływu czasu w kawie bez pochłaniacza tlenu wyraźnie zaczęła wzrastać kwasowość, obniżyła się cielistość (body) oraz smakowitość naparów [Kwiatkowska-Sienkiewicz, Foltynowicz i Kozak, 2015].

Poniżej przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań dotyczących migracji globalnej i specyficznej w formie tabelarycznej:

Tab. 14 Wyniki badań migracji globalnej i specyficznej wykonane przez akredytowane laboratorium J.S. Hamilton Poland S.A.

Rodzaj badania	Metoda	Płyn modelowy	Warunki kontaktu	Jednostka	Wynik	Kryteria	Parametr zgodny/niezgodny
Migracja globalna	PN-EN 1186-1:2005; PN-EN 1186-3:005	10% etanol	10 dni w 40°C	mg/dm^2	2,2 (1,8; 1,5; 2,3)	≤ 10	zgodny
Migracja globalna	PN-EN 1186-1:2005; PN-EN 1186-3:005	3% kwas octowy	10 dni w 40°C	mg/dm^2	8,0 (8,2; 6,7; 9,1)	≤ 10	zgodny
Migracja globalna	PN-EN 1186-1:2005; PN-EN 1186-3:005	95% etanol	10 dni w 40°C	mg/dm^2	195,6 (195,3; 195,5; 196,0)	≤ 10	niezgodny
Migracja specyficzna – Bar	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	10% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤1	zgodny
Migracja specyficzna – Kobalt	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	10% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤0,05	zgodny
Migracja specyficzna – Miedź	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	10% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤5	zgodny
Migracja specyficzna – Żelazo	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	10% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	0,043	≤48	zgodny
Migracja specyficzna – Lit	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	10% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤0,6	zgodny
Migracja specyficzna – Mangan	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	10% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤0,6	zgodny
Migracja specyficzna – Cynk	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	10% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	0,0078	≤25	zgodny
Migracja specyficzna – Bar	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	3% kwas octowy	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤1	zgodny
Migracja specyficzna – Kobalt	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	3% kwas octowy	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤0,05	zgodny
Migracja specyficzna – Miedź	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	3% kwas octowy	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤5	zgodny
Migracja specyficzna – Żelazo	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	3% kwas octowy	10 dni w 60°C	mg/kg	0,037	≤48	zgodny
Migracja specyficzna – Lit	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	3% kwas octowy	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤0,6	zgodny
Migracja specyficzna – Mangan	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	3% kwas octowy	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤0,6	zgodny
Migracja specyficzna – Cynk	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	3% kwas octowy	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤25	zgodny

Migracja specyficzna – Bar	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	95% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤1	zgodny
Migracja specyficzna – Kobalt	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	95% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤0,05	zgodny
Migracja specyficzna – Miedź	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	95% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤5	zgodny
Migracja specyficzna – Żelazo	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	95% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤48	zgodny
Migracja specyficzna – Lit	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	95% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤0,6	zgodny
Migracja specyficzna – Mangan	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	95% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤0,6	zgodny
Migracja specyficzna – Cynk	PB-204/ICP wyd. II z dn. 29.04.2013	95% etanol	10 dni w 60°C	mg/kg	<0,0050	≤25	zgodny
Zarówno w przypadku migracji globalnej jak i migracji specyficznej powierzchnia kontaktu/objętość płynu modelowego wynosiła 1,04 dm^2/100 ml.							

Źródło: opracowanie własne

Podsumowując powyższe wyniki badań w tabeli 14, podczas przechowywania pochłaniacza tlenu ZEVIFOS w żadnym z trzech płynów modelowych, nie zachodzi ani migracja globalna ani specyficzna. Przeprowadzone analizy potwierdzają bezpieczeństwo stosowania pochłaniacza do przechowywania z produktami spożywczymi. Jest to istotne z punktu widzenia komercjalizacji, ponieważ świadczy o bezpieczeństwie zastosowania pochłaniacza tlenu ZEVIFOS zarówno w przemyśle spożywczym, jak i farmaceutycznym. Badania migracyjne przeprowadzone przez certyfikowane laboratorium w tym zakresie, w przypadku pochłaniaczy tlenu, są podstawą dopuszczenia produktu do komercyjnego wykorzystania.

6.3 Wyniki badania gotowości do komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS

W poniższej tabeli 15 przedstawiono opracowaną analizę innowacyjnego rozwiązania, jakim jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS metodą TRL. Analizie metodą TRL poddano technologię otrzymywania zerowartościowego żelaza ZVI, które jest głównym składnikiem pochłaniacza tlenu ZEVIFOS.

Tab. 15 Analiza pochłaniacza tlenu ZEVIFOS metodą TRL

Poziom TRL	Opis ogólny	Technologia otrzymywania ZVI (zerowartościowego żelaza)	Pochłaniacz tlenu ZEVIFOS	Czas	Kamienie milowe
TRL 1 -	**Zaobserwowano podstawowe zasady danego zjawiska**	Opracowano warunki syntezy ZVI	Opracowano wstępną koncepcję pochłaniacza na bazie ZVI.	1999/2001	
TRL 2 –	**Sformułowano koncepcję technologiczną**	Sformułowano koncepcję mokrej technologii syntezy ZVI	Określono sposób testowania aktywności pochłaniacza na bazie ZVI.	2002- 2005	
TRL 3 –	**Przeprowadzono eksperymentalny dowód na słuszność koncepcji**	Wykonano syntezę ZVI w małej skali	Wykonano badania aktywności ZVI i opartego na nim pochłaniacza tlenu	2010/2011	Dokonano 3 polskich zgłoszeń patentowych
TRL 4 –	**Przeprowadzono walidację technologii w warunkach laboratoryjnych**	Wykonano syntezę ZVI w skali laboratoryjnej	Wykonano badania laboratoryjne aktywności ZVI i prototypu opartego na nim pochłaniacza	2012/2013	Uzyskano ochronę wynalazków w systemie PCT/WO; dokonano rozszerzenia EPO, USPTO, JPN, Izrael

TRL 5 –	**Dokonano walidacji technologii w środowisku zbliżonym do rzeczywistego**	Zwalidowano dodatkowe czynniki wpływające na wydajność procesu i postać produktu	Różne formy prototypu poddano testom aktywności w opakowaniach szeregu nietrwałych produktów	2014/2015	
TRL 6 –	**Dokonano demonstracji technologii w środowisku zbliżonym do rzeczywistego**	Synteza ZVI w skali wielkolaboratoryjnej	Prototyp pochłaniacza tlenu na bazie ZVI został przetestowany w Zakładach Tłuszczowych Kruszwica S.A. na linii pakującej. Wyniki badań przechowalniczych olejów wskazują, że pochłaniacz spełnił oczekiwane zadanie znacząco wpływając na okres przydatności olejów do spożycia.	2016/2018	Uzyskano patent EPO (europejski), izraelski, japoński, i 2 polskie
TRL 7 –	**Dokonano demonstracji prototypu systemu w otoczeniu operacyjnym**	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Nie dotyczy

TRL 8 –	**Zakończono badania i demonstrację ostatecznej formy technologii**	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Nie dotyczy
TRL 9 –	**Działanie systemu udowodniono w środowisku operacyjnym i uruchomiono produkcję na skalę przemysłową**	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Nie dotyczy

Źródło: opracowanie własne

Powyższa analiza pochłaniacza tlenu ZEVIFOS metodą TRL określa stopień zaawansowania projektu na poziom TRL 6. Oznacza to, że przeprowadzono demonstrację technologii w środowisku zbliżonym do rzeczywistego. Pochłaniacz tlenu ZEVIFOS został przetestowany na linii pakującej, a wyniki badań przechowalniczych produktów z pochłaniaczem tlenu wskazują, że spełnił on swoją funkcję, znacząco wpływając na okres przydatności produktu do spożycia. Kolejnymi etapami powinny być zatem przetestowanie technologii w środowisku operacyjnym, dobranie i przetestowanie ostatecznej formy pochłaniacza oraz uruchomienie produkcji na skalę przemysłową. Zatem istnieją przesłanki do komercjalizacji innowacji, jaką jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, a sam produkt jest w końcowej fazie testowania w środowisku rzeczywistym. Kilka kwestii, w tym scenariusz komercjalizacji, wymagają przygotowania. Wówczas istnieje wysokie prawdopodobieństwo sukcesu komercyjnego tego produktu.

6.4 Wyniki wyceny pochłaniacza tlenu ZEVIFOS

Niniejszy podrozdział poświęcony został określeniu wartości technologii nanokompozytowego pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, podlegającej ochronie patentowej (nr zgłoszenia: P.397499; zgłoszenia dokonano 22.12.2011 r.). Jest to bardzo istotny rozdział w dysertacji, gdyż właściwa wycena stanowi podstawę do rozważań o komercjalizacji innowacji produktowo-technologicznej. Wycena pochłaniacza tlenu ZEVIFOS została przeprowadzona z wykorzystaniem metody dochodowej oraz kosztowej, co dało możliwość sformułowania ogólnej wartości tego aktywa niematerialnego. Źródłem danych do wyceny była wiedza i doświadczenie jej twórców, dane literaturowe, a także własne doświadczenia zarówno naukowe jak i zawodowe.

W podrozdziale zaprezentowano metody wykorzystane do wyceny pochłaniacza tlenu ZEVIFOS oraz źródła pochodzenia danych, na bazie których przeprowadzono analizę. Zgodnie z zaleceniami literaturowymi [Urbanek, 2008] wykorzystano dwie grupy metod: dochodowe i kosztowe. W pierwszej kolejności przedstawiono plan badania określając przy tym zakres czasowy, przestrzenny, podmiotowy oraz przedmiotowy. Następnie przeprowadzono wycenę pochłaniacza ZEVIFOS przy wykorzystaniu metody dochodowej. Przygotowano projekcję zysków ze sprzedaży tej innowacji, którą poddano opodatkowaniu, a następnie zdyskontowano z wykorzystaniem modelu CAPM. Suma zdyskontowanych korzyści ekonomicznych w poszczególnych latach projekcji pozwoliła uzyskać wartość aktywa intelektualnego, jakim jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS. Kolejnym etapem było przeprowadzenie wyceny tego samego pochłaniacza z wykorzystaniem metody kosztowej. Tę analizę rozpoczęto od zebrania kosztów poniesionych na stworzenie pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, które zostały uaktualnione na chwilę obecną. Suma zdyskontowanych kosztów pozwoliła uzyskać wartość pochłaniacza ZEVIFOS z wykorzystaniem metody kosztowej.

W pracy za najwłaściwszą uznano metodę kosztową, bazującą na kosztach zastąpienia. Jest to podyktowane dokładnym scharakteryzowaniem i analizą niezbędności wykonania kolejnych etapów procesu rozwoju zbliżonego pochłaniacza tlenu. W analizie, jako punkt wyjścia, przyjęto dane historyczne dotyczące rozwoju pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, które

następnie przeanalizowano pod kątem możliwości odtworzenia zbliżonego rozwiązania. Wykorzystano dane dotyczące procesu opatentowania oraz kosztów utrzymania ochrony patentowej pochodzące z zasobów Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu za zgodą Pana Rektora prof. dr hab. Macieja Żukowskiego. Dane dotyczące kosztów patentowania pozyskano w 2019 roku. Natomiast pozostałe dane dotyczące kosztów poniesionych na wytworzenie wartości niematerialnej, jaką jest nanokompozytowy pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, pozyskano w głównej mierze z opracowań i materiałów roboczych twórców technologii prof. dr hab. Zenona Foltynowicza oraz dr hab. inż. Wojciecha Kozaka, profesora UEP, a zebrane dane bazowe dotyczą działalności badawczej prowadzonej w latach 1999 – 2020.

W odniesieniu do powyższej argumentacji zaplanowano wykorzystanie łącznie dwóch metod wyceny pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, tj. metodę dochodową oraz metodę kosztową. Zgodnie z praktyką rynkową, poszczególnym metodom przypisano następujące wagi: metoda dochodowa 75%, metoda kosztowa 25%. Zakres czasowy, w jakim zbierane były dane w metodzie kosztowej to lata 2019 – 2021, i obejmowały wszelkie działania oraz ich koszty poniesione na rozwój innowacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS w latach 1999 – 2018. W przypadku metody dochodowej przeprowadzona projekcja zakłada okres czasu między rokiem 2022 a 2031 ze względu na występowanie ochrony patentowej w tym okresie. Sama projekcja została przygotowana w roku 2021. Zakres przestrzenny w przypadku obu metod to terytorium Polski, z uwagi na to, iż w tym kraju powstał pochłaniacz tlenu oraz na wspomnianą ochronę patentową. W przypadku metody dochodowej założony jest eksport technologii do krajów, w których także występuje ochrona patentowa. To zagadnienie zostało opisane szerzej w projekcji tejże metody. Zakresem przedmiotowym analizy jest w tym przypadku wycena innowacji produktowo-technologicznej, jaką jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, przeprowadzona obiema metodami, natomiast podmiotem jest sam pochłaniacz tlenu.

Wycena pochłaniacza ZEVIFOS przy wykorzystaniu metody dochodowej

Jak już zostało argumentowane wcześniej, na podstawie analizy podmiotu wyceny, celu wyceny oraz danych literaturowych, za najbardziej reprezentatywną metodę wyceny uznano metodę dochodową. Metoda ta ma bogate podstawy teoretyczne, jednakże szczegółowy sposób przeprowadzenia wyceny nie jest jednoznacznie zdefiniowany. Innymi słowy istnieją różne możliwości skonstruowania poprawnego modelu wyceny [Bober, 2011].

Metody dochodowe opierają się na ekonomicznej zasadzie przewidywań. Założenia w tym podejściu bazują na wartości aktywów niematerialnych, która jest równa bieżącej wartości spodziewanych korzyści ekonomicznych wynikających z ich posiadania. W przypadku metod dochodowych głównym zadaniem jest wydzielanie tylko tych korzyści, które odnoszą się do wycenianego czynnika niematerialnego [Urbanek, 2008]. W przypadku pochłaniacza ZEVIFOS takiej trudności nie ma, ponieważ jest to jedyne aktywo twórców poddawane wycenie i wszystkie korzyści ekonomiczne szacowane za pośrednictwem metody dochodowej można przypisać właśnie tej innowacji produktowo-technologicznej.

Na potrzeby wyceny metodą dochodową pochłaniacza tlenu ZEVIFOS przyjęto projekcję spodziewanych korzyści ekonomicznych z posiadania pochłaniacza w okresie 10 lat. Ma to swoje uzasadnienie w czasokresie, w jakim innowacja jest objęta ochroną patentową. Także ze względu na to, iż jest to technologia niestosowana dotychczas w produktach wyprodukowanych w Polsce, czas potrzebny na oszacowanie spodziewanych korzyści ekonomicznych musi być wydłużony. Skrócony czas projekcji mógłby nie być wiarygodny w przypadku tak nieszablonowego rozwiązania, jak na polskie realia rynkowe.

Przygotowanie właściwej projekcji rozpoczęto od wnikliwej analizy SWOT (Strengths – silne strony, Weaknesses – słabe strony, Opportunities – szanse, okazje i Threats – zagrożenia), co jest podejściem zgodnym z literaturą przedmiotu. W konstruowaniu tej analizy wykorzystano bogate doświadczenia twórców pochłaniacza tlenu, własne doświadczenia zawodowe oraz dane makroekonomiczne, między innymi dane GUS z lat 2016 – 2020, czyli z okresu poprzedzającego niniejszą wycenę pochłaniacza tlenu. Wyniki analizy SWAT przedstawia poniższa tabela 16.

Tab. 16 Analiza SWAT pochłaniacza tlenu ZEVIFOS

Szanse	**Zagrożenia**
1) Rosnąca świadomość konsumentów produktów spożywczych oraz globalnie panujący trend prozdrowotny. 2) Szeroki zakres potencjalnych odbiorców technologii (producenci żywności, producenci opakowań, producenci wyrobów farmaceutycznych). 3) Producenci z różnych sektorów poszukują innowacyjnych technologii, pozwalających osiągnąć przewagę konkurencyjną i zagwarantować jakość produktów. 4) Negatywny PR konserwantów zabezpieczających żywność.	1) Rozwiązania konkurencyjne obecne na rynku międzynarodowym. 2) Dodatkowy koszt konieczny do poniesienia w przypadku zastosowania pochłaniacza. 3) Niska świadomość klienta ostatecznego i obawy o bezpieczeństwo tego rozwiązania. 4) Rynek pochłaniaczy tlenu zdominowany przez duże, międzynarodowe korporacje.
Mocne strony	**Słabe strony**
1) Wysoka efektywność nowej technologii w stosunku do rozwiązań substytucyjnych. 2) Brak konieczności obecności wilgoci i katalizatorów do prawidłowego działania, a także możliwość zastosowania w warunkach chłodniczych. 3) Neutralność technologii w stosunku do produktów spożywczych (brak wpływu na jakość sensoryczną i właściwości zdrowotne). 4) Elastyczność rozwiązania (możliwość wdrożenia technologii w wielu formach, np. integralnych z opakowaniem, dodatków itp.) 5) Ochrona patentowa w krajach zdefiniowanych jako rynki docelowe.	1) Specyfikacja produktu prawdopodobnie wymusi zmiany w procesach produkcyjnych, co będzie wiązało się z dodatkowymi kosztami. 2) Początkowy koszt jednostkowy wyższy niż rozwiązań konkurencyjnych. 3) Trudny do oszacowania stosunek korzyści do kosztów wdrożenia technologii w produktach finalnych. 4) Trudność wykazania wartości z wdrożenia technologii dla konsumenta. 5) Opieranie przychodów przyszłej spółki wyłącznie na jednym produkcie.

Źródło: opracowanie własne

Nie bez powodu rynek kawy jest proponowany jako jeden z najbardziej obiecujących pod kątem wprowadzenia pochłaniacza tlenu ZEVIFIS do sprzedaży. Składa się na to kilka poniższych czynników. Po pierwsze kawa jest produktem stosunkowo drogim, nierzadko szlachetnym, na którego jakość wpływa między innymi sposób przechowywania. Obecność tlenu w przypadku kawy może skutkować utratą części walorów smakowo-zapachowych, które są kwintesencją tego produktu. Klienci są skłonni zapłacić więcej za kawę dobrej jakości, natomiast producentom zależy na tym, aby produkt jak najdłużej utrzymywał swoją świeżość. Po drugie wielkość rynku kawy - mierzona wartością sprzedaży - wynosi w Polsce blisko 6 mld zł i cechuje się powolnym, ale ustabilizowanym wzrostem na poziomie około 2,5% rocznie [GUS 2019]. Po trzecie natomiast, wspomniany pochłaniacz tlenu ZEVIFOS został kompleksowo przebadany jeśli chodzi o parametry skuteczności adsorpcji tlenu w opakowaniach z kawą mieloną, ziarnistą oraz zieloną, a same badania opierały się na pomiarach ilości i aktywności polifenoli.

Na potrzeby wyceny założono scenariusz komercjalizacji oparty w pierwszych latach na rynku polskim z tego względu, iż sam pochłaniacz został opracowany w Polsce, przez polskich naukowców oraz z wykorzystaniem zasobów polskiej uczelni wyższej. Co więcej posiada zabezpieczenie w postaci patentu na terytorium Polski, który obecnie obejmuje ochroną wynalazek do roku 2031. Kolejną przesłanką do rozpoczęcia wdrożenia tego rozwiązania na rynku polskim jest brak konkurencji w postaci rodzimego rozwiązania technologicznego o podobnym cechach użytkowych. Może to niestety rodzić pewnego rodzaju zagrożenie spowodowane niską świadomością klienta ostatecznego i jego obawami o bezpieczeństwo tego rozwiązania, jednakże zdaniem twórców obawy te zostaną zapewne rozwiane przez edukację na temat pochłaniaczy tlenu. Nieustannie rosnąca świadomość konsumentów produktów spożywczych, globalnie panujący trend prozdrowotny oraz negatywny wizerunek społeczny konserwantów zabezpieczających żywność powinny także przyczynić się do akceptacji tej innowacji.

Po kilku latach od wdrożenia i ugruntowaniu pozycji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS na rynku polskim w konkretnych sektorach przemysłu (opisanych w dalszej części pracy), promowana jest ekspansja na rynki zagraniczne objęte ochroną patentową. Niestety w przypadku ekspansji, zagrożenie dla tego rozwiązania może stanowić rynek pochłaniaczy tlenu zdominowany przez duże, międzynarodowe korporacje. Jednakże pochłaniacz ZEVIFOS posiada niewątpliwe atuty, które pozwalają mu się wyróżnić na tle konkurencji. Po pierwsze

cechuje go wysoka efektywność w stosunku do rozwiązań substytucyjnych oraz brak konieczności obecności wilgoci i katalizatorów do prawidłowego działania, a także możliwość zastosowania w warunkach chłodniczych. Co więcej technologia jest neutralna w stosunku do produktów spożywczych tzn. brak jest jakiegokolwiek wpływu na jakość sensoryczną i właściwości zdrowotne. Niewątpliwym autem pochłaniacza ZEVIFOS jest także elastyczność tego rozwiązania, a tym samym możliwość wdrożenia technologii w wielu formach, np. integralnych z opakowaniem lub w formie saszetki czy kapsla.

Kolejność branż, w jakich proponuje się w pierwszej kolejności komercjalizację, także nie jest przypadkowa. Wynika ona w głównej mierze z potencjału, jaki rodzą dane branże w kontekście możliwości wykorzystania pochłaniacza. Producenci z tych sektorów poszukują innowacyjnych technologii, pozwalających osiągnąć przewagę konkurencyjną i zagwarantować niezmienną jakość swoich produktów. Są to także branże, w których można przyjąć założenie, że cena produktu jest mocno uzależniona od jakości wyrobu, a tym samym dodatkowy koszt konieczny do poniesienia, w przypadku zastosowania pochłaniacza, będzie akceptowalny przez konsumenta. Klient świadomie zdecyduje się na produkt z pochłaniaczem tlenu, mając na uwadze, że płaci nieco wyższą cenę za produkt o wyższej jakości. Powyższe argumenty dotyczące wyboru konkretnych branż jako potencjalnie zainteresowanych wdrożeniem pochłaniacza ZEVIFOS, wspomnianych w niniejszej wycenie, przyświecały także twórcom pochłaniacza. Stąd także badania dotyczące skuteczności pochłaniacza ZEVIFOS były w dużej mierze przeprowadzane właśnie na kawie, olejach oraz orzeszkach.

Uwzględniając powyższe przewagi branży kawowej nad innymi, na potrzeby wyceny przyjęto w pierwszym roku sprzedaż pochłaniacza ZEVIFOS do średniej wielkości producenta kawy zlokalizowanego na terenie Polski. Zapakowanie pochłaniacza do opakowania 3 rodzajów kawy, tj. kawy mielonej, kawy ziarnistej i kawy rozpuszczalnej, po 300.000 sztuk z każdego rodzaju. Wspomniane 300.000 sztuk zostało przyjęte na podstawie średniej rocznej sprzedaży pojedynczego indeksu kawy, a założenie to zostało wypracowane w toku analiz wewnętrznych prowadzonych przez autorkę niniejszej wyceny w związku z działalnością zawodową. Na bazie historycznych doświadczeń oraz danych będących w dyspozycji twórców pochłaniacza – po przeanalizowaniu dotychczasowych kosztów działalności operacyjnej i przyjęciu zerowej wartości pozostałych przychodów i kosztów operacyjnych – określono wysokość kosztów działalności operacyjnej, których poniesienie byłoby niezbędne, przy danych założeniach dotyczących wielkości sprzedaży, w celu wygenerowania zysku ze

sprzedaży (przy zerowych pozostałych przychodach i kosztach operacyjnych wartość ta równa jest zyskowi z działalności operacyjnej). Koszty te określono na poziomie 180.000,00 zł. Powyższe koszty wyliczono dla działalności na niewielką skalę i oparto na analizach dotychczasowej działalności twórców pochłaniacza. Przy zwiększeniu założeń dotyczących wielkości sprzedaży, a co za tym idzie działalności na większą – przemysłową skalę, koszty operacyjne zapewne mogłyby ulec zmianie. Jednakże, w przypadku pochłaniaczy tlenu, najistotniejszą determinantą sumarycznej wartości kosztów operacyjnych jest cena zakupu odczynników chemicznych, która może podlegać istotnym wahaniom w czasie. Z tego względu, biorąc pod uwagę 10-letni okres prognozy przyjęto, iż ewentualne oszacowanie spadku kosztów działalności operacyjnej przypadających na jednostkę wyrobu byłoby obarczone wysokim ryzykiem błędu. Dlatego też na potrzeby niniejszej wyceny, przyjęto bezpieczne założenie, iż koszty działalności operacyjnej zmieniają się proporcjonalnie do założeń dotyczących poziomu sprzedaży. Innymi słowy, koszty działalności operacyjnej przypadające na jedną sztukę pochłaniacza pozostają na stałym poziomie w miarę wzrostu założonego poziomu sprzedaży i przy danych założeniach wynoszą 0,20 zł (180.000,00 zł / 900.000 sztuk). Następnie, zaprognozowano równocześnie zysk z działalności operacyjnej oraz przychód ze sprzedaży, które zostałyby osiągnięte przy założonym wolumenie sprzedaży. W tym celu obliczono iloczyn wartości kosztów działalności operacyjnej (180.000,00 zł) oraz wskaźnika rentowności operacyjnej sprzedaży wyznaczonego na poziomie 6,78%. Wyznaczenie poziomu wskaźnika rentowności operacyjnej sprzedaży uzyskano na podstawie zebrania danych dotyczących przychodów ze sprzedaży oraz kosztów działalności operacyjnej trzech firm z branży pochłaniaczy tlenu: MITSUBISHI GAS CHEMICAL COMPANY, INC., CLARIANT INTERNATIONAL LTD oraz Everest International Holding z lat 2018-2020 (3 lata poprzedzające moment wycen). Iloraz powyższych parametrów pozwolił na uzyskanie rentowności operacyjnej poszczególnych firm. Następnie wartość ta została uśredniona, a wartość poziomu wskaźnika rentowności operacyjnej sprzedaży określono na poziomie 6,78%. Dane wykorzystane w obliczeniach zawiera poniższa tabela 17.

Tab. 17 Wyznaczenie poziomu wskaźnika rentowności operacyjnej sprzedaży

	MITSUBISHI GAS CHEMICAL COMPANY, INC. [Millions of yen]			CLARIANT INTERNATIONAL LTD [Milions of CHF]			Everest International Holding [Milions of dollars]		
Rok	2020	2019	2018	2020	2019	2018	2020	2019	2018
Przychody ze sprzedaży	613,344	648,986	635,909	3 860	4 399	4 404	6514,52	16814,93	23110,51
Koszty działalności operacyjnej	34,26	41,386	62,741	298	165	348	421,58	999,9	946,97
Zysk brutto	34,343	69,066	73,421	212	71	281	357	848	891
Rentowność operacyjna	5,59%	6,38%	9,87%	7,72%	3,75%	7,90%	6,47%	5,95%	4,10%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych dotyczących wyników finansowych powyższych przedsiębiorstw; [N28]

Obliczenie pozwoliło uzyskać zysk z działalności operacyjnej równy 12.366,00 zł (180.000,00 zł x 6,78%). Projektowana wartość przychodów ze sprzedaży wyniosła więc 192.366,00 zł (180.000,00 zł + 12.366,00 zł). W efekcie, na potrzeby projekcji przyjęto, iż przychód ze sprzedaży 1 sztuki pochłaniacza tlenu ZEVIFOS to 0,21374 zł (192.366,00 zł / 900.000 sztuk). Finalnie, obliczono zysk z działalności operacyjnej po opodatkowaniu, który w pierwszym roku po wprowadzeniu pochłaniacza na rynek zaprognozowano na poziomie 10.016,46 zł (12.366,00 zł * (1-19%)).

W roku drugim na potrzeby wyceny przyjęto zastosowanie pochłaniacza tlenu ZEVIFOS w branży olejów spożywczych. Są one w bardzo dużym stopniu narażone na utlenianie, inaczej jełczenie, a sam tlen jest czynnikiem wysoce niepożądanym przy ich przechowywaniu. Co więcej Polska jest jednym z liderów produkcji olejów w Europie, głównie oleju rzepakowego. Na tej podstawie została oszacowana ilość wykorzystanego pochłaniacza dla średniej wielkości producenta lub producentów działających na terytorium Polski w powyższej branży na 1.200 tys. sztuk, co stanowi około 20-30% wolumenu sprzedaży dla takiego przedsiębiorstwa. Powyższe założenia pozwalają uzyskać wartość sprzedaży na poziomie 256.488,00 zł (1.200.000 sztuk x 0,21374 zł), co w połączeniu ze sprzedażą pochłaniacza ZEVIFOS do branży

kawowej na niezmiennym poziomie, jak w roku wcześniejszym (192.366,00 zł), daje wartość przychodów ze sprzedaży 448.854,00 zł. Koszty działalności operacyjnej w roku drugim prognozowane są na poziomie 420.000,00 zł, co daje zysk z działalności operacyjnej na poziomie 28.854,00zł, który po opodatkowaniu wynosi 23.371,74 zł.

W trzecim roku po komercjalizacji pochłaniacza zakłada się jego sprzedaż do dwóch producentów opakowań. Rynek producentów opakowań w Polsce jest wart 45 mld zł, co więcej jest to branża, która bardzo dynamicznie się rozwija. Wzrost produkcji opakowań sprzedanych w roku 2020 osiągnął poziom 4,5% r/r [Dane GUS 2020]. Znacząca wartość produkcji jest także eksportowana. Polska posiada 5% udział w europejskim rynku opakowaniowym i 1,4% w rynku światowym [Dane GUS 2020]. Najbardziej wskazanym kolejnym etapem rozwoju komercjalizacji pochłaniacza, jest jego sprzedaż producentom opakowań różnej wielkości i specyfiki produkcji działającym na terytorium Polski. Najbardziej odpowiednimi producentami do wykorzystania pochłaniacza będą ci z sektora opakowań z tworzyw sztucznych. Wynika to z tego, iż opakowania te zazwyczaj stanowią szczelną barierę dla gazów i ochranianego produktu, pozwalając tym samym na utrzymanie atmosfery beztlenowej, w czym zdecydowanie może pomóc pochłaniacz tlenu. W ten sposób pochłaniacz ZEVIFOS może znaleźć zastosowywanie do różnych rodzajów produktów. Szacunkowa sprzedaż w roku trzecim do sektora opakowaniowego to 1.000 tys. sztuk, co w połączeniu z założeniami przyjętymi dla roku pierwszego (192.366,00 zł) i drugiego (448.854,00 zł) da 854.960,00 zł przychodu ze sprzedaży. Koszty działalności operacyjnej w roku trzecim prognozowane są na poziomie 800.000,00 zł, co daje zysk z działalności operacyjnej na poziomie 54.960,00 zł, który po opodatkowaniu wynosi 44.517,60 zł.

W kolejnym, tj. czwartym roku sprzedaży planuje się podwojenie sprzedaży z roku wcześniejszego. W branży opakowaniowej ze względu na szeroki wachlarz możliwości wykorzystania pochłaniacza, w branży olejowej ze względu na planowany eksport, a także w branży kawowo-herbacianej ze względu ekspansję rynkową poprzez sprzedaż rozwiązania do podmiotów konkurencyjnych z tej branży. Szacunkowa sprzedaż w tym roku wyniesie 1.709.920,00 zł (854.960,00 zł x 2). Koszty działalności operacyjnej w roku czwartym prognozowane są na poziomie 1.600.000,00 zł, co daje zysk z działalności operacyjnej na poziomie 109.920,00 zł, który po opodatkowaniu wynosi 89.035,20 zł. Powyższe założenia dotyczące między innymi podwojenia sprzedaży w roku czwartym względem roku wcześniejszego zostały na potrzeby wyceny oparte przede wszystkim na analizie SWOT.

Piąty rok to antycypowany rozwój dotychczasowych rynków, a także rozwój eksportu, głównie w branży olejowej i opakowaniowej, ze względu na znaczny udział eksportu w tych branżach, co zostało przytoczone w powyższych akapitach. Eksport w pierwszej kolejności jest proponowany na rynki zagraniczne, gdzie pochłaniacz tlenu ZEVIFOS posiada ochronę patentową. Antycypuje się wzrost przychodów ze sprzedaży o 25% względem roku poprzedniego, a w konsekwencji przewidywane przychody ze sprzedaży w tym roku to 2.137.400,00 zł (1.709.920,00 zł x 1,25). Koszty działalności operacyjnej w roku piątym prognozowane są na poziomie 2.000.000,00 zł, co daje zysk z działalności operacyjnej na poziomie 137.400,00 zł, który po opodatkowaniu wynosi 111.294,00 zł. Niewątpliwie dynamiczny wzrost sprzedaży pochłaniacza jest możliwy w kolejnych latach po komercjalizacji rozwiązania ze względu na szeroki zakres potencjalnych odbiorców tej technologii, jej uniwersalność zastosowania, a także wspomniane już jej unikalne cechy upraszczające wykorzystanie, takie jak brak konieczności stosowania katalizatora oraz możliwość stosowania w warunkach chłodniczych. Należy jednak pamiętać, iż na rynku zagranicznym dostępność konkurencyjnych pochłaniaczy tlenu jest znacząco większa, a sam rynek pochłaniaczy tlenu jest zdominowany przez duże, międzynarodowe korporacje.

Szósty rok sprzedaży pochłaniacza tlenu ZEVIFOS to wejście w rynek farmacji. W roku 2017 rynek farmaceutyczny odnotował wzrost wartości sprzedaży o 4,9% czyli ok 1,8 mld zł więcej w stosunku do roku poprzedniego, co dało wynik na poziomie 38,3 mld zł wartości całego rynku [dane GUS 2016-2017]. Sektor ten to nie tylko leki, lecz także w dużej mierze suplementy diety, zioła czy kosmetyki naturalne. Dla wszystkich tych produktów zachowanie jak najdłużej niezmiennej jakości jest bardzo istotną kwestią, a obecność tlenu jest zdecydowanie czynnikiem negatywnym. Ponadto producenci w zasadzie wszystkich branż nieustannie poszukują innowacyjnych technologii, które pozwalają zdobyć i utrzymać przewagę konkurencyjną. Jest to zabieg pozwalający na uzyskaniu dodatkowych atutów oferowanych produktów, który umożliwia nie tylko pozyskanie nowych klientów, lecz także zwiększanie zysków przez podnoszenie cen wyrobów nieporównywalnych. Jeśli wyrób posiada unikalne cechy, producent może oczekiwać wyższej ceny. A wyższa cena może pokryć nie tylko dodatkowy koszt, jaki ponosi producent w wyniku zastosowania pochłaniacza tlenu, lecz może także wygenerować dodatkowy zysk. Na potrzeby projekcji założono, iż wolumen sprzedaży wzrośnie o 30% względem roku poprzedniego. W związku z powyższym sprzedaż pochłaniacza do tej branży przyniesie szacunkowo dodatkowy przychód na poziomie 641.220,00 zł, co

łącznie pozwoli osiągnąć wynik sprzedaży na poziomie 2.778.620,00 zł. Koszty działalności operacyjnej w roku szóstym prognozowane są na poziomie 2.600.000,00 zł, co daje zysk z działalności operacyjnej na poziomie 178.620,00 zł, który po opodatkowaniu wynosi 144.682,20 zł.

Kolejny, czyli 7 rok rozwoju sprzedaży, będzie rokiem dynamicznego wzrostu sprzedaży w sektorze farmacji i opakowań, nie tylko z tego względu, że są to najbardziej dynamicznie rozwijające się rynki, ale też i rynki o największej wartości. Założono 50% wzrost wolumenu sprzedaży względem roku poprzedniego. Wszystko to pozwoli uzyskać przychód na poziomie 4.167.930,00 zł. Koszty działalności operacyjnej w roku siódmym prognozowane są na poziomie 3.900.000,00 zł, co daje zysk z działalności operacyjnej na poziomie 267.930,00 zł, który po opodatkowaniu wynosi 217.023,30 zł.

W następnych 3 latach na potrzeby projekcji przyjęto 15% wzrost wolumenu sprzedaży rok do roku. Na ten wynik będzie miał wpływ rozwój dotychczasowych branż, a także opracowanie portfolio produktowego w celu spełniania potrzeb wielu branży (rozwój branży e-commerce z rozwiązaniem "matched to your choice"). Rozwój portfolio produktowego ma jeszcze jeden cel, a mianowicie wyeliminowanie zagrożenia w postaci opierania planu komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS tylko na jednym produkcie. W trzech ostatnich latach, według przygotowanej prognozy, wygenerowane zostaną kolejno przychody ze sprzedaży na poziomach: 4.793.119,50 zł, 5.512.087,43 zł oraz 6.338.900,54 zł. Koszty działalności operacyjnej w kolejnych latach prognozowane są na poziomie 4.485.000,00 zł, 5.157.750.50 zł oraz 5.931.412,50 zł co daje zysk z działalności operacyjnej na poziomie 308.119,50 zł, 354.337,43 zł oraz 407.488,04 zł, który po opodatkowaniu wynosi kolejno 249.576,80 zł, 287.013,31 zł oraz 330.065,31 zł.

Poniższa tabela 18 prezentuje zebrane wyliczenia dotyczące projekcji sprzedaży wykonanej dla pochłaniacza tlenu ZEVIFOS w latach 2022 – 2031. Zawiera ona przychody ze sprzedaży obliczone jako iloczyn oszacowanej ilości sprzedanych sztuk pochłaniacza oraz założonej ceny sprzedaży oraz koszty działalności operacyjnej obliczone jako iloczyn oszacowanej ilości sprzedanych sztuk pochłaniacza oraz przyjętego kosztu wytworzenia i sprzedaży jednej sztuki pochłaniacza. Różnica pomiędzy wyliczonymi przychodami ze sprzedaży, a kosztami działalności operacyjnej, to zysk z działalności operacyjnej. Powyższe obliczenia pozwalają

uzyskać wartość NOPAT, czyli zysku z działalności operacyjnej po opodatkowaniu, czyli pomniejszeniu o podatek CIT wynoszący 19%. To istotny parametr reprezentujący korzyść ekonomiczną.

Tab. 18 Projekcja wyników finansowych

Rok	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Przychody ze sprzedaży [zł]	192366,00	448854,00	854960,00	1709920,00	2137400,00	2778620,00	4167930,00	4793119,50	5512087,43	6338900,54
Koszty działalności operacyjnej [zł]	180000,00	420000,00	800000,00	1600000,00	2000000,00	2600000,00	3900000,00	4485000,00	5157750,00	5931412,50
Zysk z działalności operacyjnej [zł]	12366,00	28854,00	54960,00	109920,00	137400,00	178620,00	267930,00	308119,50	354337,43	407488,04
Zysk z działalności operacyjnej po opodatkowaniu (NOPAT) [zł]	10016,46	23371,74	44517,60	89035,20	111294,00	144682,20	217023,30	249576,80	287013,31	330065,31
Współczynnik dyskontujący	0,90	0,81	0,73	0,66	0,60	0,54	0,49	0,44	0,40	0,36
Zdyskontowana ekonomiczna korzyść [zł]	9037,63	19027,06	32700,37	59009,64	66553,87	78065,11	105654,64	109629,32	113753,53	118032,89

Źródło: opracowanie własne

Model CAPM zastosowano do określenia stopy dyskontowej w przypadku inwestycji w technologię pochłaniacza tlenu ZEVIFOS.

Współczynnik r_f, czyli stopa wolna od ryzyka został określony na podstawie danych dostępnych na stronie internetowej Ministerstwa Finansów dotyczącej bazy transakcji obligacji hurtowych w maju 2021 roku. Pobrane zestawienie zostało zawężone według poniższych kryteriów, takich jak okres do wykupu w latach: 10 lat – analogicznie, jak przewidywany jest okres inwestycji w pochłaniacz ZEVIFOS określony ze względu na ochronę patentową; oraz data wykupu najbardziej zbliżona do roku zakończenia ochrony patentowej pochłaniacza tlenu ZEVIFOS czyli 2031 rok – w zestawieniu przyjęto datę wykupu w roku 2029. Następnie wyciągnięto średnią z wartości w kolumnie Rentowność Średnia, którą uzyskano na poziomie 2,177%. Jest to wartość współczynnika r_f dla tego przypadku.

Wartość współczynnika β_i określono na podstawie zestawienia dostępnego na stronie Prof. Aswatha Damodarana [N29] – „Total Beta By Industry Sector for Europe". Wartość tego współczynnika dla branży Packaging & Container według wspomnianego zestawienia to 0,84 dla roku 2021. Data pobrania powyższych danych to 6 maja 2021.

W analogiczny sposób uzyskano wartość premii za ryzyko rynkowe czyli $(r_m - r_f)$, lecz tym razem korzystając z zestawienia „Risk Premiums for Other Markets". Z tych danych wynika, iż wartość premii za ryzyko podjęcia inwestycji w Polsce wynosi 5,54% w roku 2021.

W wyliczeniu kosztu kapitału własnego metodą CAPM uwzględniono jeszcze premię za ryzyko prognoz dla tej konkretnej innowacji, jaką jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, na poziomie 4%. Wartość ta została określona na podstawie analizy SWOT przytoczonej w niniejszej pracy, która wskazuje na cztery główne zagrożenia związane z wdrożeniem tego rozwiązania do przemysłu, a mianowicie:

- Rozwiązania konkurencyjne obecne na rynku międzynarodowym.
- Dodatkowy koszt konieczny do poniesienia w przypadku zastosowania pochłaniacza.
- Niska świadomość klienta ostatecznego i obawy o bezpieczeństwo tego rozwiązania.
- Rynek pochłaniaczy tlenu zdominowany przez duże, międzynarodowe korporacje.

Podstawiając uzyskane wartości do powyższego wzoru otrzymujemy:

$$k_{KW} = r_f + \beta_i(r_m - r_f) = 2{,}177\% + 0{,}84 * 5{,}54\% + 4\% = 10{,}8306\% \quad (11)$$

Uzyskana powyżej stopa dyskontowa umożliwiła obliczenie współczynnika dyskontującego dla poszczególnych lat projekcji sprzedaży pochłaniacza tlenu ZEVIFOS. Działanie to miało na celu sprowadzenie wartości prognozowanych do wartości na dzień przygotowania wyceny. Iloczyny zysku z działalności operacyjnej po opodatkowaniu (NOPAT) i współczynników dyskontujących pozwalają na określenie wartości na moment wyceny, czyli zdyskontowanej korzyści ekonomicznej. Uzyskane wyniki przedstawia poniższa tabela 19.

Tab. 19 Wyznaczenie zysku z działalności operacyjnej po opodatkowaniu (NOPAT) oraz zdyskontowanej korzyści ekonomicznej

Rok	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Zysk z działalności operacyjnej po opodatkowaniu (NOPAT) [zł]	10016,46	23371,74	44517,60	89035,20	111294,00	144682,20	217023,30	249576,80	287013,31	330065,31
Współczynnik dyskontujący	0,90	0,81	0,73	0,66	0,60	0,54	0,49	0,44	0,40	0,36
Zdyskontowana ekonomiczna korzyść [zł]	9037,63	19027,06	32700,37	59009,64	66553,87	78065,11	105654,64	109629,32	113753,53	118032,89

Źródło: opracowanie własne

Wykorzystanie metod zaprezentowanych w niniejszym podrozdziale pozwoliło na wiarygodne określenie wartości innowacji produktowo-technologicznej jaką jest nanokompozytowy pochłaniacz tlenu ZEVIFOS. Wartość ta stanowi sumę zdyskontowanych korzyści ekonomicznych i wynosi 711.464,07 zł.

Wycena pochłaniacza ZEVIFOS przy wykorzystaniu metody kosztowej

Przy określaniu wartości patentu za pomocą metody kosztu odtworzenia ustalono 16 etapów, jakie należałoby podjąć na drodze opracowania technologii zbliżonej do nanokompozytowego pochłaniacza tlenu ZEVIFOS. Każdy z wymienionych etapów został opisany oraz poddany analizie pod niezbędnych do poniesienia kosztów. Umożliwiło to określenie sumarycznej wartości kosztów niezbędnych do odtworzenia zbliżonej technologii, a tym samym stanowić będzie określenie wartości pochłaniacza ZEVIFOS przy wykorzystaniu metody kosztu odtworzenia.

Poniesione koszty ujęte w tabeli 20 są szacowane w oparciu o historyczne dane, jednakże zostały przeliczone na moment przeprowadzania wyceny metodą kosztową (maj 2021). Z uwagi na znaczny upływ czasu od momentu przeprowadzania poniższych działań do momentu wyceny, poniesione koszty uległy znacznej korekcie. Niektóre działania w chwili obecnej stanowią ponad dwukrotny koszt dla przyszłego twórcy zbliżonej innowacji produktowo-technologicznej.

Tab. 20 Koszty poniesione na opracowanie pochłaniacza tlenu ZEVIFOS przeliczone na moment przeprowadzania wyceny metodą kosztową

LP	Podjęte działanie	Koszt wykonania w chwili obecnej (maj 2021)	Rok przeprowadzonych działań
1.	Opracowanie wstępnej koncepcji pochłaniacza na bazie ZVI	50 000 zł	1999/2001
2.	Sformułowanie koncepcji mokrej technologii syntezy ZVI	3 000 zł	2002- 2005
3.	Synteza 1 kg ZVI w skali laboratoryjnej	10 000 zł	2010
4.	Badania aktywności ZVI i opartego na nim pochłaniacza tlenu (orzeszki, kawa).	15 000 zł	2011
5.	Badania adsorpcji tlenu pochłaniacza ZVI w różnych matrycach (zakup komory rękawicowej).	30 000 zł	2011
6.	2 polskie zgłoszenia patentowe	40 000 zł	2010-2011
7.	Badania laboratoryjne aktywności ZVI i prototypu opartego na nim pochłaniacza	15 000 zł	2012/2013
8.	Zgłoszenia patentowe EPO, USPTO, JPN, Izrael	200 000 zł	2011-2015
9.	Testy aktywności różnych form prototypu w opakowaniach szeregu nietrwałych produktów	10 000 zł	2014/2019
10.	Badania ankietowe nt. postrzegania pochłaniaczy tlenu	13 800 zł 9 525 zł	2015 2022
11.	Badania bezpieczeństwa (migracja)	6 000 zł	2015
12.	Analiza otoczenia prawnego	2 000 zł	2017
13.	Testy pochłaniacza ZVI w ZTK (testy przechowalnicze olejów).	30 000 zł	2016/2018
14.	Przegląd aktywności patentowej dotyczącej opakowań aktywnych i inteligentnych	30 000 zł	2017
15.	Analiza rynku pochłaniaczy na świecie	30 000 zł	2018
16.	Analiza gotowości technologicznej pochłaniacza metodą TRL.	8 000 zł	2018

Źródło: opracowanie własne

1. Rozwój innowacyjnych rozwiązań w dziedzinie opakowań jest uwarunkowany wieloma czynnikami. W tym zakresie wyróżniamy czynniki wewnętrzne, takie jak strategia przedsiębiorstwa, jego zasoby oraz poziom rozwoju technologicznego, a także czynniki zewnętrzne, do których należą aktualne trendy rynkowe, czynniki legislacyjne oraz stopień konkurencyjności sektora [Ankiel, Wojciechowska i Wiszumirska, 2021]. W przypadku szacowania kosztu rozwoju innowacji opakowaniowych jednym z istotniejszych czynników jest poziom rozwoju technologicznego przedsiębiorstwa. Biorąc pod uwagę obecny rozwój sektora pochłaniaczy tlenu oraz całego rynku opakowań aktywnych, opracowanie wstępnej koncepcji tak innowacyjnego rozwiązania, jakim był pochłaniacz tlenu na bazie ZVI, w latach 1999 – 2001 niosłoby za sobą zdecydowanie wyższy koszt w chwili obecnej. Na potrzeby wyceny przyjęto, iż w chwili obecnej to koszt około 50 000 zł, i obejmuje opracowanie wstępnych założeń, pierwsze testy spełniania założeń oraz stworzenie prototypu.

2. W chwili obecnej sformułowanie koncepcji mokrej technologii syntezy ZVI nie byłoby konieczne. Literatura opisuje założenia oraz metodologię postępowania w tym zakresie. Zatem koszt takiego działania w czasie obecnym byłby niższy niż ten poniesiony przez twórców technologii w latach 2002 - 2005. Na potrzeby wyceny przyjęto, iż w chwili obecnej koszt opracowania analogicznej koncepcji wynosiłby około 3 000 zł i byłby to w zasadzie koszt odczynników i pracy ludzkiej na dopasowanie założeń literaturowych do realiów technologicznych w miejscu wytwarzania. Jednakże sytuacja wyglądałaby zupełnie inaczej, jeżeli alternatywna innowacja technologiczna byłaby rozwiązaniem zupełnie nowym, nie opisywanym przez wcześniejszych twórców. Wówczas koszt sformułowania koncepcji technologii były znacząco wyższy.

3. Synteza 1 kg ZVI w skali laboratoryjnej uległa niewielkiej zmianie jeśli chodzi o jej koszt względem roku 2010. Wynosi on na chwilę obecną około 10 000 zł i na jego wartość składa się koszt odczynników chemicznych oraz koszt pracy ludzkiej.

4. W roku 2011 prowadzono badania skuteczności pochłaniacza tlenu ZEVIFOS na podstawie pomiaru wartości liczby nadtlenkowej w przechowywanych orzeszkach ziemnych przez okres 12 tygodni, a także określenie ilości i aktywności polifenoli w kawie zielonej i

palonej w okresie 60 dni. Zarówno jedne, jak i drugie badania wykazały dobrą zdolność pochłaniacza tlenu ZEVIFOS do adsorpcji tlenu z opakowania produktów spożywczych, a w szczególności do utrzymania atmosfery beztlenowej. Chcąc w chwili obecnej rozwinąć zbliżoną technologię, powyższe badania potwierdzające skuteczność oraz wydajność są także koniecznością. Koszt takich badań względem roku 2011 uległ podwojeniu i na chwilę obecną wynosi około 15 000 zł.

5. Badania adsorpcji tlenu pochłaniacza ZVI w różnych matrycach miały na celu ocenę zdolności pochłaniania tlenu przez kompozyt zerowartościowego żelaza w matrycy silikonowej oraz w matrycy nylonowej. Pochłaniacz ZEVIFOS w obu matrycach osiągnął warunki zbliżone do beztlenowych po około 3 dniach. Jednakże dynamika osiągania tego stanu przemawia na korzyść matrycy silikonowej. Koszt zakupu komory rękawicowej w chwili obecnej jest nieco wyższy niż koszt poniesiony w roku 2011 i wynosi około 15 500 zł brutto. Do tego należy doliczyć koszty matryc oraz pozostałych preparatów chemicznych, a także koszt nakładu pracy poniesiony na przeprowadzone badania. W obliczu tych danych koszt przeprowadzonych badań w różnych matrycach w chwili obecnej wynosi około 30 000 zł. Powyższe wyniki badań były przedmiotem kilku publikacji, więc można na nich oprzeć tezy i założenia do kreowania alternatywnego rozwiązania technologicznego. Jednakże dobór zastosowanej matrycy wpływa znacząco na skuteczność adsorpcji tlenu, stąd właściwe dopasowanie matrycy do substancji aktywnej ma kluczowe znaczenie. Powyższego etapu nie można pominąć.

6. W roku 2010 oraz 2011 dokonano dwóch polskich zgłoszeń patentowych, które zostały przytoczone we wcześniejszej części pracy. Koszty uzyskania ochrony patentowej na rozwiązanie są uzależnione od kilku czynników. Przede wszystkim koszt zależy od wyboru trybu patentowania. Uzyskanie ochrony tylko na terytorium Polski wymaga uiszczenia kwot wymienionych w tabeli opłat Urzędu Patentowego RP. Suma opłat będzie zależna m. in. od liczby stron opisu patentowego, liczby dodatkowych wniosków i wysokości honorarium pełnomocnika. Koszt przygotowania dokumentacji wacha się pomiędzy 8 a 20 tys. zł, natomiast koszt postepowania w zależności od jego złożoności to od 2 do nawet 20 tys. zł. Powyższe wartości zsumowane dają orientacyjny koszt pojedynczego patentu w Polsce między 10 a 40 tys. zł. Na potrzeby niniejszej wyceny przyjęto koszt uzyskania jednego patentu

w chwili obecnej na poziomie 20 tys. zł. Zatem koszt dwóch patentów wynosiłby około 40 tys. zł i jest on dwukrotnie wyższy niż poniesiony przez twórców w latach 2010-2011. W powyższej kwestii należałoby przemyśleć zasadność patentów polskich, ponieważ powyższe założenia wyceny przewidują eksport technologii, jaką jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS. W obliczu tych założeń bardziej zasadna wydaje się ochrona patentowa o zakresie międzynarodowym lub ukierunkowana na kraje dedykowane do eksportu.

7. Badania laboratoryjne aktywności ZVI i prototypu opartego na nim pochłaniacza tlenu ZEVIFOS przeprowadzane w latach 2012 – 2013 były badaniami przeprowadzanymi w ramach prac dyplomowych na Uniwersytecie Ekonomicznym w Poznaniu. W związku z powyższym ich koszt sprowadzał się do kosztu wykorzystanych odczynników i innych materiałów np. opakowaniowych. Chcąc przeprowadzić zbliżone badania w chwili obecnej, ich koszt byłby wyższy i wynosił mniej więcej 15 tys. zł. Jednakże badania te można byłoby pominąć bazując na dotychczasowym stanie wiedzy i zasobie publikacji w powyższym zakresie.

8. W latach 2011 - 2015 dokonano zagranicznych zgłoszeń patentowych, które zostały przytoczone we wcześniejszej części pracy. Koszt zgłoszenia patentowego dokonywanego w celu ochrony własności intelektualnej poza Polską, będzie zależał m. in. od tego, w jakim trybie patent będzie zgłaszany (europejskim czy międzynarodowym), czy też od tego, w ilu krajach ma obowiązywać ochrona. Koszt przygotowania dokumentacji wacha się pomiędzy 15 a 25 tys. zł, natomiast koszt postepowania w zależności od jego złożoności to od 20 do nawet 45 tys. zł. Powyższe wartości zsumowane dają orientacyjny koszt pojedynczego patentu w Polsce między 35 a 70 tys. zł. Na potrzeby niniejszej wyceny przyjęto koszt uzyskania jednego patentu w chwili obecnej na poziomie 50 tys. zł. Zatem koszt czterech patentów zagranicznych wynosiłby około 200 tys. zł i jest on około 30% wyższy niż poniesiony przez twórców w latach 2011 - 2015. Wspominając już powyżej założenia eksportu technologii na rynki zagraniczne, etap patentowania zagranicznego nie powinien być pominięty. Jest to punkt wręcz kluczowy dla utrzymania przewagi konkurencyjnej.

9. Dzięki zamknięciu aktywnych związków żelaza w matrycy polimerowej zapobiega się bezpośredniemu kontaktowi związków żelaza z zapakowanym produktem. Istnieje także możliwość uformowania kompozytu w zależności od potrzeb (np. jako warstwa laminatu,

wypełnienie kapsla, umieszczenie wewnątrz opakowania). W przeprowadzonych badaniach testowano różne matryce oraz formy prototypu pochłaniacza tlenu ZEVIFOS w celu wybrania najbardziej optymalnego rozwiązania w tym zakresie. Testowano polimery takie jak: kauczuki silikonowe, polisiloksany, modyfikowany octanomaślan celulozy (CAB), poliamid, alkohol poliwinylowy (PVA), politereftalan etylenu (PET), pochodne celulozy, skrobia modyfikowana, oraz polimery w tym m.in. kwas polimlekowy, polihydroksymaślan (PHB), polioksymetylen (POM) lub mieszanin tych polimerów, a także zerowartościowe żelazo otrzymywane sposobem polegający na reakcji rozpuszczalnej soli żelaza (III) lub (II) z tetraborowodorkiem sodu. Powyższe badanie jest dość istotne z uwagi na realizację określonych założeń innowacji oraz wybór najbardziej optymalnych jego parametrów użytkowych, jednakże nie jest konieczne jego przeprowadzenie w tak szerokim zakresie, jak to zrobili twórcy technologii w latach 2014 – 2019. Można oprzeć się w tym aspekcie na dotychczasowych badaniach. Powyższe testy można przeprowadzić w węższym zakresie, więc pomimo wzrostu kosztu odczynników i pracy ludzkiej, ich koszt można przyjąć na zbliżonym poziomie.

10. Przeprowadzono 326 ankiet wśród producentów związanych z branżą opakowaniową i spożywczą na targach innowacji opakowaniowych w Warszawie - Packaging Innovations (10-11.04.2015), na targach PakFood (targi opakowań dla przemysłu spożywczego) w Poznaniu (23-26.09.2015), na targach Warsaw Pack (26-28.04.2022) oraz badania ankietowe wysyłkowe wśród członków Polskiej Izby Opakowaniowej. Przeprowadzone badania ankietowe wskazały na zainteresowanie producentów alternatywnymi metodami przedłużenia trwałości żywności, którzy byliby skłonni zapłacić więcej za produkt, który nie zawiera chemicznych konserwantów, a jednocześnie jego walory odżywczo-sensoryczne są zachowane. Badania ankietowe pokazały także, że w chwili obecnej wiedza nt. pochłaniaczy tlenu jest znikoma i większość producentów nie miała z nimi styczności. W chwili obecnej koszt przeprowadzenia powyższych badań z roku 2015 ankietowych byłby 5-krotnie wyższy i wynosiłby około 13 800 zł przy założeniu kosztu jednej ankiety na poziomie 75 zł. Dodając do tego koszt ankiet przeprowadzonych w roku 2022, tj. 9525 zł (127 ankiet po 75 zł każda), uzyskujemy koszt badań ankietowych na poziomie 23 325 zł. Chcąc uzyskać informacje dotyczące zainteresowania producentów pochłaniaczami tlenu badania ankietowe należałoby przeprowadzić ponownie ponieważ wyniki ich badań nie były nigdzie dotychczas publikowane.

11. Przeprowadzone badania dotyczące migracji żelaza w trzech płynach modelowych, symulujących różne rodzaje żywności wykazały, iż pochłaniacz jest absolutnie bezpieczny pod względem stosowania w przemyśle spożywczym, gdyż żadna migracja nie zachodzi. Badania zostały wykonane przez certyfikowane laboratorium w tym zakresie J.S. Hamilton. Koszt przeprowadzonych badań zmienił się ze względu na wzrost cen niezbędnych odczynników oraz wzrost kosztu pracy ludzkiej i na chwilę obecną wynosi około 6 000 zł, wzrósł więc o około 20%. Badanie jest niezbędne do przeprowadzenia, ponieważ stanowi potwierdzenie bezpieczeństwa stosowania pochłaniacza do produktów spożywczych.

12. Analiza otoczenia prawnego została przeprowadzona na potrzeby określenia legislacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, której podlega. W tym zakresie rozpatrzono ustawodawstwo Unii Europejskiej oraz uszczegóławiające przepisy polskiego prawa. Przeprowadzona analiza została wykonana przeze autorkę niniejszej wyceny na potrzeby niniejszej rozprawy doktorskiej, a jej koszt jest wynikiem wyceny poniesionego nakładu pracy. Za profesjonalną analizę otoczenia prawnego wykonaną przez osobę wyspecjalizowaną w tym zakresie należałoby w chwili obecnej zapłacić zdecydowanie wyższą cenę i byłaby to kwota od 2 do nawet 10 tys. zł w zależności od złożoności innowacji technologicznej. Na potrzeby niniejszej wyceny przyjęto kwotę w chwili bieżącej na poziomie 2 tys. zł. Z powyższego działania nie można zrezygnować, gdyż zaniechanie w tej kwestii może spowodować ryzyko poważnych konsekwencji prawnych, a nawet wykluczyć możliwość komercjalizacji innowacji. Konieczność wykonania takiej analizy jest nieodzowna.

13. W latach 2016 – 2018 przeprowadzono testy pochłaniacza tlenu ZVI w Zakładach Tłuszczowych Kruszwica. Były to testy przechowalnicze różnych rodzajów olejów jadalnych, a samo badania miało na celu walidację koncepcji pochłaniacza w środowisku zbliżonym do rzeczywistego. Koszt analogicznych testów przechowalniczych w chwili obecnej nie różniły się znacząco od tego poniesionego w minionych latach i wynosiłby około 30 tys. zł. Przeprowadzenie takich badań jest jednym z etapów oceny gotowości technologicznej innowacji i musiałyby być przeprowadzone. Koszt może się różnić z zależności o założeń, warunków i skali przeprowadzanych analiz.

14. W roku 2017 wykonano przegląd aktywności patentowej dotyczącej opakowań aktywnych i inteligentnych. Celem pracy była analiza stanu informacji patentowej dotyczącej pochłaniaczy tlenu stosowanych w opakowaniach żywności. W pracy do wyszukiwania patentów wykorzystano bazę Lens, a także Thomas Reuters Patent Database. Badano okres od 1970 do 2015 roku. Publikacje patentowe porównano również z liczbą artykułów publikowanych w czasopismach naukowych. Do wyszukiwania publikacji wykorzystano bazę Science Direct. W celu wyjaśnienia czynników wpływających na liczbę zgłoszeń patentowych z zakresu pochłaniaczy tlenu przeprowadzono analizę dekompozycyjną LMDI metodyką opracowaną przez Fujii. Wyniki przeglądu opublikowano w artykule „Rozwój pochłaniaczy tlenu na podstawie analizy aktywności ich patentowania" Ryszard Cierpiszewski, Joanna Olszewska, Zenon Foltynowicz, Kierunki badań i rozwoju produktów nieżywnościowych / red. nauk. R. Salerno-Kochan, A. Wolak, Kraków: Polskie Towarzystwo Towaroznawcze, 2017. Na potrzeby prowadzonych badań, rozszerzono zakres czasowy przeglądu aktywności patentowej o lata 2016 – 2020. Otrzymane wyniki Patent Landscape zostały przedstawione na wykresie 3 niniejszej pracy. W związku z powyższym, iż wyniki przeglądu zostały opublikowane i są powszechnie dostępne, można skorzystać z uzyskanych wyników przy określaniu potencjału komercjalizacji. Szacowany koszt przeprowadzenia analogicznej analizy w chwili obecnej będzie nieporównywalnie wyższy niż ten, jaki został poniesiony w roku 2017 i szacuję go na około 20 – 40 tys. złotych. Na koszt składa się dostęp do wspomnianych baz danych, który na chwilę obecną wynosi około 18 tys. zł (4 tys. euro), nakład pracy ludzkiej niezbędny do zebrania i przeanalizowania danych patentowych szacowany na około 5 tys. złotych. W przypadku zlecenia powyższej analizy aktywności patentowej wyspecjalizowanemu w tej dziedzinie podmiotowi, koszt szacunkowo były około dwukrotnie wyższy. Na potrzeby niniejszej wyceny przyjęto koszt powyższego działania na uśrednionym poziomie 30 tys. zł.

15. Analiza rynku pochłaniaczy tlenu na świecie została przeprowadzona w celu porównania pochłaniacza tlenu ZEVIFOS z najbardziej popularnymi na rynku pochłaniaczami tlenu. W zestawieniu wzięto pod uwagę takie parametry, jak zdolność sorpcji tlenu [ml], ilość żelaza w saszetce pochłaniacza [g], efektywność sorpcji tlenu na 1 g Fe, wymiary oraz cenę. Na podstawie owej analizy sformułowano poniższe wnioski dotyczące pochłaniacza ZEVIFOS:

- Wykazuje dobre parametry wydajności adsorbowania tlenu,
- Posiada wszechstronne możliwości wykorzystania (brak ograniczeń w stosowaniu, w szczególności w środowisku suchym),
- Może być konkurencyjny cenowo przy większej skali produkcji,
- Może być barwiony na dowolny kolor oraz przybrać dowolny kształt,
- Posiada badania potwierdzające skuteczność w warunkach chłodniczych.

Przytoczone analizy rynku pochłaniaczy na świecie są dostępne jako gotowe opracowania, jednakże ich koszt jest kilkunastokrotnie wyższy niż ten, jaki został poniesiony na potrzeby przygotowania rozprawy doktorskiej. Waha się on w zależności od szczegółowości zebranych danych od 30 do nawet 50 tys. zł. Analiza przedstawia dane o rozwiązaniach konkurencyjnych na rynku, ich specyfice działania, parametrach wydajności oraz cenie. Niemniej jednak z pewnością analiza rynku pochłaniaczy tlenu na świecie wymagałaby aktualizacji ze względu na powstałe nowe rozwiązania komercyjne w tej dziedzinie. Zmianie mogły ulec także koszt oraz wydajność sorpcji tlenu. W związku z tym uznano powyższy podpunkt jako działanie, które jest konieczne do przeprowadzenia. Na potrzeby niniejszej wyceny przyjęto koszt analizy rynku pochłaniaczy tlenu na świecie na poziomie 30 tys. zł.

16. Wykonano ocenę gotowości technologicznej metodą TRL (Technology Readiness Level). W metodzie tej gotowość technologiczną można rozumieć jako etap rozwoju projektu będącego przedmiotem badań naukowych. TRL to 9 poziomowa skala, której pierwszy poziom opisuje najniższy stopień zaawansowania technologicznego projektu, a poziom dziewiąty oznacza jego pełną dojrzałość i gotowość do wdrożenia. Na podstawie tej analizy oceniany pochłaniacz znalazł się na chwilę obecną na 6 poziomie, ponieważ dokonano demonstracji technologii w środowisku zbliżonym do rzeczywistego. W przypadku tej analizy gotowości technologicznej rozwiązania, jakim jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS metodą TRL, koszt jej również wynika z wyceny poniesionego nakładu pracy, a sama ocena jest składową niniejszej dysertacji. Za analogiczną ocenę metodą TRL wykonaną przez firmę zewnętrzną należałoby zapłacić około 8 - 10 tys. zł. Na potrzeby niniejszej wyceny przyjęto koszt 8 tys. zł. W związku z przytoczonym opisem uznano, iż w przypadku zastosowania oceny gotowości do komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS metodą TRL, zachodzi konieczności jego wykonania.

Sumując koszty działań koniecznych do przeprowadzenia w przypadku odtworzenia zbliżonej innowacji produktowo-technologicznej, jaką jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, uzyskujemy wartość 502.325,00 zł. Jest to wartość wyceny określona z wykorzystaniem metody kosztowej.

Określenie wartości pochłaniacza tlenu ZEVIFOS za pomocą wszystkich wykorzystanych metod wyceny

Podsumowując wartość wyceny pochłaniacza tlenu ZEVIFOS określona z wykorzystaniem metody dochodowej została wyliczona na 711.464.07 zł. Natomiast wartość wyceny tej samej innowacji określona z wykorzystaniem metody kosztowej została wyliczona na 502.325 zł. Zgodnie z przytoczoną wcześniej praktyką rynkową przyjęto następujące wagi dla danych metod: 75% dla metody dochodowej oraz 25% dla metody kosztowej. Uzyskane wartości wycen zostały przeliczone poniżej zgodnie z tymi założeniami:

*wartość technologii = 75% **711.464.07 zł + 25% * 502.325 zł (12)

Zgodnie z powyższym równaniem i przyjętymi założeniami, wartość technologii wyliczona została na 659.179,30 zł.

Podsumowanie wyceny

Wycena innowacji produktowo-technologicznych jest złożonym zagadnieniem. Niezbędny jest w tym procesie właściwy dobór metody wyceny, określenie jej celu, a także analiza podmiotu wyceny. Wszystkie te składowe wpływają w znaczącym stopniu na wiarygodność uzyskanych wyników.

W obecnych uwarunkowaniach rynkowych, w których gospodarki oparte są w znaczącym stopniu na wiedzy i kapitale intelektualnym, następuje widoczny wzrost znaczenia niematerialnych zasobów przedsiębiorstw, innowacji technologicznych oraz zupełnie nowych rozwiązań produktowo-technologicznych. Dla wielu młodych i nowych firm, określanych często mianem startupów, kapitał intelektualny stanowi największą wartość przedsiębiorstwa

oraz jego przewagę konkurencyjną. Umiejętność właściwej i rzetelnej wyceny tego kapitału stanowi konieczność dla rozwoju, planowania działań, wdrażania technologii i jej komercjalizacji.

6.5 Propozycje możliwych scenariuszy komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS

Niezależnie od obranego modelu, komercjalizację wyników prac badawczo-rozwojowych można przeprowadzić za pomocą różnych metod, które w zależności od charakteru prac oraz innych uwarunkowań, przynoszą różne przepływy finansowe. Istnieją trzy podstawowe metody komercjalizacji: sprzedaż wyników prac badawczo-rozwojowych, licencjonowanie wyników prac badawczo-rozwojowych i wniesienie wyników prac badawczo-rozwojowych aportem do spółki celowej lub na zasadzie licencji.

Sprzedaż wyników prac badawczych i rozwojowych stanowi najprostszą formę komercjalizacji. Trzeba pamiętać jednak, że stanowi ona także najmniej dochodową metodę w porównaniu z innymi ścieżkami komercjalizacji. Ten sposób komercjalizacji jest szczególnie interesujący dla nabywców technologii, gdyż otrzymują oni gotową technologię zazwyczaj wraz z pomocą jej wdrożenia do pracy. Sprzedaż innowacji produktowo-technologicznej może także obejmować know-how. Podstawą do objęcia takiej ścieżki komercjalizacji jest rzetelna wycena innowacji produktowo-technologicznej. Dlatego też wycena pochłaniacza tlenu ZEVIFOS została przygotowana w niniejszej pracy i stanowi fundament do dalszego procesu wprowadzania produktu na rynek.

Udzielenie licencji na wyniki prac badawczo-rozwojowych jest bardziej złożoną metodą komercjalizacji – wymaga większych nakładów ze względu na długoterminowy charakter relacji pomiędzy licencjodawcą a licencjobiorcą, ale potencjalnie może być znacznie bardziej dochodowe niż sprzedaż. Głównie ze względu na to, iż w zależności od ustaleń w umowie licencyjnej, nie musi ograniczać się do licencjonowania technologii tylko jednemu podmiotowi. Zatem innowacja może równocześnie zostać zaimplementowana w różnych branżach i na różnych rynkach, co oczywiście potencjalnie może przynosić znacznie większe dochody, niż jednorazowa sprzedaż technologii. Dodatkowym aspektem tego rozwiązania jest także zachowanie kontroli nad przedmiotem licencji przez twórców i prawo do dalszego jej rozwoju. Dla licencjobiorcy benefitem podstawowym jest możliwość całkowitego pominięcia etapu rozwoju technologii. Otrzymuję on wówczas gotową licencję do wdrożenia technologii. Można wyróżnić różne rodzaje licencji:

- Licencja pełna – licencjobiorca otrzymuje takie same prawa do korzystania z technologii jak licencjodawca

- Licencja wyłączna – licencjobiorca otrzymuje wyłączne prawo korzystania z licencji na wyznaczonym obszarze bądź w określonym polu działania np. branży, segmencie rynku,
- Licencja niewyłączna – licencjodawca udostępnia licencję wielu licencjobiorcom, tworząc tym samym warunki do konkurencji miedzy nimi,
- Licencja otwarta – licencjodawca składa oświadczenie o gotowości udzielenia licencji i zezwala na korzystanie ze swojego produktu,
- Sublicencja – specyficzny rodzaj licencji, w którym licencjobiorca udziela licencji dalszym licencjobiorcom, o ile zapewnił sobie takie prawo w umowie licencyjnej [Czarnek, 2009].

Niemal każdy rodzaj licencji zakłada istnienie opłaty licencyjnej, którą uiszcza licencjobiorca za możliwość korzystania z licencji. Jej wysokość zależy od uzgodnień między stronami umowy. Istnieją dane dotyczące wysokości opłat licencyjnych, jednakże dotyczą one ryku amerykańskiego. Zgodnie z nimi średnie prowizje licencyjne wahają się w zakresie od kilku do dwudziestu procent, w zależności od branży i stopnia rozwoju produktu [N36].

Wniesienie wyników prac badawczo-rozwojowych jako aportu do spółki stanowi najbardziej zaawansowaną metodą komercjalizacji. Mowa tutaj o wniesieniu wyników prac badawczo-rozwojowych do istniejącej spółki lub o założeniu zupełnie nowej spółki, tzw. spin-off, przez PJB, czyli Państwową Jednostkę Badawczą (np. uczelnię, instytut PAN, instytut badawczy). Spółki typu spin-off powstają poprzez usamodzielnienie się pracownika lub grupy pracowników przedsiębiorstwa lub instytucji macierzystej, którzy wykorzystują wiedzę oraz zasoby pozyskane w organizacji macierzystej do rozwoju nowej firmy. Przy Uniwersytecie Ekonomicznym w Poznaniu istnieje Spółka Celowa, która została powołana m.in. w celu komercjalizacji wyników prac badawczych pracowników uczelni. Spółka uczestniczyła już w badaniach rozwojowych pochłaniacza tlenu ZEVIFOS prowadzonych z Zakładach Tłuszczowych „Kruszwica" S.A., jednakże dalsze działania zmierzające w stronę komercjalizacji tej innowacji produktowo technologicznej nie były podejmowane. Spółka typu spin-off mogłaby zostać założona także przez samych twórców technologii w celu komercjalizacji tego rozwiązania. Do tej pory taka ścieżka komercjalizacji nie była przez twórców podejmowana ze względu na liczne obowiązki dydaktyczne oraz pracę naukową.

W przypadku pochłaniacza tlenu ZEVIFOS wszystkie powyższe ścieżki komercjalizacji są możliwe do przeprowadzenia. Jednakże, ze względu na szeroki wachlarz branż, które potencjalnie mogły korzystać z tej innowacji produktowo-technologicznej, rekomendację skierowano w stronę udzielenia licencji lub założenia spółki spin-off. Rozwiązania te stwarzają dużo więcej możliwości udoskonalania i rozwijania opracowanej technologii oraz mogą generować długofalowe przychody z jej komercjalizacji.

Rozwiązanie technologiczno-produktowe, jakim jest pochłaniacz tlenu ZEVIFOS zostało dopracowane pod względem technologicznym na drodze szeregu badań oraz prób przechowalniczych. Wszystkie te działania doprowadziły do wykreowania niewątpliwej innowacji, która została potwierdzona m.in. certyfikatem Seal of Excellence, a także licznymi patentami polskimi i zagranicznymi. Badania skuteczności tego rozwiązania, także te przytoczone w niniejszej pracy, świadczą o walorach użytkowych. Także badania migracyjne, przeprowadzone zgodnie z obowiązującymi normami, utwierdzają w bezpieczeństwie wykorzystania pochłaniacza tlenu ZEVIFOS w przemyśle spożywczym. Ocena gotowości technologicznej z wykorzystaniem metody TRL wskazuje na bardzo wysoki stopień zaawansowania tej innowacji do procesu komercjalizacji.

Analiza otoczenia konkurencyjnego wskazała na zdecydowane przewagi pochłaniacza tlenu ZEVIFOS pod względem możliwości zastosowania, pod względem wydajności oraz potencjalnie atrakcyjnej ceny. Podobne szanse i mocne strony oraz zagrożenia i słabe strony zostały wskazane w analizie SWAT. Poznanie opinii decydentów z branży opakowaniowej oraz spożywczej, za pośrednictwem badań ankietowych, pozwala na sformułowanie twierdzenia, że ta innowacja produktowo-technologiczna może zostać z sukcesem skomercjalizowana. Do tego z pewnością może się przyczynić przygotowana w niniejszej pracy wycena pochłaniacza tlenu ZEVIFOS oraz zaproponowane ścieżki komercjalizacji.

Wnioski i podsumowanie

Celem niniejszej dysertacji było wskazanie wyznaczników gotowości nowych pochłaniaczy tlenu do procesu komercjalizacji na rynku polskim. Za takowe, na podstawie przyjętego modelu oraz specyfiki analizowanej innowacji, zostały uznane:

1. Prace badawcze
2. Stworzenie pomysłu lub wynalazku
3. Identyfikacja potencjału rynkowego
4. Pomysł na biznes
5. Patent
6. Promocja oferty technologicznej
7. Sprzedaż lub licencja praw do patentu
8. Wdrożenie do produkcji innowacji technologicznej
9. Zyski ze sprzedaży

Powyższe wyznaczniki gotowości znajdują swoje odzwierciedlenie, w przypadku pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, w następujących działaniach:

- analiza potencjału rynkowego w warunkach polskich w odniesieniu do istniejącej już na rynku konkurencji,
- ocena innowacyjności, skuteczności oraz bezpieczeństwa pochłaniacza tlenu ZEVIFOS,
- określenie gotowości technologicznej do procesu komercjalizacji,
- wycena pochłaniacza tlenu ZEVIFOS.

Szczegółowa analiza gotowości pochłaniacza tlenu ZEVIFOS w odniesieniu do powyższych wyznaczników została opisana w rozdziale 4. Zagadnienia teoretyczne procesu komercjalizacji. Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano poniższe wnioski oraz propozycje działań na przyszłość:

- Dynamiczny rozwój rynku opakowań w Polsce i na świecie pod względem wartości oraz innowacyjności oferty, stwarza możliwości komercjalizacji nowych rozwiązań w tej dziedzinie.

- Konieczność dopasowania się producentów z branży opakowaniowej, do wymagań legislacyjnych i konieczność wydłużenia cyklu życia produktów, sprzyjać może rozwojowi innowacji opakowaniowych.
- Pochłaniacze tlenu, w obliczu rosnącej świadomości producentów żywności oraz konsumentów, mogą stanowić alternatywę dla chemicznej konserwacji żywności, a także przyczynić się do wydłużenia terminu przydatności do spożycia produktów, zachowania ich walorów jakościowych, co może przyczynić się do ograniczenia marnowania żywności.
- Zastosowana technologia pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, oparta o nanocząstki żelaza, skutkuje znacznie większą szybkością adsorpcji tlenu i tym samym kreuje jego przewagę konkurencyjną na tle rynkowych odpowiedników. Powoduje ona także możliwość wykorzystania pochłaniacza tlenu w produktach o niskiej wilgotności względnej oraz w warunkach chłodniczych.
- Pochłaniacz tlenu ZEVIFOS, który niweluje wiele z ograniczeń w wykorzystaniu obecnych na rynku pochłaniaczy tlenu, ma duże szanse na komercjalizację, a nawet zastąpienie dotychczasowych pochłaniaczy tlenu komercyjnych. Możliwość zastosowania różnych matryc polimerowych, kreuje znacznie szersze spektrum form zastosowania, od saszetki wewnątrz opakowania z produktem, po laminat będący integralną warstwą materiału opakowaniowego.
- Ocena gotowości technologicznej oraz biznesowej pochłaniacza tlenu ZEVIFOS potwierdza przesłanki do komercjalizacji tej innowacji produktowo-technologicznej. Przeprowadzane oceny potwierdzają wysoki stopień zaawansowania technologii do wdrożenia.
- W ocenie osób związanych z przemysłem opakowaniowym i spożywczym, największe zagrożenia związane z komercjalizacją pochłaniacza tlenu na polskim rynku związane są z wysokim kosztem tej innowacji oraz bezpieczeństwem tego rozwiązania.
- Przeprowadzona wycena pochłaniacza tlenu ZEVIFOS stanowi istotny aspekt ewentualnego procesu komercjalizacji. Istnieje prawdopodobieństwo, iż wynik wyceny oraz zaproponowane ścieżki komercjalizacji przyczynią się do podjęcia działań wdrożeniowych w tym zakresie.

- Na podstawie projekcji wyników finansowych komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, zarekomendowano wdrażanie tej innowacji kolejno w branżach spożywczej, opakowaniowej i farmaceutycznej. Na dobór wskazanych branż miał przede wszystkim potencjał zastosowania tej technologii oraz zapotrzebowanie rynku na innowacje opakowaniowe.
- Rekomendowane ścieżki komercjalizacji pochłaniacza tlenu ZEVIFOS, ze względu na specyfikę samej technologii oraz ochronę patentową, to licencjonowanie bądź założenie, przez twórców lub uczelnię, spółki spin-off.

Podsumowując powyższe rozważania na temat oceny gotowości technologicznej oraz biznesowej pochłaniacza tlenu ZEVIFOS stwierdzono, że ta innowacja produktowo-technologiczna jest w pełni gotowa do procesu komercjalizacji zarówno pod względem technologicznym, jak i biznesowym. W związku z powyższym uznano, iż postawiona teza w niniejszej dysertacji znajduje swoje potwierdzenie. Istnieją zatem przesłanki wprowadzenia na polski rynek pochłaniacza tlenu na bazie zerowartościowego żelaza (nZVI, ZEVIFOS) opracowanego w Instytucie Nauk o Jakości Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.

W toku prowadzonego postępowania badawczego poszukiwano odpowiedzi na postawione pytania badawcze. Na wszystkie pytania badawcze uzyskano pozytywne odpowiedzi. Jak to zostało podsumowane powyżej, dojrzałość technologiczna oraz biznesowa pochłaniacza tlenu ZEVIFOS jest na wysokim poziomie, a samo rozwiązanie może zostać z powodzeniem skomercjalizowane. Wyniki badań pozwoliły także na poczynienie założeń odnośnie przydatności i możliwości wykorzystania pochłaniacza ZEVIFOS w poszczególnych branżach. Przed ewentualnym rozpoczęciem procesu komercjalizacji należałoby w sposób bardziej wnikliwy przeanalizować potencjalne zagrożenia przytoczone w analizie SWOT dla pochłaniacza tlenu ZEVIFOS. Dla każdego ze wskazanych zagrożeń i słabych punktów można przygotować strategię zapobiegawczą, która zniweluje ich wpływ na sytuację rynkową produktu.

BIBLIOGRAFIA:

Ahvenainen, R., 2003, *Novel food packaging techniques*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, s. 5-49

Amberg-Schwab, S., Burger, A., Weber, U., Xalter, R., Nique, S., 2009, *Coating Materials with Oxygen Scavenger and/or Oxygen Indicator Function for Coating or Bonding and Products Produced Therewith*; USA; patent US20090117389, s. 1-15

Ankiel, M., Wojciechowska, P., Wiszumirska, K., 2021, *Innowacje opakowaniowe na rynku produktów konsumpcyjnych*, Wydawnictwo UEP, Poznań, s. 9-13; s. 72-97

Bagiński, J., Buczacki, A., Sobczak, D., i Szerenos, A., 2008, *Transfer technologii z uczelni do biznesu: Tworzenie mechanizmów transferu technologii*. K. Santarek (Ed.), Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa

Balasubramanian, A., 2009, *Antioxidant packaging*, Packaging World Magazine No 3, DEStech Publications Inc., USA, s. 31

Bartosz, G., 2008, *Druga twarz tlenu. Wolne rodniki w przyrodzie*, Wydawnictwo naukowe PWN wyd. 2, Warszawa, s. 179

Barszcz, M., 2013, *Komercjalizacja B+R dla praktyków*, Wyd. Narodowe Centrum badań i Rozwoju, Warszawa, s. 17-36

Biazik, E., Lesiów, T., 2017, *Zastosowanie opakowań aktywnych i inteligentnych w żywności,* Zarządzanie bezpieczeństwem i jakością żywności, 9, Materiały konferencyjne, Biuro Zarządzania Jakością, Środowiskiem i BHP, Warszawa, s. 41-47

Biela, M., 2012, *Otrzymywanie pochłaniacza tlenu opartego na nanożelazie z wykorzystaniem surowców rodzinnych i nieorganicznych*, praca magisterska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Bober, P., 2011, *Wycena know-how wnoszonego aportem do spółki kapitałowej*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego Nr 639, Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia nr 37, Szczecin, s. 691-700

Brody, A. L., Strupinsky, E. R., Kline, L. R., 2001, *Active Packaging for Food Application*, CRC Press, USA

Budryn, G., Nebesny, E., 2006, *Fenolokwasy – ich właściwości, występowanie w surowcach roślinnych, wchłanianie i przemiany metaboliczne*, Zakład Technologii Skrobi i Cukiernictwa Instytutu Chemicznej Technologii Żywności Politechniki Łódzkiej, Łódź, s. 103-110

Butler, B.L., 2002, Cryovac® OS2000™ *Polymeric Oxygen Scavenging Systems,* World Conference on Packaging: Proceedings of the 13th Intl. Assoc. of Packaging Res. Inst., Michigan USA, June 23-28. Fla.: CRC Press LLC., S. 157-62

Butler, P., Kerry, J., Wiley, J., 2008, S*mart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods,* John Wiley & Sons Ltd, USA, s. 1-32

Cholewa-Wójcik, A., Kawecka, A., Sikora, T., 2018, *Wymagania prawne dotyczące materiałów przeznaczonych do kontaktu z żywnością*, Żywność. Nauka. Jakość., 25, 3(116), Kraków, s. 163-171

Cierpiszewski, R., Kozak, W., 2010a, *Opakowania inteligentne*, Przemysł Spożywczy, Nr 3, Wyd. SIGMA-NOT, Warszawa, s. 36-38

Cierpiszewski, R., Kozak, W., 2010b, *Wskaźniki obecności tlenu w opakowaniach*; Opakowanie Nr 4, Wyd. SIGMA-NOT, Warszawa, s. 26-31

Cierpiszewski, R., 2016, *Opakowania aktywne i inteligentne*, Wyd. Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań, s. 23-53; 165-186

Cierpiszewski, R., Olszewska, J., Foltynowicz, Z., 2017, *Rozwój pochłaniaczy tlenu na podstawie analizy aktywności ich patentowania*, Kierunki badań i rozwoju produktów nieżywnościowych, Wyd. Polskie Towarzystwo Towaroznawcze, Kraków, s. 20-32

Cierpiszewski, R., Olszewska, J., Wdowicka, H., Foltynowicz, Z., 2017, *Analiza aktywności patentowej w zakresie pochłaniaczy tlenu*, Towaroznawstwo w badaniach i praktyce, Wyd. Polskie Towarzystwo Towaroznawcze, Kraków, s. 25

Cierpiszewski, R., Olszewska, J., Foltynowicz, Z., 2018, *Oxygen scavenger development as evidenced by patterns in relevant patenting activity*, New Trends in Sustainable Business and Consumption: Conference Proceedings, Bukareszt: EDITURA ASE, s. 82-89

Cooper, R.G., Kleinschmidt, E.J., 2001, *Stage Gate Process for New Product Success*, Innovation Management, Brondby, Denmark, s. 1-6

Cruz, R.S., Camilloto, G.P, Santos Pires, A.C., 2012, *Oxygen Scavengers: an Approach on Food Preservation*, Structure and Function of Food Engineering, Croatia: Intech., s. 21-42

Czapski, J., 2007, *Trendy w technologii aktywnych opakowań żywności ze szczególnym uwzględnieniem produktów owocowo-warzywnych*, Przemysł fermentacyjny i owocowo-warzywny; Nr 10, Warszawa, s. 36-38

Czarnik, M., 2009, *Patent na sukces,* Kompas Innowacji nr 1, s. 14-15

Czerniawski, B., 2008, O*pakowania aktywne i inteligentne oraz ich obecność na rynku krajowym*; Opakowanie Nr 8 cz. II, Wyd. SIGMA-NOT, Warszawa, s. 8-12

Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Zondervan-va den Beuken, Tobback, P., 2008, *Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns*, Trends in Food Science technology Vol. 19; iss. SUPPL. 1; s. 103 - 112

Dandar, A., Kaćeńak, I., Sekretar, S., 2005, N*owoczesne sposoby pakowania a ich wpływ na jakość i trwałość produktów*; Przemysł Spożywczy Nr 9, SIMA-NOT, Warszawa, s. 20-26

Dosi, G., Llerena, P., Labini, M. S., 2006, *The relationships between science, technology and their industrial exploitation: An illustration through the myths and realities of the so-called „European Paradox"*, Research Policy, vol. 36, s. 1450-1464

Dynus, M., 2006, *Zarządzanie finansami przedsiębiorstwa*, TNOiK, Toruń, s. 1-27

Encyclopaedia Of Polymer Science and technology, 2002, *Oxygen Scavenger packaging Systems*;

Ferrari, M.C., Carranza, S., Bonnecaze, R.T., Tung, K.K., Freeman, B.D., Paul, D.R., 2009, *Modelling of oxygen scavenging for improved barrier behaviour: Blend films*, Journal of Membrane Science Vol. 329, s. 183-192

Fietz, M., Lesiów, T., 2017, *Stan wiedzy kształcącej się młodzieży o opakowaniach aktywnych i inteligentnych*, Nauki Inżynierskie i Technologie 3(26), s. 9-27

Floros, J. D., Dock, L. L., Han J. H., 1997, *Active packaging technologies and applications*, Food Cosmetics and Drug Packaging, vol. 20, s. 10-17

Foltynowicz, Z., Kozak, W., Fiedorow, R., 2002, *Studies of Oxygen Uptake on O_2 Scavengers Prepared from Different Iron-containing Parent Substances*, Packaging Technology and Science, 15, s. 75-81

Foltynowicz, Z., Kozak, W., Stoińska, J., Zawadzka, M., 2010, *Nanożelazowy pochłaniacz tlenu*, zgłoszenie patentowe UP RP nr P 393511

Foltynowicz, Z., Kozak W., 2014, *Nanoiron Based Composite Oxygen Scavengers*, 19th JAPRI World Conference on Packaging, 15-18 June 2014, Melbourne, Australia

Foltynowicz, Z., Bardenshtein, A., Sängerlaub, S., Antvorskov, H., Kozak, W., 2017, *Nanoscale, zero valent iron particles for application as oxygen scavenger in food packaging*, Food Packaging and Shelf Life (11), s. 74-83

Foltynowicz, Z., 2017, *Możliwość zastosowania pochłaniaczy tlenu do ochrony zapakowanych produktów spożywczych.* Materiały międzynarodowej konferencji: ZARZĄDZANIE BEZPIECZEŃSTWEM. I JAKOŚCIĄ ŻYWNOŚCI *9*. Bezpieczne opakowania dla *żywności*, 15-17 października 2017 Zakopane, s. 49-58

Foltynowicz, Z., 2017, *New type of oxygen scavenger for pharmaceutical packaging*, 3rd annual Stability of Science Conference SOS 2017, 03-05 października 2017, Dublin/Irlandia

Foltynowicz, Z., 2018, *Nanoiron-Based Composite Oxygen Scavengers for Food Packaging*, Composites Materials for Food Packaging, s. 209-234

Foltynowicz, Z., 2020, Konferencja Polskiej Izby Opakowań, Salon Promocji Polskiej Izby Opakowań, Poznań, 29.09.2020

Foltynowicz, Z., Ashutosh, R., 2020, *Oxygen Scavengers Applications in the Dairy Industry*, HSOA Journal of Dairy Research & Technology 3: 016, s. 1-6

Forysia, A., 2010, O*trzymywanie pochłaniacza tlenu opartego na nanożelazie zamkniętym w polimerze*, praca magisterska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Gaikwad, K., Singh, S., Lee, Y. S., 2017, *Antimicrobial and antioxidant properties of polyvinyl alcohol bio composite films containing seaweed extracted cellulose nano-crystal and basil leaves extract*, International Journal of Biological Macromolecules, Volume 107, Part B, s. 1879-1887

Gaikwad, K., Singh, S., Lee, Y. S., 2018, *Oxygen scavenging films in food packaging*, Environmental Chemistry Letters 16.2, s. 523-538

Galdi, M.R., 2006, *Design and production of activefilms for food packaging application*; Włochy, praca doktorska udostępniona przez stronę uczelni – www.unisa.it

Galotto, M.J., Anfossi, S.A., Guarda, A., 2009, *Oxygen absorption kinetics of sheets and films containing a commercial iron-based oxygen scavenger*, Food Science and technology International, s. 159-168

Ganz, T., Nemeth, E., 2012, *Iron metabolism: interactions with normal and disordered erythropoiesis*, Cold Spring Harbor perspectives in medicine, 2(5), a011668

Gumul, D., Korus, J., Achremowicz, B., 2005, *Wpływ procesów przetwórczych na aktywność przeciwutleniającą surowców pochodzenia roślinnego*, Żywność: nauka-technologia-jakość, 12.4 (45), Supl., Wydawnictwo Naukowe Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, s. 41-48

Gołębiowski, G., Tłaczała, A., 2009*, Analiza finansowa w teorii i w praktyce*, DIFIN, Warszawa

Grumowska, M., 2003, *Wpływ nowoczesnych technologii aktywnych opakowań opartych na pochłaniaczach tlenu na jakość zapakowanych orzeszków arachidowych*, praca magisterska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Jarczyk, A., Dłużewska, E., 2008, *Wybrane zagadnienia z ogólnej technologii żywności*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 28-40

Jolly, V.J, 1997, *Commercializing new technologies: getting from mind to market*, Harvard Business School Press, Boston, s. 3

Kaczmarska, B., Bochnia, J., Gierulski, W., 2015, *Ocena gotowości technologii jako element procesu komercjalizacji*, Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, red. R. Knosala, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, s. 104-115

Kaczmarska, B., Gierulski, W., Zajaz, J., Bittner, A., 2021, M*odelling of Technology Valuation in the Process of its Commercialization*, Management and Production Engineering Review, Vol. 12, No.1, s. 85-93

Kalinowski, T.B., 2010, *Modele komercjalizacji i transferu technologii*, Komercjalizacja wiedzy i technologii a własność intelektualna. Ed. Dariusz Trzmielak. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, s. 11-27

Karpińska, K., Matel, A., Protasiewicz, A., 2017, *Konsument w działalności innowacyjnej przedsiębiorstw*, Polskie Towarzystwo Ekonomiczne Oddział w Białymstoku, s. 9

Kawecka, A., Cholewa-Wójcik, A., 2017, *Jakość opakowania jako determinanta bezpieczeństwa żywności w kontekście wymagań społecznych konsumentów*, Żywność: nauka-technologia-jakość 24(3), Kraków, s. 138-148

Kluczek, A., 2011, *Komercjalizacja technologii, jako instrument wsparcia rozwoju gospodarczego,* Instytucjonalne aspekty rozwoju sektora B+R w Polsce. Od gospodarki imitacyjnej do innowacyjnej, Wyd. Uniwersytetu w Białymstoku, s. 117

Kozak, W., 2007, *Kompozyty żelazo/silikon jako pochłaniacze tlenu w opakowaniach produktów spożywczych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu

Kraśnicka, T., 2018, *Innowacje w zarządzaniu. Nowe ujęcie*, Wydawnictwo CH Beck Sp. z o.o., s. 7-14

Kublicka, K., 2008, *Próba wprowadzenia aktywnego żelaza jako pochłaniacza tlenu do materiału opakowaniowego*, praca magisterska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Kwiatkowska-Sienkiewicz, K., Foltynowicz, Z., Kozak, W., 2015, *Wpływ pochłaniaczy tlenu na jakość kawy w czasie przechowywania*, Zeszyty naukowe Akademii Morskiej w Gdyni nr. 88, s. 62-68

Lesiów, T., Foltynowicz, Z., 2018, *Opakowania funkcjonalne w żywności*, Nauki inżynierskie i technologie Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu 1 (28), s. 32-41

Ligaj, M., Tichoniuk, M., Cierpiszewski, R., Foltynowicz, Z., 2020, *Efficiency of Novel Antimicrobial Coating Based on Iron Nanoparticles for Dairy Products' Packaging*, Coatings 10(2):156, s. 1-15

Lisińska-Kuśnierz, M., 2011, *Czynniki kształtujące rozwój branży opakowań*, Towaroznawcze Problemy Jakości, nr 2, s. 30-39

Machowska, A., *Wpływ tlenu na mleko w proszku i sposób zapobiegania poprzez zastosowanie pochłaniacza tlenu*, praca magisterska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Meitner, M., 2006, *The Market Approach to Comparable Company Valuation,* Vol. 35, Springer Science & Business Media, Heidelberg

Michalak, A., 2011, *Koszt kapitału jako przesłanka doboru źródeł finansowania działalności operacyjnej*, Modele finansowania działalności operacyjnej przedsiębiorstw górniczych, red. M. Turek, Główny Instytut Górnictwa, Katowice, s. 175

Michalak, A., 2012, *Ograniczenia modelu CAPM i alternatywne propozycje w zakresie wyceny kosztu kapitału własnego przedsiębiorstw górniczych*, Zeszyty naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 690, str. 584

Mikołajewicz, G., Nowicki, J., 2021, *Analiza finansowa przedsiębiorstwa z aspektami zrównoważonego rozwoju*, Wyd. UEP, Poznań, s. 311-314

Miller, C. W., Nguyen, M. H., Rooney, M. L., Kailasapathy, K., 2002, *The influence of packaging materials on the dissolved oxygen content of probiotic yoghurt*, Packaging technology & science An International Journal, 15(3), s. 133-138

Miller, C.W., 2003, *A study of packaging methods to reduce the dissolved oxygen content in probiotic yoghurts*, PhD thesis, University of Western Sydney, Australia

Olszewska, J., Kozak, W., Foltynowicz, Z., 2019, *Rozwój pochłaniacza tlenu ZEVIFOS*, Current Trends in Quality Science - Quality and Innovation of Non-Food Products, Red. Wojciechowska Patrycja, Michocka Katarzyna, Radom, Instytut Technologii Eksploatacji - Państwowy Instytut Badawczy, s. 155-168

Papież, M., 2002, *Wpływ materiału prekursora na aktywność wybranych pochłaniaczy*, praca magisterska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Pijanowski, E., Dłużewski, M., Dłużewska, A., Jarczyk, A., 2000*, Ogólna technologia żywności,* WNT, Warszawa

Porwich, J., 2012, *Zastosowanie nowych pochłaniaczy tlenu do ochrony zapakowanego produktu*, praca magisterska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Rajan, Y.S., 2002, *Empowering Indians. With economic, business and technology strengths for the twenty-first century*, Har-Anand Publications, New Delhi, s. 130-139

Raport „*Nie marnuj jedzenia 2018*", MillwardBrown SMG/KRC na zlecenie Federacji Polskich Banków Żywności

Rębosz-Kurdek, A., Masternak-Janus, A., 2018, *Ocena gotowości technologicznej w procesie transferu technologii z sektora nauki do gospodarki,* Studia i Materiały Wydziału Zarządzania i Administracji Wyższej Szkoły Pedagogicznej im. Jana Kochanowskiego w Kielcach, 22(2), t. 2, Rozwój zrównoważony – aspekty ekonomiczne, społeczne i środowiskowo-techniczne w wymiarach globalnym, krajowym i regionalny, s. 193-204

Roszkiewicz, K., 2012, *Próby otrzymania oraz porównanie wydajności pochłaniaczy żelazowych osadzonych na różnych nośnikach*, praca magisterska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Rozporządzenie Komisji (WE) NR 450/2009 z dnia 29 maja 2009 roku w sprawie aktywnych i inteligentnych materiałów I wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością

Saługa, P., 2009, *Ocena ekonomiczna projektów i analiza ryzyka w górnictwie*, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków, s. 66

Sankowski, M., Rutkowski, T., 2014, *Model TRL poziomów gotowości technologii*, Problemy jakości 46(12), s. 15-22

Sängerlaub, S., Gibis, D., Kirchhoff, E., Tittjung, M., Schmid, M., Müller, M., 2012, *Compensation of pinhole defects in food packages by application of iron-based oxygen scavenging multilayer films*, Packaging Technology and Science, s. 17-30

Sängerlaub, S., Bardenshtein, A., Antvorskov, H., Kedziora, D., Kozak, W., Foltynowicz, Z., 2015, *Nanoscale iron powder for packaging materials – Oxygen absorption kinetics and capacity,* Innovations in Food Packaging, Shelf Life and Food Safety, Elsevier, Monachium 15-17.09.2015, PACK2015_0057

Sojkin, B., 2012, I*nformacyjne podstawy decyzji marketingowych w procesie komercjalizacji produktu,* Marketing instytucji naukowych i badawczych, Prace Instytutu Lotnictwa, s. 125-133

Szymczyk, B., 2017, *Zagadnienia wyceny innowacyjnych rozwiązań produktowo-technologicznych*, Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji, Nr 6, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego, Katedra Ekonomii i Finansów, Kielce

Tamang, J.P., Kailasapathy, K., 2010*, Fermented Foods and Beverages of the World*, CRC Press

Ubranek, G., 2008, *Wycena aktywów niematerialnych przedsiębiorstwa*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne Warszawa, s. 101-128

Ucherek, M., 2011, *Opakowania inteligentne i ich postrzeganie przez konsumentów*, Marketing i Rynek, Nr 1, s. 12-17

Wanicki, P., 2015, *Metody wyceny efektów prac badawczo-rozwojowych*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu nr 390, Wrocław, s. 251-252

Wasiak, W., 2019, *Dobre prognozy dla rynku opakowań w Polsce*. Pobrane z https://www.rynekpapeirniczy.pl/artykul/dobre-prognozy-dla-rynku-opakowan-w-polsce-2107 [dostęp: 14.03.2022]

Wilson, Ch. T., Harte, J., Almenar, E., 2018, *Effects of sachet presence on consumer product perception and active packaging acceptability - A study of fresh-cut cantaloupe*, Michigan State University, *Lwt*, *92*, s. 531-539.

Wirtz, H. Kałowski, A., Klimek, J., Godlewska-Majkowska, H., Rószkiewicz, M., & Filipowicz, A., 2012, *Valuation of Intellectual Property: A Review of Approaches and Methods*, International Journal of Business and Management, Vol. 7, No. 9; Cologne, Germany, s.40

Wysocki, J., Kałowski, A., Klimek, J., Godlewska-Majkowska, H., Rószkiewicz, M., Filipowicz, A., 2015, Innowacje: ocena w ujęciu mikro, mezo i makro, Warszawa, s. 93-95

Vermeiren, L., Devlieghere, F., Van Beest, M., De Kruijf, N., Debevere, J., 1999, *Developments in the Active packaging of Food*, Trends in Food Science & Technology Volume 10, Issue 3, s. 77 – 86

Zawadzka, J., 2004, *Zastosowanie nanokompozytu żelazowego jako pochłaniacza tlenu w opakowaniach*, praca magisterska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Zawadzka, M., 2006, *Wpływ wilgoci oraz ditlenku węgla na zdolności sorpcyjne pochłaniacza tlenu otrzymywanego na bazie nanokompozytu żelazowego*, praca magisterska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Ziemińska, M., 2004, N*iemetaliczne polimerowe pochłaniacze tlenu do opakowań*, praca magisterska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Złotnicki, J., 2014, *Badania przedwdrożeniowe pochłaniacza tlenu na bazie nanożelaza*, praca magisterska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

NETOGRAFIA:

N1 https://agrofresh.com/ [dostęp: 04.02.2022]

N2 http://pldocs.org/docs/index-41984.html [dostęp: 20.04.2018]

N3 http://www.healthpack.clariant.com/ [dostęp: 18.03.2022]

N4 http://fermag.com/sr/v7i4_sr_micro.html [dostęp: 13.10.2017]

N5 http://agion-tech.com/Technology.aspx?id=156 [dostęp: 14.12.2021]

N6 http://pl.wikipedia.org/wiki/Przeciwutleniacze [dostęp: 04.05.2022]

N7 http://www.yankodesign.com/2010/03/17/dare-they-sell-you-stale-veggies-now/ [dostęp: 05.05.2022]

N8 http://www.bioka.fi/index.html [dostęp: 17.08.2017]

N9 https://phmd.pl/api/files/view/544420.pdf [dostęp: 25.20.2020]

N10 https://www.mgc.co.jp/eng/products/sc/anaeropack/ [dostęp: 12.04.2022]

N11 http://www.insituconservation.com/en/products/nitrogen_disinfestation_systems/hanwell_zero2_system.html [dostęp: 16.11.2021]

N12 http://www.che.utexas.edu/fluids-group/SusanaCarranza.html [dostęp: 22.07.2017]

N13 http://www.ekologia.pl [dostęp: 04.06.2022]

N14 http://www.lubelskie.pl/img/userfiles/files/PDF/organizacje_pozarzadowe/SDZ_2012_10_16_RAPORT.pdf [dostęp: 23.07.2017]

N15 http://www.ncbir.pl/aktualnosci/art,2313,poziomy-gotowosci-technologicznej.html [dostęp: 18.06.2018]

N16 https://projekty.pcinn.org/assets/Projekty/FormularzIP/TRL.pdf [dostęp: 12.03.2021]

N17 https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/oxygen-scavenger-market-101926191.html [dostęp: 20.04.2022]

N18 http://www.peakfresh.com [dostęp: 20.04.2022]

N19 http://www.pharmaceuticalonline.com [dostęp: 20.04.2022]

N20 http://www.yankodesign.com/2010/03/17dare-they-sell-you-stale-veggies-now/ [dostęp: 05.05.2022]

N21 http://bizerbapolska.pl/indeks.php/labels_135_etykiety-swiezosci.tti.html [dostęp: 04.06.2022]

N22 https://evigence.com/technology/ [dostęp: 04.06.2022]

N23 http://www.preventpack.be/dossier/food-packaging-becoming-increasingly-active-and-intelligen [dostęp: 18.06.2018]

N24 www.freshpoint-tti.com [dostęp: 10.05.2022]

N25 http://www.mgc.co.jp/eng/products/abc/ageless/eye.html [dostęp: 12.04.2022]

N26 http://ageless.mgc-a.com/product/ageless/ [dostęp: 18.11.2021]

N27 https://www.mgc.co.jp/eng/products/sc/anaeropack/anaerobic.html [dostęp: 12.04.2022]

N28 https://www.mgc.co.jp/eng/ir/files/MGC_eCorporateReport2020_56-65.pdf [dostęp: 12.04.2022]

N29 http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar [dostęp: 06.05.2021]

N30 https://biotechnolo-gia.pl/informacje/polski-rynek-opakowan-bedzie-rosl-dwukrotnie-szybciej-niz-swiatowy-i-w-2020-roku-osiagnie-wartosc-46-mld-zl,16846 [dostęp: 04.06.2022]

N31 https://biznes.newseria.pl/news/ekologia-zdominowala,p221207599 [dostęp: 04.06.2022]

N32 https://www.agrofresh.com/solutions/smartfresh/ [dostęp: 04.02.2022]

N33 http://www.cryovac.com/NA/EN/food-packaging-products/driloc-meat-fish-poultry.aspx [dostęp: 11.03.2022]

N34 http://www.agion-tech.com/Technology.aspx?id=156 [dostęp: 07.02.2021]

N35 https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/oxygen-scavenger-market-101926191.html [dostęp: 11.03.2022]

N36 http://www.pan.poznan.pl/nauki/N_407_06_Olszewski.pdf [dostęp: 24.04.2021]

N37 https://www.marketsandmarkets.com/ [dostęp: 11.03.2022]

N38 https://www.smithers.com/services/market-reports/packaging [dostęp:11.03.2022]

N39 https://www.aptar.com [dostęp: 04.06.2022]

N40 https://www.researchgate.net/figure/Scheme-for-the-general-mechanism-of-gas-permeation-through-a-multilayer-beverage_fig1_282667457 [dostęp: 04.06.2022]

SPIS TABEL

Strona

Tab. 1. Charakterystyka rynku opakowań w Polsce i na świecie [opracowanie własne na podstawie danych GUS oraz PIO, N17]……10

Tab. 2 Ilość respondentów w poszczególnych badaniach ankietowych [opracowanie własne]……59

Tab. 3 Wyniki badania ankietowego dotyczące płci respondentów……60

Tab. 4 Wyniki badania ankietowego dotyczące wieku osób respondentów……61

Tab. 5 Wyniki badania ankietowego dotyczące miejsca zamieszkania respondentów……62

Tab. 6 Wyniki badania ankietowego dotyczące wykształcenia respondentów……63

Tab. 7 Wyniki badania ankietowego dotyczące związku z przemysłem opakowaniowym respondentów……64

Tab. 8 Wyniki badania ankietowego dotyczące związku z przemysłem spożywczym respondentów……65

Tab. 9 Analiza rynku pochłaniaczy tlenu na bazie żelaza na świecie……70

Tab. 10 Ilość i aktywność polifenoli w próbkach kawy w „0" dniu przechowywania……101

Tab. 11 Ilość i aktywność polifenoli w próbkach kawy po 7 dniach przechowywania……102

Tab. 12 Ilość i aktywność polifenoli w próbkach kawy po 30 dniach przechowywania……102

Tab. 13 Ilość i aktywność polifenoli w próbkach kawy po 60 dniach przechowywania……103

Tab. 14 Wyniki badań migracji globalnej i specyficznej wykonane przez akredytowane laboratorium J.S. Hamilton Poland S.A……107

Tab. 15 Analiza pochłaniacza tlenu ZEVIFOS metodą TRL [opracowanie własne]……109

Tab. 16 Analiza SWAT pochłaniacza tlenu ZEVIFOS……..115

Tab. 17 Wyznaczenie poziomu wskaźnika rentowności operacyjnej sprzedaży……119

Tab. 18 Projekcja wyników finansowych……..124

Tab. 19 Wyznaczenie zysku z działalności operacyjnej po opodatkowaniu (NOPAT) oraz zdyskontowanej korzyści ekonomicznej……126

Tab. 20 Koszty poniesione na opracowanie pochłaniacza tlenu ZEVIFOS przeliczone na moment przeprowadzania wyceny metodą kosztową……..128

SPIS RYSUNKÓW

Strona

Rys. 1 Folia PEAKfresh® z wkomponowanym w nią pochłaniaczem etylenu wydłużająca trwałość owoców i warzyw [N18]……17

Rys. 2 Regulatory wilgoci Premium Silica Gel [N19]……19

Rys. 3 Wkłady adsorpcyjne do mięsa [N33]……..20

Rys. 4 Proces wymiany jonów srebra w adsorberze Agion® Antimicrobial [N34]……21

Rys. 5 Ageless Eye® opatentowany przez japoński koncern Mitsubishi Gas Chemicals [N26]…23

Rys. 6 Spody do pizzy przechowywane przez 10 dni w temperaturze 30^{o}C [N26]……24

Rys. 7 Równanie reakcji utleniania kwasu askorbinowego [N9]……28

Rys. 8 Saszetka AnaeroPack [N27]……29

Rys. 9 Zasada działania ZerO_2® [Miller C.W., 2003]……31

Rys. 10 Schemat ogólnego mechanizmu przenikania gazu przez wielowarstwowy system pakowania napojów zawierający pochłaniacz tlenu [N40]……34

Rys. 11 Pochłaniacz tlenu i wilgoci Activ-Blister™ [N39]……36

Rys. 12 Wskaźnik przydatności do spożycia w formie blaknącego kodu kreskowego [N20]……41

Rys. 13 Praktyczny, wizualny wskaźnik świeżości TTI – etykieta o nazwie OnVu™ (barwa informuje o świeżości) [N21]……42

Rys. 14 Budowa etykiety TTI [N22]……43

Rys. 15 System wskaźnikowy temperatury produktu o nazwie OnVu [N23]……43

Rys. 16 System indykatorowy temperatury dla łatwo psujących się produktów oferowanych przez firmę FreshPoint Quality Assurance Ltd. [N24]……44

Rys. 17 Ageless Eye® - optyczny wskaźnik ilości tlenu w opakowaniu [N25]……45

Rys. 18 Model procesu komercjalizacji według Jolly'ego [Sankowski i Rutkowski, 2014]……47

Rys. 19 Schemat przebiegu procesu komercjalizacji według modelu Stage-Gate [opracowanie własne]……48

Rys. 20 Schemat przebiegu procesu komercjalizacji [Czarnik M., 2009, s. 14-15]……49

Rys. 21 Certyfikat Seal of Excellence dla pochłaniacza ZEVIFOS uzyskany w roku 2017 w programie Horyzont 2020……58

Rys. 22 Pochłaniacz tlenu ZEVIFOS w formie kapsułek żelowych przygotowany do umieszczenia w opakowaniach z kawą mieloną paloną [zdjęcie własne]……68

Rys. 23 Poziomy gotowości technologicznej według TRL [Kaczmarska, Bochnia i Gierulski, 2015]……75

SPIS WYKRESÓW

Strona

Wykres 1 Ciśnienie parcjalne tlenu w opakowaniach pomiarowych; 100% wilgotność względna, 23^{o}C; 1: proszek żelaza w nanoskali; 2: proszek żelaza nie w nanoskali, zmieszany z 1% wag./wag. NaCl; 3: sproszkowane żelazo nie w nanoskali zmieszane z 10% wag./wag. NaCl [Foltynowicz i in., 2017]…….26

Wykres 2 Liczba patentów dotyczących opakowań aktywnych i inteligentnych wg bazy Lens w latach 1970 – 2020 (○ - opakowania aktywne, ● - opakowania inteligentne) [Źródło: Cierpiszewski, Olszewska i Foltynowicz, 2017]…….72

Wykres 3 Liczba patentów dotyczących pochłaniaczy tlenu wg bazy Lens w latach 1970 - 2020 (słowa kluczowe a) oxygen absorber, b) oxygen scavenger) [Żródło: Cierpieszewski i inni, 2017]…….73

Wykres 4 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: Jak Pana/Pani zdaniem tlen wpływa na żywność? (pytanie wielokrotnego wyboru)…….87

Wykres 5 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: W jaki sposób zabezpiecza się żywność przed tlenem i wilgocią? (pytanie wielokrotnego wyboru)…….88

Wykres 6 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: Czy zetknął się Pan/Pani z pochłaniaczem tlenu w opakowaniu z żywnością? Jeśli tak to w jakim produkcie?.....90

Wykres 7 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: W jakim celu według Pana/Pani stosuje się pochłaniacze tlenu?.....91

Wykres 8 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: Jakie są Pana/Pani zdaniem korzyści wynikające ze stosowania pochłaniaczy tlenu? (pytanie wielokrotnego wyboru)……92

Wykres 9 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: Czy Pana/Pani zdaniem pochłaniacze tlenu mogą zastąpić konserwanty w żywności?.....93

Wykres 10 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: Czy znane są Panu/Pani światowe rozwiązania dotyczące pochłaniaczy tlenu w żywności?.....94

Wykres 11 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: Czy byłby/byłaby Pan/Pani skłonny/skłonna zapłacić więcej za produkt z pochłaniaczem tlenu znając jego wpływ na żywność?.....96

Wykres 12 Wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w roku 2015 (targi PakFood i Packaging Innovations) oraz w roku 2022 (targi Warsaw Pack i ankiety wysyłkowe) dotyczące odpowiedzi na pytanie: Czy byłby/byłaby Pan/Pani, jako osoba związana z przemysłem opakowaniowym lub spożywczym, zainteresowany/zainteresowana kontaktem z polskim oferentem pochłaniacza tlenu?.....97

Wykres 13 Ilość polifenoli w przechowywanych próbkach kawy mielonej w przeliczeniu na kwas chlorogenowy [mg/g s.s.]……104

Wykres 14 Aktywność polifenoli w przechowywanych próbkach kawy mielonej w przeliczeniu na µmol równoważników troloxu TE/g s.s……105

SPIS PATENTÓW

P1 US5270337 Oxygen Removal; 1993

P2 US4908151 Inoue Y., Komatsu T., Oxygen absorber, 1990

P3 US20090030115 Liu; Zhenguo, Colored oxygen scavenger polymers; 2009

P4 Foltynowicz Z., Kozak W., Stoińska J., Urbańska M., Sposób wytwarzania nanożelaza oraz zastosowanie nanożelaza wytworzonego tym sposobem do pochłaniania tlenu w opakowaniach oraz w pochłaniaczach tlenu Patent RP 227585 (24.05. 2017) [P.393511]

P5 Foltynowicz Z., Kozak W., Stoińska J., Urbańska M., Sposób wytwarzania nanożelaza oraz zastosowanie nanożelaza do pochłaniania tlenu w opakowaniach i do pochłaniaczy tlenu , Patent RP 227096 (06.07. 2017) P.393512

P6 Foltynowicz Z., Kozak W., Stoińska J., Urbańska M., Muc K., Forysiak A. Kublicka K., Nanoiron based oxygen scavengers, Japonia, Patent nr JP6093713 (2017)

P7 Foltynowicz Z., Kozak W., Stoińska J., Urbańska M., Muc K., Forysiak A. Kublicka K., Nanoiron-based oxygen scavengers, Israel, Patent No 227146 , 29.09.2018 (publ. 28.06.2018)

P8 Foltynowicz Z., Kozak W., Stoińska J., Urbańska M., Muc K., Forysiak A. Kublicka K., Nanoiron-based oxygen scavengers, EPO, (18.12.2018) EP2658666A1

P9 Foltynowicz Z., Kozak W., Stoińska J., Urbańska M., Muc K., Forysiak A. Kublicka K., Nanoiron based oxygen scavengers, PCT/PL2011/050055 (2011); WO2012091587A1, 2012; WO2012091587A4 (05.07.2012)

Załącznik 1. Kwestionariusz ankietowy.

Źródło: [Opracowanie własne]

ANKIETA

Szanowni Państwo,

Proszę o wypełnienie poniższej ankiety pt. Postrzegania pochłaniaczy tlenu przez konsumentów oraz producentów. Ankieta dotyczy zastosowania pochłaniaczy tlenu w opakowaniach z żywnością. Wyniki badań są anonimowe i będą wykorzystane do pracy naukowej.

Dziękuję za poświęcony czas.

Pytania ankietowe:

1. Jak Pana/Pani zdaniem tlen wpływa na żywność:

a) poprawia jego jakość
b) powoduje przyspieszone psucie
c) poprawia walory smakowe
d) powoduje zmianę jego barwy
e) sprawia, że żywność jest trwalsza
f) sprawia, że żywność traci swoje walory odżywcze

2. W jaki sposób zabezpiecza się żywność przed tlenem i wilgocią:

a) opakowania metalizowane
b) konserwanty
c) przeciwutleniacze
d) stabilizatory
e) pochłaniacze tlenu
f) pochłaniacze wilgoci
g) za pomocą atmosfery modyfikowanej

3. Czy zetknął się Pan/Pani z pochłaniaczem tlenu w opakowaniu z żywnością?

a) Tak

b) Nie

c) Nie wiem

4. Jeśli tak to w jakim produkcie?

…….

5. W jakim celu stosuje się według Pana/Pani pochłaniacze tlenu:

a) W celu przedłużenia świeżości produktu

b) W celu uatrakcyjnienia wyglądu produktu

c) W celu zabezpieczenia żywności

d) W celu przedłużenia okresu przydatności produktu

e) W celu zabezpieczenia przed nieszczelnością opakowania

6. Jakie są Pana/Pani zdaniem korzyści wynikające ze stosowania pochłaniaczy tlenu? (można wybrać więcej niż jedną odpowiedź)

a) poprawa cech organoleptycznych produktów

b) zmniejszenie ilości stosowanych konserwantów

c) przedłużenie trwałości produktu

d) ochrona środowiska

7. Czy Pana/Pani zdaniem pochłaniacze tlenu mogą zastąpić konserwanty w żywności?

a) Tak, to dobra alternatywa

b) Tak, ale należałoby bardziej rozpowszechnić takie rozwiązanie.

c) Nie, chemia w przemyśle spożywczym jest już na tyle powszechna, że wszyscy to tolerują.

d) Nie jestem do końca przekonany co do tego rozwiązania.

e) Mam wątpliwości czy to jest bezpieczne rozwiązanie.

8. Czy znane są Panu/Pani światowe rozwiązania dotyczące pochłaniaczy tlenu w żywności?

a) Nie znam żadnych rozwiązań w tym zakresie

b) Tak, czytałem w literaturze branżowej

c) Tak, są patenty

d) Tak, są rozwiązania wdrożone w praktyce

9. Czy byłby/byłaby Pan/Pani zapłacić więcej za produkt z pochłaniaczem tlenu znając jego wpływ na żywność?

a) Tak, byłbym/byłabym skłonna zapłacić dużo więcej za taki produkt, wiedząc że jest to produkt bez chemicznych konserwantów.

b) Tak, ale tylko wtedy, gdy różnica w cenie produktu byłaby niewielka.

c) Nie, dla mnie najistotniejsza jest niska cena produktu.

10. Czy byłby/byłaby Pan/Pani, jako osoba związana z przemysłem opakowaniowym lub spożywczym, zainteresowana kontaktem z polskim oferentem pochłaniaczy tlenu?

a) Tak, uważam że to ciekawa propozycja warta zainteresowania z mojej strony.

b) Nie jestem przekonany/przekonana co do tego rozwiązania.

c) Jestem zainteresowany/zainteresowana, lecz wszystko zależy od kosztu jaki niosłoby ze sobą takie rozwiązanie.

d) Zupełnie nie jestem zainteresowany/zainteresowana.

Jeżeli chcieliby Państwo uzyskać więcej informacji o prowadzonych przez nas badaniach dotyczących wdrożenia pochłaniaczy tlenu do przemysłu, proszę o pozostawienie swojego adresu e-mail. (Nie jest to obowiązkowe)

Metryka ankiety:

1. Płeć:

□ kobieta □ mężczyzna

2. Wiek:

□ 18-25 lat □ 26-45 lat □ 46-65 lat □ powyżej 65 lat

3. Miejsce zamieszkania:

□ wieś □ miasto do 50 tys. □ miasto 50 – 200 tys.

□ miasto 200 – 500 tys. □ miasto powyżej 500 tys.

4. Wykształcenie

□ podstawowe □ średnie □wyższe

5. Czy jest Pan/Pani związany zawodowo z przemysłem opakowaniowym?

□ tak, pracuje w firmie produkującej opakowania

□ tak, pracuje w firmie produkującej komponenty dla przemysłu opakowaniowego

□ tak, opracowuje innowacje w tematyce opakowań

□ nie

6. Czy jest Pan/Pani związany zawodowo z przemysłem spożywczym?

□ tak, pracuje w firmie produkcyjnej z branży spożywczej

□ tak, pracuje w firmie handlowej z branży spożywczej

□ nie

DOROBEK NAUKOWY

ARTYKUŁY

1. *Price-Affecting qualities of oxygen absorbers. Empirical study,* Joana Olszewska, Dawid Szutowski, 1st International Conference on Quality and Management Sciences, Poznań University of Economics and Business Institute of Quality Science, 2021
2. *Rozwój pochłaniacza tlenu ZEVIFOS*, Joanna Olszewska, Wojciech Kozak, Zenon Foltynowicz, Current Trends in Quality Science - Quality and Innovation of Non-Food Products, 2019
3. *Oxygen scavenger development as evidenced by patterns in relevant patenting activity*, Ryszard Cierpiszewski, Joanna Olszewska, Zenon Foltynowicz, New Trends in Sustainable Business and Consumption: Conference Proceedings, Bukareszt: EDITURA ASE, 2018
4. *Rozwój pochłaniaczy tlenu na podstawie analizy aktywności ich patentowania*, Ryszard Cierpiszewski, Joanna Olszewska, Zenon Foltynowicz, Kierunki badań i rozwoju produktów nieżywnościowych / red. nauk. R. Salerno-Kochan, A. Wolak, Kraków: Polskie Towarzystwo Towaroznawcze, 2017
5. *Analiza aktywności patentowej w zakresie pochłaniaczy tlenu*, Ryszard Cierpiszewski, Joanna Olszewska, Hanna Wdowicka, Zenon Foltynowicz, Towaroznawstwo w badaniach i praktyce, Kraków: Polskie Towarzystwo Towaroznawcze, 2017
6. *Po pierwsze: nie marnuj!,* Joanna Olszewska, Biuletyn nr 5, „Jesteś kreatorem? Zostań ekoinnowatorem!" jest dodatkiem promocyjnym do styczniowego wydania (1/2015) PRZEGLĄDU KOMUNALNEGO
7. *Zamiast antyoksydantów*, Zenon Foltynowicz, Wojciech Kozak, Joanna Olszewska, Agroprzemysł 2014 nr 2 - Racibórz : BMP Spółka z ograniczą odpowiedzialnością Sp. K. s. 17-19
8. *Pochłaniacze tlenu jako alternatywa dla chemicznej konserwacji żywności*, mgr inż. Joanna Olszewska, dr inż. Wojciech Kozak, monografia Towaroznawstwo w nauce i praktyce, Radom 2014

POSTERY

1. AN OXYGEN ABSORBER AS A METHOD OF PROLONGING THE DURABILITY OF FOOD AND REDUCING WASTE – Poster na konferencji Environment & Technology in Business 2016