

# ZARZĄDZANIE BEZPIECZEŃSTWEM ŻYWNOŚCI – INNOWACJE

**Katarzyna Rybińska**

Politechnika Łódzka

Wydział Zarządzania i Inżynierii Produkcji

Katedra Zarządzania Produkcją i Logistyki

katarzyna.rybinska@p.lodz.pl

**Streszczenie:** *Najważniejszym elementem zarządzania bezpieczeństwem żywności jest jego zapewnienie. Zapewnienie bezpieczeństwa żywności nie jest kwestią, nad którą czuwają tylko producenci. To wspólne zadanie wszystkich uczestników łańcucha „od pola do stołu”. W skład tego łańcucha wchodzi również instytucje nadzorujące, prawodawcy, urzędnicy na szczeblu krajowym i międzynarodowym. W obecnych czasach państwa zmagają się z różnymi problemami, ale zapewnienie bezpieczeństwa żywności to problem nadrzędny, integrujący wszystkich, bo aby przetrwać, trzeba jeść. Dlatego mówiąc o innowacjach w zarządzaniu bezpieczeństwem żywności należy w pierwszej kolejności przyjrzeć się najnowszym strategiom badawczym i innowacyjnym zaprezentowanym przez Komisję Europejską w podejściu FOOD 2030. Celem niniejszej publikacji jest ukazanie priorytetów unijnej strategii FOOD 2030 w zakresie zarządzania bezpieczeństwem żywności oraz przykładów bezpośrednio z nich wynikających innowacyjnych rozwiązań, nad którymi pracują obecnie europejscy naukowcy. Zaprezentowane rozwiązania pokazują kluczowe obszary, którym należy poświęcić uwagę, aby zminimalizować zagrożenia i zapewnić wzrost poziomu bezpieczeństwa żywności w trakcie jej produkowania oraz w całym łańcuchu dostaw.*

**Słowa kluczowe:** zarządzanie, bezpieczeństwo żywności, innowacje, łańcuch dostaw, FOOD 2030, inteligentne opakowania, rolnictwo pionowe i precyzyjne.

## 1. Wprowadzenie

Bezpieczeństwo żywności to temat zawsze aktualny, stale rozwijany, na którym powinno zależeć każdemu, ponieważ od niego zależy w dużej mierze ludzkie istnienie – człowiek aby istnieć, musi się odżywiać. Natomiast jakość spożywanych pokarmów wpływa bezpośrednio na jakość życia i zdrowie człowieka [1].

Bezpieczeństwo to stan dający człowiekowi poczucie pewności i gwarancję jego zachowania w dłuższym czasie. Jest to jedna z podstawowych potrzeb człowieka, co wynika między innymi z hierarchii potrzeb przedstawionej przez Abrahama Maslowa w 1954 roku. Bezpieczeństwo znalazło się tam obok potrzeb fizjologicznych, społecznych, szacunku oraz samorealizacji [2].

Człowiek czuje się bezpiecznie kiedy są zaspokojone jego podstawowe potrzeby, zwłaszcza te fizjologiczne, jak pragnienie, głód. Aby zniwelować głód należy spożyć żywność, a żeby zachować poczucie bezpieczeństwa człowiek musi być pewny, że żywność ta jest wolna od wszelkich zagrożeń – bakterii, mikroorganizmów, wirusów, zanieczyszczeń chemicznych i innych czynników, które w dalszej perspektywie zagrażają ludzkiemu zdrowiu bądź istnieniu.

Bezpieczeństwo to inaczej brak ryzyka, a brak ryzyka możemy uzyskać poprzez eliminowanie zagrożeń, które je powodują.

Zagrożenia ciągle się zmieniają, tak jak zmienia się wiedza o nich. Nowe zagrożenia, zanim zostaną rozpoznane, są groźne. Nie ma sytuacji całkowicie bezpiecznej, jednakże potencjał istniejących i znanych zagrożeń jest niski, bo możemy im zapobiec, bądź – jeżeli jest to niemożliwe – minimalizować poziom ich wpływu [3].

Zanim żywność trafi do końcowego odbiorcy musi przejść często długą drogę, od pola do stołu, podczas której narażona jest na liczne niebezpieczeństwa. Droga ta jest definiowana jako łańcuch dostaw.

Każdy uczestnik łańcucha jest zatem zobowiązany zabiegać o zapewnienie stabilności stanu bezpieczeństwa żywności.

W zarządzaniu bezpieczeństwem przede wszystkim należy zapewnić bezpieczeństwo żywności. Zapewnienie bezpieczeństwa żywności polega na zagwarantowaniu konsumentowi, że po spożyciu żywności nie wystąpią żadne niepożądane efekty uboczne, jak np. zatrucia pokarmowe. Zapewnienie bezpieczeństwa jest zatem nadrzędnym celem procesu zarządzania w przypadku branży żywnościowej. Współcześnie uczestnicy łańcucha żywnościowego mają dedykowane dla siebie standardy i systemy wskazujące drogę, którą należy zmierzać, aby właściwie zarządzać i zapewnić bezpieczeństwo żywności [4].

Uzupełnieniem standardów i systemów stają się międzynarodowe regulacje i polityki w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa. To one pokazują kierunki rozwoju, jakie należy uwzględnić zarządzając przedsiębiorstwem w branży spożywczej. Wraz z kierunkami rozwoju dostępne stają się również różne rozwiązania i innowacje procesowe i produktowe, które zmieniają oblicze procesu zarządzania.

W niniejszym rozdziale skoncentrowano się na ukazaniu priorytetów polityki UE w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa żywności FOOD 2030 oraz zaprezentowano innowacyjne rozwiązania, nad którymi pracują obecnie naukowcy na świecie, a które mają na celu minimalizację zagrożeń i wzrost poziomu bezpieczeństwa żywności w trakcie jej wytwarzania, przetwarzania oraz w całym łańcuchu dostaw.

## 2. Bezpieczeństwo żywności

Bezpieczeństwo żywności stanowi element jej jakości. Bardzo często w literaturze i dokumentach prawnych jest używane określenie „jakość i bezpieczeństwo żywności”. Spośród wszystkich elementów jakości tylko bezpieczeństwo żywności podlega odpowiednim ustawom prawnym i jest przez nie regulowane [5].

Bezpieczeństwo żywności to zapewnienie o jej nieszkodliwości dla zdrowia i życia człowieka, w przypadku jej przygotowania i spożycia, zgodnie z zamierzonym użytkowaniem [6].

Ustawodawca definiuje bezpieczeństwo żywności jako „ogół warunków, które muszą być spełniane [...] i działań, które muszą być podejmowane na wszystkich etapach produkcji lub obrotu żywnością w celu zapewnienia zdrowia i życia człowieka” [7].

Warunki te dotyczą w szczególności:

- używanych w produkcji żywności substancji dodatkowych oraz aromatów,
- ilości występowania substancji zanieczyszczających żywność,
- pozostałości pestycydów w żywności,
- środowiska napromieniania produktów spożywczych,
- cech organoleptycznych produktów żywnościowych,
- działań podejmowanych w celu zapewnienia bezpieczeństwa zdrowia i życia człowieka [8].

Według Kodeksu żywnościowego (*Codex Alimentarius*) bezpieczeństwo żywności to ogół czynników, które zapewniają bezpieczną dla zdrowia i życia człowieka żywność, pod warunkiem jej prawidłowego przygotowania i/lub spożycia zgodnego z jej przeznaczeniem [9]. Bernhard Url, dyrektor wykonawczy EFSA stwierdził:

Bezpieczeństwo żywności jest codzienną pracą EFSA, ale każdy powinien brać pod uwagę bezpieczeństwo żywności teraz i w przyszłości, jeśli chcemy ograniczyć wpływ zmian klimatycznych i budować zrównoważone globalne systemy żywnościowe z korzyścią dla konsumentów, producentów i naszego świata przyrody [10].

Podczas obchodów “World food safety day 2020”, które miały miejsce 08.06.2020 r., Barnhard Url powiedział też:

W Światowym Dniu Bezpieczeństwa Żywności 2020 chcemy skoncentrować się na trzech ważnych cechach unijnego systemu bezpieczeństwa żywności – wdrażaniu podejścia „jedno zdrowie”, zrównoważonych systemach żywnościowych i wspólnej odpowiedzialności za bezpieczeństwo żywności [10].

Podstawą podejścia „jedno zdrowie” jest to, że zdrowie ludzi jest powiązane ze zdrowiem zwierząt i środowiska. Chore zwierzęta i zepsute środowisko ostatecznie wpłyną na bezpieczeństwo żywności i będą miały konsekwencje dla zdrowia ludzi.

### **3. FOOD 2030**

Europejskie systemy produkcji i konsumpcji żywności będą odgrywać kluczową rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa żywności i żywienia (FNS) w obliczu kombinacji czynników, takich jak zmiana klimatu, niedobór zasobów, degradacja gleby, spadek różnorodności biologicznej, niedostateczne i nadmierne odżywienie, wzrost populacji i niestabilność geopolityczna. Zapewnienie bezpieczeństwa żywności i żywienia w perspektywie długoterminowej będzie wymagało systemowej transformacji i dostosowania do przyszłych wymogów obecnych systemów żywnościowych, które są w większości liniowe, fragmentaryczne i niezrównoważone [11].

Celem Komisji Europejskiej w zakresie bezpieczeństwa żywności stało się opracowanie strategii badawczych i innowacyjnych, które umożliwią dostosowanie systemów żywnościowych do wymogów przyszłości, aby mogły stać się: zrównoważone, odporne, odpowiedzialne, wszechstronne, zróżnicowane i konkurencyjne. To systemowe podejście do łączenia, zwiększania skali i wspomagania unijnych badań i innowacji w dziedzinie żywności nazwano „FOOD 2030” [11].

„FOOD 2030” opiera się na czterech priorytetowych wyzwaniach dotyczących systemów żywnościowych:

- odżywiania na rzecz zrównoważonej i zdrowej diety,
- odporności na zmianę klimatu i równowagę środowiskową,
- gospodarki o obiegu zamkniętym i efektywnym wykorzystaniem zasobów,
- innowacjach i wzmocnieniu pozycji społeczności.

Pierwszy priorytet ma na celu zapewnienie, że spożywana żywność i woda są dostępne i przystępne cenowo dla wszystkich. Obejmuje zmniejszenie głodu i niedożywienia, zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa żywności i identyfikowalności, zmniejszenie częstości występowania chorób niezakaźnych związanych z dietą oraz pomoc wszystkim obywatelom i konsumentom w przyjęciu zrównoważonej i zdrowej diety, zapewniającej dobre zdrowie i dobre samopoczucie.

Drugi priorytet nawiązuje do tworzenia inteligentnych klimatycznie systemów żywnościowych dostosowujących się do zmian klimatu, chroniących zasoby naturalne i przyczyniających się do łagodzenia zmiany klimatu. Ma na celu wspieranie zdrowych, produktywnych i różnorodnych biologicznie ekosystemów, a także zapewnienie różnorodności systemów żywnościowych (w tym produkcji, przetwarzania, dystrybucji i logistyki) również pod względem różnorodności kulturowej i środowiskowej. Zasoby naturalne (woda, gleba, ziemia i morze) muszą być wykorzystywane w sposób zrównoważony w granicach naszej planety aby mogły być dostępne dla przyszłych pokoleń.

Trzeci priorytet opiera się na wdrażaniu zasad efektywnej gospodarki o obiegu zamkniętym w całym systemie żywnościowym przy jednoczesnym zmniejszeniu jego śladu środowiskowego. Cyrkulacja powinna być stosowana w zrównoważonych i zasobooszczędnych systemach żywnościowych, dzięki czemu straty i marnotrawstwo żywności mogły by być minimalizowane.

Czwarty priorytet dąży do pobudzania innowacji i inwestycji przy jednoczesnym wzmacnianiu pozycji społeczności. Szeroki ekosystem innowacji prowadzący do nowych modeli biznesowych oraz produktów, towarów i usług o wartości dodanej, odpowiada potrzebom, wartościom i oczekiwaniom społeczeństwa w sposób odpowiedzialny i etyczny. Zapewnienie większej ilości lepszych miejsc pracy w całej UE sprzyja kwitnącym gospodarkom, a także społecznościom miejskim, wiejskim i przybrzeżnym. Dzięki bliższym partnerstwom z przemysłem i producentami żywności, rynki, które funkcjonują w sposób odpowiedzialny, wspierają tym samym sprawiedliwy handel i ceny, integrację i zrównoważony rozwój. Dowody naukowe i wiedza muszą pochodzić od wielu różnych podmiotów, na których będzie oparte opracowywanie i wdrażanie odpowiednich polityk FNS we wszystkich skalach geograficznych (od lokalnego do globalnego) [12].

FOOD 2030 to unijne ramy polityki w zakresie badań i innowacji, mających na celu przekształcenie systemów żywnościowych tak, aby zapewniały one wspólne korzyści dla odżywiania, klimatu, obiegu zamkniętego i społeczności [13].

#### **4. Innowacyjne projekty mające na celu poprawę bezpieczeństwa żywności**

Innowacje można określić jako wdrażanie nowych lub udoskonalanie dóbr oraz procesów, nowych metod marketingowych bądź metod organizacji praktyk gospodarczych. Mogą być wdrażane w obrębie produktów i procesu (innowacje technologiczne) oraz w zakresie marketingu i organizacji (innowacje nietechnologiczne) [14, s. 48].

W dalszej części rozdziału zaprezentowano wyniki innowacyjnych projektów badawczych finansowanych ze środków UE dedykowanych transformacji systemu żywności i tym samym poprawie bezpieczeństwa żywności. Projekty realizowane były przy współpracy uczelni i przedsiębiorstw z różnych krajów europejskich i realizowały zasady unijnej polityki „FOOD 2030”.

##### ***Roboty w rolnictwie – alternatywa dla stosowania szkodliwych pestycydów***

Jeden z priorytetów FOOD 2030 nawiązywał do zachowania czystości łańcucha dostaw i różnorodności biologicznej. Dlatego też koniecznym staje się ograniczenie do minimum stosowania pestycydów i nawozów sztucznych lub zastąpienie ich ekologicznymi bądź zrobotyzowanymi rozwiązaniami.

W ramach finansowanego z środków UE projektu Flourish (*Aerial Data Collection and Analysis, and Automated Ground Intervention for Precision Farming*) powstało nowe zrobotyzowane rozwiązanie z dziedziny rolnictwa precyzyjnego. Może ono nie tylko pomóc w zwiększeniu plonów, ale także ograniczyć zależność od nawozów, herbicydów i pestycydów poprzez selektywne opryskiwanie tylko pojedynczych roślin lub lokalizowanie i usuwanie chwastów.

Tradycyjne rolnictwo opiera się na używaniu środków chemicznych do zwalczania chwastów i szkodników, co przekłada się na występowanie substancji niebezpiecznych w roślinach uprawnych. Uprawa precyzyjna natomiast umożliwia dokładne zlokalizowanie miejsc występowania szkodników czy chwastów i ich wyeliminowanie. Innymi słowy, zamiast opryskać środkiem chemicznym całe pole uprawne, jest on stosowany tylko w tych miejscach, gdzie wystąpiły szkodniki, natomiast chwasty są usuwane zanim zdążą się namnożyć na większe obszary uprawianego pola. Przekłada się to bezpośrednio na poprawę stanu zdrowia roślin.

Celem projektu Flourish było zapełnienie luki między obecnymi i pożądanymi możliwościami robotów rolniczych. Konsorcjum projektu opracowało autonomiczny system rolniczy, opierający się na współpracy dronów i robotów, które monitorują uprawy i precyzyjnie usuwają chwasty.

Nowo opracowany zrobotyzowany system łączy w sobie funkcje badania powietrznego, dostępnego poprzez zastosowanie małych autonomicznych bezałogowych statków powietrznych (UAV) z możliwościami wielozadaniowych bezałogowych pojazdów naziemnych (UGV). Prof. Siegwart i dr Inkyu Sa wyjaśniają:

Pojazd UAV, wyposażony w kamerę, różne czujniki, GPS i oprogramowanie statystyczne, może analizować różne cechy roślin uprawnych, takie jak wysokość, zwarcie drzewostanu i poziom chlorofilu, i dostarczać informacje związane z fenotypowaniem roślin.

Dron może również rozróżniać uprawy i chwasty, a zaawansowane algorytmy umożliwiają mu optymalizację toru lotu. Gdy pojazd UAV zakończy swoje zadanie, przekazuje do pojazdu UGV informacje o obszarach, które wymagają uwagi.

Wykorzystując dane dostarczane przez pojazd UAV pojazd UGV, samodzielnie przemieszcza się w swoim otoczeniu i wykonuje zadania w ustalonych lokalizacjach. Dla przykładu może on rozpylać pestycyd na wybrany obszar upraw, zamiast na całe pole uprawne, jak to miejsce w technikach stosowanych obecnie. Ponadto w przypadku obecności chwastów może usunąć je mechanicznie, unikając stosowania niebezpiecznych środków ochrony roślin.

Działanie pojazdu UGV opiera się na funkcji rozpoznawania obrazu. Poprzez porównanie wzorców upraw i obrazów może precyzyjnie rozróżnić pożądane rośliny i chwasty, nawet gdy ich wygląd znacząco się zmieni z powodu warunków pogodowych lub wzrostu [15].

Wprowadzanie innowacji technologicznych w rolnictwie ma na celu przede wszystkim zmniejszenie użycia szkodliwych środków ochrony roślin i zapewnienie zdrowszych zbiorów i wyższych plonów. Ponadto przyczynia się w dłuższej perspektywie czasu do obniżenia kosztów produkcji rolnej. Ogranicza również niekorzystny wpływ uprawy roślin na środowisko.

Rolnictwo precyzyjne to lepsza kontrola upraw i bardziej precyzyjne planowanie ilości zbiorów, co przekłada się znacząco na zmiany w procesie zarządzania. Podstawą skutecznego zarządzania jest dostęp do informacji, który wyżej wymienione rozwiązanie zapewnia, a nie zapewniało go rolnictwo tradycyjne, będące często procesem opierającym się na danych retrospektywnych, a nie na bieżącej sytuacji.

### ***Rolnictwo pionowe jako alternatywa dla długich łańcuchów dostaw***

Konwencjonalne rolnictwo przemysłowe nie jest zrównoważone. Jest to jedna z najbardziej szkodliwych gałęzi przemysłu dla naszej planety, odpowiedzialna za 70% zużycia wody, do 24% emisji gazów cieplarnianych, degradację, zanieczyszczenia gleby i wód gruntowych. Ponadto, na całym świecie marnuje się około

30% wyprodukowanej przez rolnictwo żywności, czemu w dużej mierze winna jest logistyka produkcji i transportu żywności, chociaż w krajach rozwiniętych znaczna część żywności marnuje się w miejscu jej spożycia. W rezultacie ogólna globalna dostępność żywności jest niższa, niż byłaby w innym przypadku, co wymaga od systemu rolniczego planety dodatkowej produkcji, aby zrekompensować marnowaną produkcję żywności [16].

Powyższe informacje stały się inspiracją dla niemieckiego koncernu do badań nad stworzeniem projektu INFARM. Projekt INFARM (*The vertical farming revolution, urban Farming as a Service*) miał na celu stworzenie rozwiązania, które zapewni wysoko odżywczą, uprawianą lokalnie żywność, która jest wolna od pestycydów i rozwiązuje problem braku odpowiedzialności w obecnym systemie dostaw żywności.

Innowacyjne rozwiązanie zakłada przeprojektowanie całego łańcucha dostaw poprzez bezpośrednie uprawianie produktów w miejscu konsumpcji. Żywność uprawiana jest w ściśle kontrolowanych warunkach, w pionowo ułożonych warstwach, na specjalnych tacach. Ponadto w rozwiązaniu wykorzystano techniki hydroponiki i diod LED naśladujących światło słoneczne.

Poprzez zagwarantowanie optymalnego spektrum światła, temperatury, odczynu pH i składników odżywczych naukowcy mogą pozyskać najlepszy możliwy smak, kolor i jakość odżywczą każdej rośliny, niezależnie od tego, czy jest to meksykański estragon czy marokańska mięta.

Rozproszone farmy są połączone za pośrednictwem centralnej platformy rolniczej INFARM, tworzącej pierwszą w swoim rodzaju sieć rolniczą. System czujników zbiera i zapisuje dane, umożliwiając naukowcom zdalną optymalizację wzrostu roślin w czasie rzeczywistym. Informacje te są również przekazywane do centralnej platformy rolniczej, umożliwiając jej ciągły rozwój i poprawę. Konstrukcja tac hodowlanych przypomina układ słonecznika, który stanowi przykład najbardziej efektywnego wykorzystania przestrzeni w przyrodzie. Taca przesuwana rośliny ze środka na obwód zewnętrzny w zależności od ich wielkości i wzrostu. Młode sadzonki są umieszczane w środku spirali, a gdy dojrzeją, są zbierane z zewnątrz. Taka konstrukcja pozwala zbierać świeże produkty każdego dnia ze znacznie wyższą wydajnością niż w przypadku porównywalnych technologii [17].

Spółka INFARM obsługuje obecnie ponad 50 farm w całym Berlinie: w supermarketach, kuchniach restauracji i magazynach dystrybucyjnych.

Zastosowany system znacząco wpłynął na proces zarządzania, ponieważ całkowicie zredukował istniejący łańcuch dostaw. Rośliny hodowane są nie na polu a bezpośrednio w miejscu konsumpcji, bez użycia szkodliwych substancji. Klient kupuje roślinę zaraz po jej wyhodowaniu. Wyeliminowano problemy związane z transportem i chłodzeniem roślin, zredukowano marnotrawstwo wyrobów



gotowych. Zapewniono możliwość całkowitej kontroli nad uprawami poprzez centralny system zarządzający wszystkim farmami.

### ***Opakowania do żywności wydłużające dodatkowo czas jej przydatności do spożycia***

Rozpatrując bezpieczeństwo żywności nie można pominąć wpływu opakowania na przechowywane w nim produkty. Dotychczas na rynku możemy spotkać się z różnego rodzaju inteligentnymi opakowaniami, które – poza funkcjami marketingowymi – pełnią również rolę związaną z zapewnieniem bezpieczeństwa przechowywanych wyrobów.

Innowacyjny w tym aspekcie jest wynik badań realizowanych w ramach projektu YPACK, w ramach którego opracowano metody produkcji opakowań biodegradowalnych z upcyklowanej serwatki i łupinek migdałów wzbogaconych tlenkiem cynku i olejkami eterycznymi pozyskiwanymi z oregano. Wzbogacenie papieru o wymienione wyżej substancje stanowi dodatkowe zabezpieczenie produkowanej żywności przed bakteriami. Odkrycie to daje możliwości wydłużenia czasu przydatności do spożycia świeżej żywności, takiej jak mięso, wędliny, owoce czy warzywa.

Tlenek cynku i olejki eteryczne oregano to związki, które wykazują właściwości antybakteryjne, chroniące żywność przed dwoma ważnymi szczepami bakterii odpowiadającymi za zatrucia pokarmowe – *Staphylococcus* i *Escherichia coli*.

Zespół pracujący nad projektem określił proporcje tych składników, które charakteryzują się krótkim (15 dni) bądź średnim (48 dni) czasem działania antybakteryjnego w otwartych i zamkniętych układach zawierających produkty spożywcze, w których opakowanie jest wielokrotnie otwierane i zamykane. Dzieje się tak np. w przypadku przechowywania wędliny czy chleba. Aktywne składniki można nanosić na produkowane tacki i folie do pakowania żywności. [21]

Zaproponowane rozwiązanie jest nie tylko korzystne pod kątem biodegradowalności opakowań i minimalizacji odpadów, ale również zapobiega marnotrawstwu żywności i znacząco wpływa na jej bezpieczeństwo. Podnosi również poziom bezpieczeństwa konsumenta, eliminując ryzyko zatrucia bakteriami *Staphylococcus* i *Escherichia coli* w okresie wydłużonej przydatności do spożycia.

Kolejnym projektem mającym na celu stworzenie opakowania wydłużającego czas przydatności do spożycia jest projekt SVARNISH (*Varnish development with antimicrobial, oxygen and water vapour barrier properties and improved physic-mechanical properties, to be used in food industry*). Celem projektu realizowanego w Norwegii było wykorzystanie nanotechnologii w celu zapewnienia lepszych właściwości opakowań w zakresie stworzenia bariery dla

przenikania tlenu, wilgoci oraz ochrony przed drobnoustrojami. W projekcie zastąpiono wielowarstwowe folie laminowane jednowarstwowym lakierem, którym można pokryć różne podłoża. Zrezygnowanie ze struktury wielowarstwowej opakowania znacznie upraszcza i obniża koszty recyklingu, natomiast właściwości lakieru wydłużają okres przydatności żywności do spożycia.

Po wyprodukowaniu i sprawdzeniu pod kątem bezpieczeństwa opakowań partnerzy projektu przetestowali jako prototyp opakowanie, w którym umieszczono filet z piersi kurczaka. Wynik badania dowiódł, że wzrost bakterii został w znacznym stopniu ograniczony. Okazało się również, że pokrycie lakierem opakowań dla wyrobów piekarniczych wpływa korzystnie na ich strukturę i zapach [22].

Wyżej przedstawione rozwiązania wpłyną na wydłużenie przydatności do spożycia oraz ochronę produktów w łańcuchu od producenta do konsumenta. Przełoży się na to na zmiany związane z zarządzaniem ryzykiem dostaw. Niektóre miejsca wysokiego ryzyka zostaną wyeliminowane, co usprawni proces zarządzania całym łańcuchem dostaw.

### ***Identyfikacja strategii adaptacyjnych bakterii *Listeria monocytogenes****

Częstą przyczyną wycofywania produktów ze sprzedaży są patogeny obecne w żywności, takie jak pałeczki *Listeria monocytogenes*. Koszty opieki medycznej i straty w sektorze spożywczym spowodowane następstwami występowania patogenów kosztują UE miliony euro rocznie. Aby zrozumieć procesy adaptacyjne i wirulencję bakterii *Listeria monocytogenes*, europejscy badacze wykorzystali najnowsze dostępne technologie. *Listeria monocytogenes* jest wszechstronnym patogenem obecnym w żywności, który kolonizuje wiele siedlisk, w tym glebę i roślinność, wodę słodką i słoną oraz organizmy zwierząt. Aby móc zapewnić bezpieczeństwo żywności, istnieje pilna potrzeba zrozumienia złożonej ekologii tej bakterii i jej zdolności do przeżycia w różnych środowiskach.

Badacze uczestniczący w projekcie finansowanym z środków UE pt.: „List\_MAPS” zastosowali podejście oparte na biologii systemów, aby zidentyfikować strategie adaptacyjne wymienionego wyżej patogenu. Projekt nadzorowany był przez Université Dijon Bourgogne z Francji. Głównym celem było zbadanie dróg, którymi patogeny wędrują z pola, przez produkty spożywcze, aż do końcowych odbiorców. Prace zespołu koncentrowały się na zbadaniu fizjologii *Listrii* w różnych środowiskach, takich jak gleba, środki transportu, powierzchnie w zakładach produkcyjnych, czy nawet przewód pokarmowy ssaków. W badaniach chodziło między innymi o znalezienie powiązań pomiędzy danym środowiskiem a zdolnością namnażania patogenu, okazuje się bowiem, że *Listeria* posiada

wyjątkową i wyrafinowaną zdolność namnażania się i przetrwania w zróżnicowanych warunkach. Oznacza to tyle, że w danej sytuacji zupełnie inny czynnik może powodować jej namnażanie, a zatem znalezienie tych korelacji stało się kluczowe w walce z tym patogenem. Dzięki równoczesnemu zastosowaniu wielu technologii – w tym transkryptomiki, głębokiego sekwencjonowania, proteomiki i mikrobiologii – naukowcy scharakteryzowali odpowiedź bakterii na biotyczne i abiotyczne bodźce środowiskowe.

W wyniku przeprowadzonych badań zidentyfikowano związki między dietą, a podatnością na Listeriozę. Osoby preferujące dietę bogatą w tłuszcze są na nią znacznie bardziej narażone od tych preferujących diety warzywne. Badania pokazały również, że jeżeli chodzi o produkty złożone (zawierające więcej niż jeden składnik) to ich skład wpływa na fizjologię bakterii, co bez wątpienia przekłada się na bezpieczeństwo żywności. Innymi słowy okazuje się, że jedne substancje mogą wpływać na namnażanie bakterii, a inne to namnażanie wyhamowywać.

Wiedza ta jest niezwykle istotna z punktu widzenia zarządzania bezpieczeństwem żywności. Znajomość substancji, które mogą zatrzymać namnażanie bakterii, a jednocześnie nie wpływają negatywnie na człowieka, pozwoli uniknąć wielu sytuacji potencjalnie niebezpiecznych. Do tej pory uważano, iż głównym czynnikiem namnażania bakterii jest niewłaściwa temperatura. Okazuje się jednak, iż nie tylko. Daje to perspektywy do zmiany postępowania w zakresie działań prewencyjnych, mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa żywności. W starzejącym się społeczeństwie europejskim ryzyko zachorowania na Listeriozę wzrasta, dlatego powyższe wyniki badań powinny przełożyć się na poprawę bezpieczeństwa żywności. Badacze podkreślają, że innowacyjnym działaniem w zakresie minimalizowania ryzyka będzie zmiana składu produktów spożywczych oraz opracowanie nowych składników, które wykluczą bakterię, nie szkodząc przy tym konsumentowi. Uzyskane podczas badań wyniki dostarczą informacji na temat warunków, które ograniczają lub ułatwiają inwazję/przeżycie *Listeria monocytogenes* w systemie żywnościowym w ujęciu „od pola do stołu” [20].

Zważywszy na fakt, że *Listeria monocytogenes* jest wiodącą przyczyną zgonów i wycofywania produktów spożywczych ze sprzedaży, naukowcy dostrzegli również potrzebę opracowania szybkich narzędzi do wysoko-przepustowych badań przesiewowych diagnozujących obecność bakterii w pożywieniu. Obecne badania polegają na „hodowaniu” patogenów w próbce w warunkach laboratoryjnych i trwają minimum pięć dni. Naukowcy uczestniczący w projekcie „List MAPS” zastosowali różne podejścia transkryptomiczne do oceny wirulencji dużych zbiorów izolatów bakteryjnych *in silico*, zastępując obecnie stosowane, niewygodne modele zwierzęce. Ponadto partnerzy projektu planują wypuścić na rynek test na bazie biofilmu oraz ocenić skuteczność światła niebieskiego jako środka dezynfekującego produkty spożywcze [18].

### ***Szybki test ilościowy diagnozujący w czasie rzeczywistym bezpieczeństwo produktów żywnościowych***

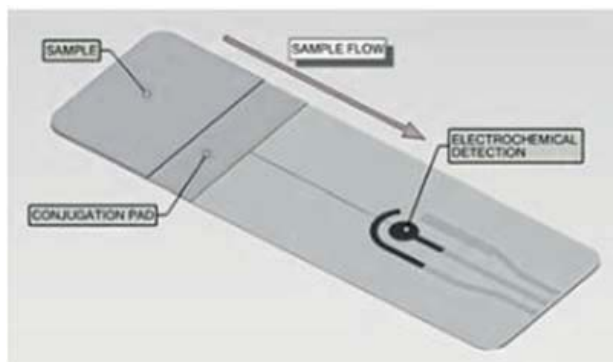
Projektem godnym uwagi, również związanym z wykrywaniem patogenów w żywności w całym łańcuchu żywnościowym, jest inicjatywa FOODSELFI realizowana przez naukowców z Hiszpanii we współpracy z firmą BIOLAN, działająca w sektorze MŚP. Uczestnicy tego finansowanego przez UE projektu postawili sobie za cel przeniesienie badań żywności z laboratorium na zewnątrz, poprzez opracowanie urządzenia, które pozwoli na wykonywanie badań bezpośrednio w terenie i w czasie rzeczywistym, na poziomie tych, które były wykonywane dotychczas w laboratorium. Chodzi tutaj o badania mające na celu określenie obecności patogenów, alergenów i toksyn w żywności. Dotychczas stosowane metody pozwalały na zweryfikowanie powyższych czynników jedynie w laboratorium. Ponadto były to badania o czasie trwania rzędu kilku dni.

Podczas pracy nad projektem FOODSELFI (*FOOD Safety monitoring by Electrochemical Lateral Flow Immunoassay*) zdefiniowano główne specyfikacje dotyczące opracowania elektrochemicznego testu immunologicznego przepływu bocznego (ELFI). Obejmowały one materiały, procesy i warunki produkcji potrzebne do wyprodukowania działającego prototypu. Ponadto zdefiniowano projekt procesu produkcji, a większą skalę z uwzględnieniem sitodruku elektrod, osadzenia przeciwciał i odczynników [20].

Test immunologicznego bocznego przepływu (*Lateral Flow Immunoassay, LFI*), jest prostym urządzeniem opartym na papierze, które umożliwia wykrycie obecności substancji lub jej braku w próbce płynu bez potrzeby stosowania specjalistycznego i kosztownego sprzętu. Przykładem takiego testu może być test ciążowy, działający na zasadzie pojawiającej się linii bądź jej braku. Urządzenie FOODSELFI działa na podobnej zasadzie i przede wszystkim ma dostarczyć użytkownikowi szybkie odpowiedzi. Test FOODSELFI nie sprawdza jednak, czy jego użytkownik jest w ciąży, ale informuje, czy badana żywność jest bezpieczna. W tym celu badacze projektu opracowali bardziej czułą metodę LFI, nazywaną elektrochemicznym testem immunologicznym bocznego przepływu (ELFI). Po przyłożeniu elektrod do urządzenia, użytkownik otrzymuje szybką, ilościową analizę produktu. Co ciekawe czujniki zaprojektowane w trakcie prowadzenia badań nie są czujnikami wykonanymi z tworzywa sztucznego, jak typowy test ciążowy, tylko z papieru, co sprawia, że zyskują one miano rozwiązania ekologicznego.

Prototyp FOODSELFI połączył elektrody drukowane metodą sitodruku i bariery hydrofobowe na podłożach papierowych, w celu stworzenia platformy zdolnej do reakcji immunologicznych i detekcji elektrochemicznej [20].

Na rysunku 1 zaprezentowano prototyp testu:



Rys. 1. Prototyp czujnika FOODSELF1

Źródło: <https://cordis.europa.eu/project/id/739658/reporting>

Jak twierdzi koordynatorka projektu, komercjalizacja papierowych czujników immunobiologicznych może umożliwić całej branży spożywczej lepsze monitorowanie żywności pod kątem parametrów, takich jak alergeny i patogeny, a zatem wpłynie bezpośrednio na podniesienie poziomu bezpieczeństwa wyrobów trafiających do konsumenta [19].

Prezentowane rozwiązanie jest również niezwykle istotne z punktu widzenia zarządzania bezpieczeństwem żywności. Eliminuje ono ryzyko zatruc pokarmowych i umożliwia przeprowadzanie kontroli świeżości produktów w czasie rzeczywistym w miejsce dotychczasowego oczekiwania na wyniki badań laboratoryjnych. Dzięki temu można sprawdzić każdą wypuszczaną na rynek partię jedzenia, minimalizując ryzyko konieczności jej późniejszego wycofania, co znacząco wpłynie na koszty i skrócenie procedur postępowania z wyrobem niezgodnym/niebezpiecznym.

## 5. Podsumowanie

Prezes European Food Safety Authority podczas obchodów “World Food Safety Day 2020” wielokrotnie podkreślał, że bezpieczeństwo żywności jest interesem każdego. Stwierdzenie to, na pierwszy rzut oka oczywiste, nabiera nowego wyrazu, uwzględniając nowe priorytety badań i innowacji UE w zakresie zarządzania bezpieczeństwem żywności FOOD 2030. Mówiąc o interesie każdego musimy mieć na uwadze, że wszelkie wprowadzane zmiany mają dążyć do eliminacji marnotrawstwa żywności, ponieważ może nam jej w jakimś momencie zabraknąć. Nie możemy już silnie ekspansować pól uprawnych, pozwalać sobie na inwazje szkodników czy na nadmierne używanie pestycydów.

Nie możemy, bo w naszym wspólnym interesie jest dbałość o to, aby nie było strat na żadnym z etapów łańcucha żywnościowego od pola do stołu. Ale marnotrawienie żywności to również wycofywanie produktów z rynku z powodu ich zakażenia bakteriami, co z kolei jest również marnotrawstwem innych zasobów oraz wpływa negatywnie na środowisko, bo nie dość że produkty takie trzeba zutylizować, to zostały one wyprodukowane, przetransportowane, schłodzone itp., a to tylko kolejne miejsca powstawania niepotrzebnych kosztów finansowych i środowiskowych. Dlatego obecne innowacje w zakresie zarządzania bezpieczeństwem żywności muszą kłaść większy nacisk na prewencje. Dlatego naukowcy, zamiast szukać alternatywnych środków ochrony roślin, robią krok dalej i zastanawiają się, jak to zrobić, aby nie niszczyć całego pola, nie obciążać wszystkich roślin, tylko działać dokładnie tam, gdzie jest to potrzebne i wtedy, kiedy jest to potrzebne. Dlatego m.in. zaproponowali wykorzystanie dronów, kamer i robotów, aby natychmiast móc zareagować na pojawiające się szkodniki i choroby roślin, dokładnie w miejscu ich powstawania, a nie – jak dotychczas – na całym polu. Zapewni to oszczędności, równowagę środowiskową, zapobiegnie marnotrawstwu roślin, zaoszczędzi pracę ludzką, ale przede wszystkim zagwarantuje bezpieczeństwo uprawianym roślinom. Z tego samego powodu inna grupa naukowców, zamiast szukać usprawnień w rozległych łańcuchach dostaw, propaguje ich maksymalne skracanie, eliminując tym samym mnóstwo zagrożeń i zapewniając konsumentowi świeże warzywa w centrum wielkiego miasta. Kolejne omawiane w publikacji innowacje kładą nacisk na zwiększenie kontroli procesów wytwarzania i transportowania, ale nie mówimy tu o takiej kontroli, która spowoduje wycofywanie całych partii produktów ze sklepów. Mówimy tu o nowym podejściu do kontroli – takiej, która zapobiega. Należy zrobić wszystko, aby zbadać surowce, czy też produkt, zarówno przed jak i po przetworzeniu. Aby było to możliwe trzeba zrewolucjonizować podejście do badań. Drogie i długotrwałe analizy laboratoryjne należy zastąpić testami wykonywanymi w dowolnym momencie, a dającymi takie same efekty, jak kilkudniowe badania. Zamiast wyrzucać żywność, trzeba wydłużyć jej czas przydatności do spożycia, dzięki zastosowaniu inteligentnych opakowań, które już nie tylko mają za zadanie poinformować konsumenta, że produkt jest świeży, ale mają utrzymywać jego świeżość przez dłuższy czas. Należy również przyrzeć się bliżej „wrogom” bezpiecznej żywności czyli patogenom. Badania naukowców pokazały, że jedną najpopularniejszych bakterii powodujących zatrucie może zostać zneutralizowana poprzez odpowiednio dobrany skład produktu. Do tej pory wiązano głównie obecność i namnażanie się bakterii z temperaturą przechowywania i transportu wyrobów i w tym obszarze szukano działań zapobiegawczych. Okazuje się, że można zrobić coś więcej, w dodatku ponosząc niższe koszty – a mianowicie odpowiednio dobrać składniki wytwarzanej

żywności. Nie byłoby tych wszystkich innowacyjnych rozwiązań, gdyby nie wyznaczone przez UE priorytety, które skłoniły naukowców do zmiany sposobu postrzegania problemów.

Podsumowując, głównym trendem w zarządzaniu bezpieczeństwem żywności powinna stać się walka z marnotrawstwem na każdym etapie produkcji i łańcucha dostaw. Należy tak zarządzać, aby minimalizować ryzyko już na samym początku. Zamiast wycofywać produkty z rynku, zainwestować w rozwiązania, które pozwolą dokonać kontroli na wcześniejszych etapach. Przykładać większą wagę do jakości surowców. Zamiast przeznaczać fundusze na środki ochrony roślin zainwestować w rozwiązania rolnictwa precyzyjnego, natomiast drogie rozwiązania związane z kontrolowaniem i identyfikowalnością wyrobów w długich łańcuchach dostaw zastąpić możliwie jak najkrótszymi łańcuchami.

## Literatura

- [1] Rybińska K., Galińska B., *Zarządzanie bezpieczeństwem żywności w łańcuchu dostaw*, „Logistyka” 2014, nr 2.
- [2] Szymonik A., (2010), *Logistyka w bezpieczeństwie*, Difin, Warszawa.
- [3] Tyrała P., *Zarządzanie kryzysowe*, (2003), Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń.
- [4] Walaszczyk A., (2016), *Wdrażanie standardów zarządzania bezpieczeństwem żywności w teorii i praktyce*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź.
- [5] Sitarz S., Janczar-Smuga M., *Współczesne zagrożenia bezpieczeństwa żywności, możliwości ich kontroli oraz eliminacji*, „Nauki inżynierskie i technologiczne” 2012, nr 2(5), Wrocław.
- [6] Skrabka-Błotnicka T., Masłowski B., (2010), *Bezpieczeństwo żywności*, Wydawnictwo UE, Wrocław.
- [7] Ustawa z 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia, Dz.U. z 2010 r. nr 136, poz. 914, z późn. zm.
- [8] Ustawa o bezpieczeństwie żywności i żywienia z dnia 25 sierpnia 2006 roku, Dz.U. z 2006 r. nr 171, poz. 1225.
- [9] Gawęcki J., (2010), *Żywność człowieka, Podstawy nauki o żywieniu, cz. I*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [10] *Food safety is everyone's business, now and in the future' – celebrating World Food Safety Day 2020*, EFSA European Food Safety Authority, <http://www.efsa.europa.eu/en/news/food-safety-everyones-business-now-and-future-celebrating-world-food-safety-day> (dostęp: 11.10.2020).
- [11] *FOOD 2030: INNOVATIVE EU RESEARCH ENSURES FOOD SYSTEM IS FUTURE-READY*, Results pack on food system transformation, European Commission, Research.eu.

- [12] *Research and innovation*, European Commission, <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=policy&lib=food2030> (dostęp: 9.10.2020).
- [13] *Factsheet: From farm to fork: Our food, our health, our planet, our future Deal*, European Commission, [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research\\_and\\_innovation/research\\_by\\_area/documents/ec\\_rtd\\_farm2fork\\_factsheet.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/research_by_area/documents/ec_rtd_farm2fork_factsheet.pdf) (dostęp: 11.10.2020).
- [14] Massimo I., Matranga G., Zoani C., Canese S., Daroda L., Vitali F., Zappa G., (2014), *Innovation in logistics and in the supply chain integrated approach*, Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development (ENEA), Italy.
- [15] *New robots set to transform farming*, [w:] Horizon 2020. *Aerial Data Collection and Analysis, and Automated Ground Intervention for Precision Farming*, Cordis EU research results, European Commission, <https://cordis.europa.eu/article/id/229078-new-robots-set-to-transform-farming> (dostęp: 1.10.2020).
- [16] *Objective (Fact Sheet)*, [w:] Horizon 2020. *The vertical farming revolution, urban Farming as a Service*, Cordis EU research results, European Commission, <https://cordis.europa.eu/project/id/739479> (dostęp: 1.10.2020).
- [17] *Urban food from vertical farming*, [w:] Horizon 2020. *The vertical farming revolution, urban Farming as a Service*, Cordis EU research results, European Commission, <https://cordis.europa.eu/article/id/229075-urban-food-from-vertical-farming> (dostęp: 1.10.2020).
- [18] *From farm to fork: studying foodborne pathogens*, [w:] Horizon 2020, *Training and research in Listeria monocytogenes Adaptation through Proteomic and Transcriptome deep Sequencing Analysis*, Cordis EU research results, European Commission, <https://cordis.europa.eu/article/id/386873-from-farm-to-fork-studying-foodborne-pathogens> (dostęp: 29.09.2020).
- [19] *New device lets food industry monitor safety along entire value chain*, [w:] Horizon 2020, *FOOD Safety monitoring by Electrochemical Lateral Flow Immunoassay*, Cordis EU research results, European Commission, <https://cordis.europa.eu/article/id/243649-new-device-lets-food-industry-monitor-safety-along-entire-value-chain> (dostęp: 28.09.2020).
- [20] *Periodic Reporting for period 1 - FOODSELFI (FOOD Safety monitoring by Electrochemical Lateral Flow Immunoassay)*, [w:] Horizon 2020, *FOOD Safety monitoring by Electrochemical Lateral Flow Immunoassay*, Cordis EU research results, European Commission, <https://cordis.europa.eu/project/id/739658/reporting> (dostęp: 29.09.2020).
- [21] *A biodegradable food packaging solution that also promises to increase food shelf life*, Cordis EU research results, European Commission, <https://cordis.europa.eu/article/id/421413-a-biodegradable-food-packaging-solution-that-also-promises-to-increase-food-shelf-life> (dostęp: 5.10.2020).



- [22] *Packaging varnish makes for safer food, [w:] SVARNISH: varnish development with antimicrobial, oxygen and water vapour barrier properties and improved physic-mechanical properties, to be used in food industry*, Cordis EU research results, European Commission, <https://cordis.europa.eu/article/id/165938-packaging-varnish-makes-for-safer-food> (dostep: 7.10.2020).

## FOOD SAFETY MANAGEMENT – INNOVATION

**Abstract:** *The most important factor in food safety management is to ensure safety. Food safety is not only the responsibility of producers. It is a shared responsibility of all participants in the chain “from farm to fork”. Regulators, legislators, national and international officials are also involved in this chain. Currently, the governments of individual countries have various problems, but ensuring food safety is the overarching goal, integrating everyone, because you need to eat to survive. Therefore, with regard to innovation in food safety management, priority should be given to the latest research and innovation strategies presented by the European Commission in the FOOD 2030 approach. The aim of this publication is to present the priorities of the EU FOOD 2030 strategy in food safety management and the examples innovative solutions that European scientists are currently working on. The presented solutions indicate the most important areas that should be addressed in order to minimize the risks and ensure an increase in the level of food safety during its production and throughout the supply chain.*

**Keywords:** food safety, innovation, supply chain, FOOD 2030, intelligent packaging, vertical and precision agriculture.