

# Czy sztuczne mięso może uratować ludzkość?

Joanna Zarzyńska<sup>1</sup>, Romuald Zabielski<sup>2</sup>

z Katedry Higieny Żywności i Ochrony Zdrowia Publicznego Instytutu Medycyny Weterynaryjnej SGGW w Warszawie<sup>1</sup> oraz Centrum Medycyny Translacyjnej SGGW w Warszawie<sup>2</sup>

**O**dbliisko dekady opinia publiczna jest informowana o kolejnych innowacyjnych pomysłach produkowania mięsa w probówce. „Sztuczne mięso” lub – jak kto woli – „mięso laboratoryjne” czy „mięso *in vitro*” (1) występuje w tych przekazach jako alternatywa dla mięsa wołowego, baraniego, wieprzowego, drobiowego, a nawet akwakultury. Alternatywa etyczna, bezpieczna i ekologiczna, a monstrualne koszty pierwszych wytworzonych w ten sposób porcji sztucznego mięsa wyjaśnia się zapewnieniem, że prototyp zawsze musi być drogi, a wraz ze zwiększeniem produkcji i wzrostem popularności technologii ceny będą coraz bardziej przystępne dla przeciętnego konsumenta.

## Sztuczne mięso w mediach

Przekaz medialny jest zwykle okraszony materiałem fotograficznym pokazującym... smakowity plaster mięsa wieprzowego bez kości ułożony na płycie Petriego<sup>1</sup>, albo bliżej niezidentyfikowany cienki plaster „prawdziwego mięsa” też rozciągnięty na płycie<sup>2</sup>, albo hamburgera – *nomen omen* – przygotowanego z roślinnych zamienników mięsa<sup>3</sup>, co już daleko odbiega od właściwego tematu. Faktyczny obraz wytworzonego w laboratorium „sztucznego mięsa” rzadko jest pokazywany w materiałach medialnych, ponieważ jest ono niefotogeniczne – bezkształtne, o mazistej konsystencji, częściej żółtawe niż bladoróżowe, i rozpada się na patelni na strzępy i grudki<sup>4</sup>. Absolutnie nie przypomina konsystencją i kolorem surowego zmielnego na kotlety mięsa drobiowego lub wieprzowego czy posiekanego na tataro mięsa wołowego. Brak w nim jakichkolwiek innych tkanek

## Can artificial meat save the humankind?

Zarzyńska J.<sup>1</sup>, Zabielski R.<sup>2</sup>, Department of Food Hygiene and Public Health Protection, Institute of Veterinary Medicine, Warsaw University of Life Sciences – SGGW<sup>1</sup>, Translational Medicine Center, Warsaw University of Life Sciences – SGGW<sup>2</sup>

For nearly a decade, the public has been informed about new, innovative ideas for producing meat in a test tube. “Artificial meat” if you prefer, “laboratory meat” or “in vitro meat”, appears in these messages as an alternative to beef, mutton, pork, poultry and even aquaculture. An ethical, safe, and ecological alternative, and the monstrous costs of the first portions of such artificial meat are explained by the assurance that the prototype must always be expensive, and as production and the approval of the technology increases, prices will become more affordable for the average consumer. In this article, which is a follow-up to our previous text (ŻW, 2020, 95, 74-80), we present the logic of a start-up business interested in the technology of producing artificial meat and its recent noticeable drift towards meat substitutes of plant origin rather than *in vitro* cultures. In addition, we discuss selected aspects related to the safety of both the consumer and the natural environment. The article concludes with a statement made by French scientist at INRAE Jean-Louis Peyraud in 2017: “A world without animal husbandry is just a utopia in the short, medium, and long term. It is high time we went back to a more realistic, evidence-based approach.”

**Keywords:** artificial meat, meat alternatives, food safety, carbon footprint.

niż mięśniowa, chociażby tkanki łącznej czy tłuszczowej, nadających odpowiedni smak, kolor i teksturę. Sztuczne mięso, jeżeli już, to jest prezentowane jako surowiec do przygotowania potraw restryktowanych, w których małe kawałki mięsa są otoczone i spojone panierką. W przekazie medialnym sztuczne

<sup>1</sup> Gazeta Krakowska, 20.08.2021, <https://plus.gazetakrakowska.pl/bedziemy-jesc-mieso-bez-zabijania-zwierzat-pod-krakowem-powstaje-sztuczne-mieso/ar/c8-15763480>.

<sup>2</sup> Plaster prawdziwego mięsa na szalce z widoczną omięsną spajającą grupy włókien mięśniowych, 2020.02.01, <https://www.poradnikzdrowie.pl/diety-i-zywienie/zdrowe-odzywianie/sztuczne-mieso-wlasciwosci-jak-powstaje-czy-jest-zdrowe-aa-yC5L-VrkN-5wdt.html>.

<sup>3</sup> Tekst publikowany w BUSINESS INSIDER, 20 lipca 2021, <https://businessinsider.com.pl/sztuczne-mieso-w-innowacyjne-produkty-inwestuja-najwieksze-koncerny/3yq1tqw>.

<sup>4</sup> Materiały z YouTube pobranie 29.12.2021, <https://www.youtube.com/watch?v=QO9SSINS6MM&t=56s>.

mięso jest synonimem innowacyjności, „naukowego” podejścia do produkcji żywności, sterylnej czystości, a także wyrazem z troską o środowisko. Nie informuje się, że jeśli sztuczne mięso wyprze prawdziwe, to jednocześnie pozbedziemy się większości tradycyjnych potraw, zwłaszcza z większych kawałków mięsa, oraz wędlin (steków, kotletów schabowych, szynclki po wiedeńsku, wyrobów z surowego, wędzonego, fermentowanego czy suszonego mięsa). Znikną także wyroby garmażeryjne z podrobów, np. paszety, kaszanki i salcesony, a przecież te przysmaki są efektami wielowiekowych wysiłków jak najlepszego zagospodarowania ubijanych zwierząt, w tym współproduktów rzeźnych. Odejdą w zapomnienie znane i cenione m.in. w Polsce i Francji wyroby z żołądków (polskie flaki wołowe, duszone w białym winie flaki z Pirenejów czy smażone w białym winie flaki z Lyonu). W kuchni chińskiej nie spotkamy już nie tylko kaczkę po pekińsku, ale także tradycyjnych przekąsek ze świńskiego ogona, uszu czy jelit. Patrząc na stronę etyczną medialnego projektu „sztuczne mięso”, można doszukać się jeszcze innych manipulacji emocjami odbiorcy, kontrastując hodowanie sztucznego mięsa przez ludzi w maskach, rękawiczkach i fartuchach w sterylnych laboratoriach biotechnologicznych, z materiałem filmowym z przemysłowych tuczarni, ubojni i zakładów mięsnych, gdzie ze względów oczywistych takiej laboratoryjnej estetyki i czystości nigdy się nie utrzyma. W materiałach o sztucznym mięsie zachwalany jest jego smak, który w istocie bardziej pochodzi od panierki i przypraw niż od wyhodowanej na płycie masy komórek mięśniowych. Warto uzmysłowić sobie, że smak mięsa zależy od bardzo wielu czynników, od gatunku i rasy zwierząt, sposobu ich utrzymania i żywienia oraz od wszystkich zabiegów technologicznych podczas jego dojrzewania, przechowywania i obróbki kulinarnej. Inaczej smakują wędliny popularne, inaczej wytworzone z mięsa świni rasy puławskiej, a jeszcze inaczej włoskie wyroby ze świń ras długo rosnących. Jeśli spojrzymy na drób, od razu dostrzeżemy różnice pomiędzy poszczególnymi gatunkami drobiu czy chociażby różnice pomiędzy brojlerem wyhodowanym w 42 dni a dłuższym kurczakiem z wolnego wybiegu. Nic się także nie mówi w przekazie medialnym o wartości odżywczej sztucznego mięsa oraz tego, jak się ma do zaleceń dietetyków unikania wysoko przetworzonej żywności, do jakiej niewątpliwie mięso *in vitro* należy. Nie ma także o bezpieczeństwie, co po części jest zrozumiałe z uwagi na brak materiału do przeprowadzenia jakichkolwiek badań bezpieczeństwa żywności.

### Czy biznes jest zainteresowany sztucznym mięsem?

Zaciekawienie i przyciągnięcie konsumentów do nowej żywności ma przyczynę. Prywatne start-upy biotechnologiczne pojawiają się jak grzyby po deszczu, chcąc skorzystać z nowych trendów i możliwości finansowania innowacyjnych technologii wpisujących się w założenia zapewnienia zrównoważonej proekologicznej produkcji żywności dla wyżywienia

rosnącej wciąż populacji ludzi. Według wyliczeń z połowy 2021 r. wartość rynku alternatyw dla mięsa pochodzącego z hodowli zwierząt szacuje się na 14 mld dolarów. Najbogatsi tego świata (jak Bill Gates), celebryci (jak Leonardo DiCaprio) i światowi giganci przemysłu spożywczego (np. Nestle, Cargill) już zainvestowali w start-upy pracujące nad wytworzeniem mięsa z probówki. Inni rozwijają roślinne zamienniki mięsa (np. PepsiCo, Unilever). Nawet taki potentat fast foodów jak KFC zdecydował się na rozwój programu roślinnych zamienników mięsa pod nazwą Mięso przyszłości (Meat of the future). W ramach tego projektu mają powstać ekonuggetsy złożone z komórek kurczaka i materiału pochodzenia roślinnego. Światowe koncerny drobiarskie inwestują w start-upy. Na przykład niemiecka grupa PHW zainvestowała w izraelski SuperMeat, a firma amerykańska Tyson Foods wspiera dwa start-upy, Future Meat Technologies oraz Memphis Meats (z pozyskanych funduszy chcą uruchomić pilotażową fabrykę). Firmy biotechnologiczne otrzymują też wsparcie publiczne. W 2020 r. hiszpańska firma BioTech Foods (projekt Meat4All w strategii Ethicameat B2B) uzyskała grant (2,7 mln euro) w ramach unijnego programu Horyzont 2020, z którego środki ma przeznaczyć na badania i rozwój wytwarzania sztucznego mięsa, ale także, uwaga, na promocję projektu na rynku światowym.

### Status prawny sztucznego mięsa

Status prawny sztucznego mięsa w zakresie bezpieczeństwa żywności nie jest jeszcze do końca ustalony. Komisja Europejska uznała, że rozwój nowych alternatyw mięsa wpisuje się w inicjatywę KE Food 2030 (tworzenia zrównoważonych systemów żywnościowych przyjaznych dla klimatu dla zdrowej Europy). W Unii Europejskiej żywność wytwarzaną z kultur komórkowych i tkankowych zalicza się do tzw. nowej żywności (objętej rozporządzeniem UE 2015/2283). Wymaga ona zezwolenia na dopuszczenie do obrotu oraz aprobaty Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA), ale nie ma np. ustalonych kryteriów mikrobiologicznych. Jako pierwsza na świecie Singapurska Agencja Żywności (Singapur Food Agency) w grudniu 2020 r. oficjalnie zatwierdziła do sprzedaży „czyste mięso” z kurcząt hodowane w laboratorium przez amerykański start-up Eat Just w zakładzie w Singapurze (z zapewnieniem, że w hodowli nie wykorzystuje się antybiotyków). Firma poinformowała, że mięso będzie sprzedawane w formie nuggetsów, a na zyski liczy z końcem roku 2022. Zgoda na sprzedaż jest związana ze specyfiką rynku singapurskiego – tylko ok. 10% żywności produkuje się lokalnie, kraj uzależniony jest więc od towarów importowanych. Na początku nuggetsy były serwowane tylko w jednej restauracji „1880”, ale już w kwietniu 2021 r. Eat Just nawiązał współpracę z platformą Foodpanda służącą do zamawiania jedzenia, i produkty trafiają już z dostawą do domów konsumentów. W kwietniu Eat Just (produkcujący także roślinne zamienniki jaj) ogłosił pozyskanie nowego kapitału (200 mln USD), który zamierza przeznaczyć na

ekspansję na nowych rynkach. We wrześniu zaś firma ogłosiła plan zbudowania zakładu produkcyjnego „czystego mięsa” w Katarze<sup>5</sup>. Ma on być większy od singapurskiego. Katar planuje wydać niebawem nowe uregulowania prawne zatwierdzające do obrotu „czyste mięso”.

### Walka o światowe rynki

Rozwój alternatywnego rynku „czystego mięsa” przybiera na sile w skali globalnej. Na całym świecie ponad 70 firm (dane z połowy 2021 r.) prowadzi prace nad hodowaniem mięsa różnych gatunków zwierząt (w tym owadów). W świetle powyższego kampanie medialne zakrojone na szeroką skalę nie zaskakują – walka o rynek trwa, trwają też naciski na uregulowania prawne dotyczące wprowadzenia produktów z mięsa laboratoryjnego na rynek. Start-upy narzekają na stanowisko USA i Unii Europejskiej – jako spowalniające innowację i nieelastyczne w porównaniu z działaniami Singapuru. Konieczność zatwierdzenia przez EFSA produktu wprowadzanego na rynek europejski to spowolnienie aktywności biznesowej szacowane nawet na 24–30 miesięcy, co oczywiście wpływa na opóźnienia potencjalnych zysków i pozostawanie w tyle w wyścigu o rynki zbytu<sup>6</sup>. Amerykańskie start-upy (Memphis Meats, JUST Inc., Finless Foods, BlueNalu, Fork & Goode) stworzyły koalicję AMPS<sup>7</sup> (Alliance for Meat, Poultry & Seafood Innovation), żeby rozpocząć m.in. dialog ze środowiskiem politycznym nad koniecznością przyspieszenia prac nad regulacjami prawnymi dotyczącymi produktów z hodowli laboratoryjnych. W Stanach Zjednoczonych w 2019 r. Agencja Żywności i Leków (FDA) i Departament Rolnictwa (USDA) uzgodniły zakresy odpowiedzialności za produkcję mięsa laboratoryjnego – FDA nadzoruje pozyskiwanie komórek do hodowli i początkowe etapy hodowli, zaś USDA odpowiada za znakowanie produkcji na dużą skalę. Nadal jednak nie wiadomo, kiedy nastąpi faktyczne zatwierdzenie przez organy rządowe sprzedaży mięsa laboratoryjnego.

### Technologia produkcji sztucznego mięsa – hodowle *in vitro*

Skoro mowa o dużych pieniądzach, to nie powinno nikogo dziwić, że właściwie, oprócz promowania haseł ekologicznej hodowli mięsa bez krzywdzenia zwierząt poprzez zabijanie czy pobieraniu komórek z żywych organizmów w warunkach laboratoryjnych, niewiele wiadomo o tajnikach technologii produkcji, chronionych patentami i zabezpieczonych tajemnicą firmową. Większość konsumentów wie, jak powstaje szynka w zakładzie przetwórczym albo sami pieką w domu np. karkówkę i wiedzą, jak to zrobić najbardziej efektywnie i smakowicie. Czy wiemy natomiast,

jak powstaje „mięso z próbówki”? Jesteśmy jako potencjalni konsumenci mamieni wspomnianymi zdjęciami mięsa na szalce – ale czy to faktycznie jest aż tak proste i daje w efekcie mięso, które doskonale znamy? Każdy, kto miał styczność z hodowlami komórkowymi *in vitro*, wie, że nie. Komórki mają swoje wymagania co do warunków wzrostu, co do tzw. pożywki, z której będą czerpać składniki odżywcze i stymulatory w postaci hormonów oraz czynników wzrostu (1). Mimo sterylności pracy laboratoryjnej, inkubowaniu w kontrolowanych warunkach, często hodowla ulega zakażeniom bakteryjnym czy grzybiczym, więc niezbędne jest dodawanie antybiotyków do pożywki. Sporo „chemii” w tej hodowli. Czy zatem faktycznie można powiedzieć, że mięso laboratoryjne w przeciwieństwie do mięsa hodowlanego jest wolne od chemii? Warto też wspomnieć, że szereg składników chemicznych mięśni oraz ich struktura stanowi całkiem dobre zabezpieczenie przed rozwojem drobnoustrojów w trakcie dojrzewania mięsa i jego przechowywania, czego mięso z próbówki jest całkowicie pozbawione. Dodatkowo, hodowla komórek w jednej warstwie na szalce czy w butelce hodowlanej uzyskuje w miarę szybko 100% konfluencję<sup>8</sup>. Jednak w odniesieniu do mięsa *in vitro* jest to cieniutka jedna warstwa wyłącznie komórek mięśniowych (czyli daleko jej do złożoności elementu zasadniczego z tuszy, w którym znajdziemy tkankę mięśniową, tłuszczową, łączną i wiele innych) i trudno z niej uzyskać produkt o dużej masie. Przykładowo pierwszy hamburger prof. Prosta z uniwersytetu w Maastricht powstał z bydłęcych komórek macierzystych zróżnicowanych w komórki mięśniowe, hodowanych w hodowli jednowarstwowej. Aby go stworzyć, nałożono na siebie 20 tys. warstw, które zlepiono w małe kulki. Hamburger po usmażeniu miał biały kolor (barwę zmieniono, dodając mioglobinę i sok z buraka), a na potrzeby degustacji, która odbyła się w londyńskiej restauracji 6 sierpnia 2013 r., doprawiono mięso karmelem, szafranem i dodano bułkę tartą, uznano też, że mięso nie było zbyt soczyste. Koszt 142-gramowego „hamburgera” oszacowano na 250 tys. euro. Profesor Prost stworzył spin-off Mosa Meat i deklarował, że hodowana laboratoryjnie wołowina trafi do supermarketów w ciągu 3–4 lat, czego jednak nie osiągnięto. Obecne deklaracje rosnącego w siłę Mosa Meat to produkcja na skalę przemysłową w 2022 r. Mosa Meat weszło w 2020 r. w konsorcjum z firmą Nutreco (co ma zapewnić produkcję pożywek na dużą skalę). Wspomniane konsorcjum otrzymało dofinansowanie UE (2 mln euro) w 2021 r. w programie REACT-EU (post-COVID recovery) na projekt Feed for meat, w ramach wsparcia tzw. rolnictwa komórkowego (ang. cellular agriculture), co wywołało zaniepokojenie środowisk związanych z produkcją zwierzęcą, skutkujące wystosowaniem zapytania do

<sup>5</sup> Katar będzie produkował mięso z laboratorium. AgroNews, 21.09.2021, <https://agronews.com.pl/arttykul/katar-bedzie-produkowal-mieso-z-laboratorium/>

<sup>6</sup> <https://www.foodnavigator.com/Article/2021/05/04/When-will-lab-grown-meat-reach-the-European-market>

<sup>7</sup> <https://ampsinnovation.org/>

<sup>8</sup> Konfluencja – termin określający stopień zagęszczenia komórek na płycie wyrażany w procentach. Konfluencja 100% oznacza, że powierzchnia płytki została całkowicie pokryta rosnącymi na niej komórkami.



Parlamentu Europejskiego o brak unijnego wsparcia dla zrównoważonej produkcji zwierzęcej<sup>9</sup>.

### Sztuczne mięso z bioreaktora

Jak już wspomniano, hodowla jednowarstwowa nie pozwala na uzyskanie większych, przydatnych komercyjnie ilości mięsa laboratoryjnego. Kolejnym krokiem w postępie hodowli było wykorzystanie bioreaktorów, 250 000-litrowych zbiorników (Eat Just w Singapurze pracuje na 1200-litrowych zbiornikach), w których komórki hodowane są w zawieszynie. Ponieważ komórki nie mogą rosnąć bez kontaktu z podłożem, wymagane jest użycie mikrokrulek lub specjalnych rusztowań kolagenowych, do których przylegają komórki. Kolagen to także produkt pochodzenia zwierzęcego. Wracając do aspektów hodowli komórek i ich zapotrzebowania na wsparcie ze strony produktów pozyskanych ze zwierząt – oprócz kolagenu jest to także płodowa surowica bydlęca (FBS) – oba materiały są niezwykle kosztowne (i trudne do zaakceptowania od strony etycznej, surowicę pozyskuje się z zabijanych płodów cieląt – na pierwszego hamburgera prof. Prosta, wg szacunków, użyto surowicy ponad 100 płodów cielęcych). Obecnie koszty pożywki są szacowane na 55–95% kosztów produkcji. Żeby obejść ten problem, producenci mięsa laboratoryjnego poszukują zamienników, np. zamiast surowicy wykorzystują ekstrakty z mikroalg, japońskich grzybów Maitake, czy drożdży, a kolagen zastąpiono np. zeiną – białkiem z kukurydzy (<https://www.gelatex.com/>). Dzięki szkielecowi włókien kolagenowych (lub innych nanowłókien hydrożelu) otrzymujemy hodowlę przestrzenną 3D. Uzyskanie partii produkcyjnej może zająć ok. 21 dni. Oprócz wzrostu i różnicowania komórek mięśniowe muszą być stymulowane do pracy i produkcji białek mięśniowych m.in. poprzez ruch pożywki. Nadal są to cienkie warstwy komórek mięśniowych. Budowanie większych struktur wymagałoby konstruowania systemu przypominającego naczynia krwionośne, aby substancje odżywcze mogły być dostarczane do tkanki. Aktywność skurczowa jest kluczowym czynnikiem odpowiedniej zawartości mioglobiny, dzięki której mięśnie przybierają czerwone zabarwienie (w mięsie *in vitro* ten efekt uzyskuje się dodawanymi do masy komórek barwnikami).

### A może stek z drukarki?

Pomimo efektu 3D nadal nie uzyskano typowej dla mięsa tekstury. Taką opcję dał druk 3D. Latem 2021 r. japońscy naukowcy (z uniwersytetu w Osace) pobrali komórki macierzyste od 27-miesięcznej krowy rasy Wagyu (wołowina Kobe) pozyskanej z rzeźni i, wykorzystując biodruk 3D, wydrukowali „prawdziwy stek”. Połec mięsa miał charakterystyczny marmurkowy

wzór, żyłki i kawałki tłuszczu. Dzięki wyizolowaniu komórek macierzystych mięsa wołowego, określeniu sposobu ułożenia mięśni, naczyń krwionośnych oraz tłuszczu w mięsie udało się uformować stek. Biodruk 3D polega na warstwowym nakładaniu struktur komórkowych (tzw. włókien) w taki sposób, aby naśladowały one tkankę żywego organizmu – coś, czego pozbawione są inne rodzaje mięs 2D i 3D z laboratoriów<sup>10</sup>. Całość procesu została opisana w „Nature” (<https://www.nature.com/articles/s41467-021-25236-9>), zatem wiemy, że wydrukowany „stek” miał wymiary 5 × 10 mm i składał się z 72 włókien: 42 mięśniowych, 28 tkanek tłuszczowej i 2 naczyniowej. A użyto zmodyfikowanej techniki druku SBP (ang. supporting bath-assisted 3D printing) – TIP (ang. tendon-gel integrated printing). Jak widać po wielkości produktu, pomimo dużego nagłośnienia w mediach informacji o wydrukowanym steku, tak naprawdę możemy uznać go za doskonale przeprowadzony i udokumentowany eksperyment naukowy, nadal jednak będący badaniem wstępnym nad możliwością zastosowania przemysłowego druku 3D w produkcji mięsa laboratoryjnego.

### Czysta roślinna alternatywa mięsa

Szum medialny wokół tematu „czystego mięsa” wytworzonego sztucznie pozwolił wielu start-upom dość niezauważalnie przejść z wytwarzania zamienników mięsa na bazie komórek mięśniowych... do wytwarzania alternatyw mięsa na bazie składników roślinnych. Prawdopodobnie niewiele osób – potencjalnych konsumentów – zwróciło na to uwagę, przeglądając nowości w internecie. Odnotowujemy dużą dynamikę produkcji 3D, ale są to tzw. „mięsa roślinne”. Przykładowo hiszpańska firma Novameat<sup>11</sup> wykorzystuje druk 3D do wytwarzania mięsa roślinnego (nazywając je wołowiną i wieprzowiną 2.0) o tej samej włóknistej i przypominającej prawdziwe mięso strukturze oraz smaku zbliżonym do mięsa. Na zdjęciach kawałki takiego „mięsa” wyglądają podobnie do wyrobów z prawdziwego mięsa. A zostały stworzone z groszku, alg i soku z buraka. Koszty produkcji takiego 50-gramowego steka to 1,5 dolara. A kluczem do sukcesu jest opatentowana technologia mikroekstruzji, która pozwala uzyskać włókna roślinne o średnicy 100–500 mikronów. Głównym konkurentem Novameat w produkcji alternatyw mięsa jest izraelska firma Redefine Meat, również drukująca w 3D dla ponad 150 restauracji i lokali gastronomicznych w Izraelu. W listopadzie 2021 r. produkty Redefine Meat trafiły do luksusowych restauracji we Francji, Wielkiej Brytanii i Niemczech. Ich zadaniem było zastąpienie oryginalnych steków bavette, co uzyskano dzięki mieszance białka sojowego i grochowego, ciecierzycy, buraków, drożdży spożywczych i tłuszczu kokosowego. Do tej pory wyroby Redefine Meat były używane jako kiełbaski i wsady do hamburgerów<sup>12</sup>.

<sup>9</sup> [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/P-9-2021-004930\\_EN.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/P-9-2021-004930_EN.html)

<sup>10</sup> Japońscy naukowcy wydrukowali porcję wołowiny wagyu. To jeden z najdroższych gatunków mięsa. Business Insider z dn. 5 września 2021, <https://businessinsider.com.pl/lifestyle/jedzenie/japonscy-naukowcy-wydrukowali-porcje-wolowiny/lmr3p3d>

<sup>11</sup> <https://www.novameat.com/>

<sup>12</sup> <https://www.polsatnews.pl/wiadomosc/2021-11-16/izrael-roslinne-mieso-wydrukowane-w-3d-pojawi-sie-na-europejskich-rynkach/>

Na rynku są jeszcze inni konkurenci, np. amerykańscy producenci Beyond Meat i Impossible Foods. Finansiści z Barclays szacują, że przy dynamicznym rozwoju technologii, poprawie smaku, tekstury i rozszerzeniu oferty alternatywnych produktów mięsnych wartość tego sektora może osiągnąć 140 mld dolarów do roku 2029. „Mięso roślinne” w ocenie autorów jest interesującą i o wiele bardziej ekologiczną alternatywą w porównaniu do mięsa *in vitro*. Na pewno rozwiązuje istotny dla niektórych konsumentów problem etyczny, związany z pozbawianiem życia zwierząt. Częściowo rozwiązuje też problem środowiskowy, ale na pewno nie spełnia zaleceń dietetyków odnośnie do racjonalnego żywienia. To jest nadal niedoskonały zamiennik mięsa o wartości odżywczej właściwej dla pokarmu roślinnego, a nie prawdziwego mięsa.

### „Wege mięso” – czy tego właśnie oczekujemy?

Jakie z tego wnioski? Produkcja mięsa *in vitro* wcale nie jest taka prosta i tania, jak promują to media. Widać, że wiele firm skłania się ku produkcji bardziej efektywnych i tańszych zamienników roślinnych mięsa – co pozwoli na szybsze osiągnięcie zysków i przejęcie sporej części rynku produkcji żywności. Zamienniki roślinne doskonale wpisują się w silny obecnie trend „wege” i łatwiej znajdują odbiorców niż wciąż nie wszędzie dobrze odbierane mięso otrzymywane w probówce, zwane czasem pejoratywnie franken meat. Stosunek konsumentów do mięsa z próbki przyrównuje się do statusu żywności modyfikowanej genetycznie (GMO). Często podnosi się aspekt braku szerszej akceptacji społecznej (zwłaszcza u osób starszych). Niedługo z pewnością doczekamy się dyskusji nad unormowaniem nazewnictwa tych roślinnych alternatyw mięsa – podobnej do brzemiennej w skutki prawne dyskusji nad mlekiem roślinnym, która zakończyła się ustaleniem dopuszczalnej nazwy „napoje roślinne” dla roślinnych „zamienników” mleka (UE 2017 r., decyzją Trybunału Sprawiedliwości UE). Jednak w maju 2021 r. Parlament Europejski odrzucił poprawkę nr 171 do Rozporządzenia UE 1308/2013 odnoszącą się do terminologii kojarzącej produkty roślinne z mleczarskimi (np. używania określeń „maślany”, „śmietankowy”, „alternatywa”) w dobrowolnych oświadczeniach producenckich. Do odrzucenia poprawki wzywało Komisję Europejską ponad 100 organizacji zrzeszonych w EAPF (Europejskim Sojuszu na Rzecz Żywności Pochodzenia Roślinnego), wskazując, że utrudniałaby promocję żywności, która jest bardziej korzystna dla środowiska i ma mniejszy ślad węglowy, co jest niespójne ze strategią

unijną F2F (ang. Farm to Fork). Poprawkę nr 165 odrzucono już wcześniej – dotyczyła wegańskich zamienników mięsa (np. określeń wegeburger)<sup>13</sup>. Zmiany, jakie dokonały się w terminologii zamienników mięsa i nabiału, mogą mieć trudne do przewidzenia skutki w przyszłości, szczególnie wśród gorzej wykształconych i mniej zasobnych konsumentów. Niedobór mięsa i nabiału w diecie bez suplementacji (dość kosztownej) z czasem może prowadzić m.in. do niedokrwistości, awitaminoz i osteoporozy typu II.

### Głos organizacji wspierających zrównoważoną produkcję zwierzęcą

European Livestock Voice<sup>14</sup> jest stowarzyszeniem reprezentującym sektory produkcji zwierzęcej państw UE, którego misją jest informowanie opinii publicznej o społecznej wartości produkcji zwierzęcej i jej wkładzie w globalne wyzwania. Stowarzyszenie podjęło się poprowadzenia debaty dotyczącej szczegółowej i transparentnej oceny działania systemów produkcji prawdziwego mięsa i jego alternatyw. Według oceny ELV, w oparciu o obecnie dostępne dane, hodowla mięsa *in vitro* nie zapewnia żadnej korzyści środowiskowej w porównaniu z prawdziwym mięsem. Inną organizacją europejską walczącą o właściwą promocję żywności pochodzenia zwierzęcego wytwarzanej w zrównoważonych systemach jest Copa-Cogeca, zrzeszająca rolników i kooperatywy rolnicze.<sup>15</sup> Zwraca ona uwagę na konsekwencje socjoekonomiczne produkcji mięsa *in vitro* oraz chce chronić bogate dziedzictwo kulinarne Europy.

### Białko zwierzęce w diecie człowieka

Ważnym, wartym omówienia zagadnieniem etycznym jest kwestia, związana z pozbawianiem życia zwierząt hodowanych na mięso. Tak, to jest dylemat, dla niektórych wręcz zasadniczy, tyle że należy uwzględnić fakt, że obecność białka zwierzęcego oraz szeregu biologicznie aktywnych substancji w mięsie jest niezbędna dla prawidłowego wzrostu, rozwoju i zdrowia człowieka. Kubki smakowe jamy ustnej można oszukać zamiennikami i przyprawami, ale naszego metabolizmu i tkanek już nie. Organizm zwierząt wszystkożernych, do których należy człowiek, aby otrzymać wszystko, co jest niezbędne do prawidłowego funkcjonowania, musi zaopatrywać się zarówno w pokarmy pochodzenia roślinnego, jak i zwierzęcego. Wyliczono, że dla zaspokojenia fizjologicznych potrzeb człowiek powinien spożywać w ciągu roku co najmniej 10 kg białka zwierzęcego. W pracy przeglądowej opublikowanej w 2019 r. w „Lancet”

<sup>13</sup> <https://noizz.pl/jedzenie/ue-rezygnuje-z-cenzury-roslinnych-zamiennikow-nabialu/q95zgzg>; <https://biokurier.pl/ekorynek/nazewnictwo-i-opis-produktow-roslinnych-komisja-europejska-zrezygnowala-z-kontrowersyjnych-zapisow-prawnych/>

<sup>14</sup> European Livestock Voice to wielostronna grupa partnerów UE w łańcuchu żywnościowym, która zdecydowała się zjednoczyć, aby przywrócić zrównoważoną debatę wokół sektora, który odgrywa tak istotną rolę w bogatym dziedzictwie Europy i przyszłości. Stowarzyszenie reprezentujące sektory od zdrowia zwierząt po pasze, hodowlę i hodowlę zwierząt oraz rolników, ma na celu informowanie opinii publicznej o społecznej wartości produkcji zwierzęcej i jej wkładzie w globalne wyzwania, oferując inną perspektywę w toczących się debatach (<https://meatthefacts.eu/home/more-than-meats-the-eye/the-importance-of-livestock/>). Warto zwrócić uwagę na motto, jakim posługuje ELV “We won't tell you what to eat, drink or wear, but it's good to hear the two sides of the story about livestock. Because when you make a choice, you also choose all of the consequences!” [Nie powiemy Ci, co jeść, pić czy w co się ubierać, ale dobrze jest poznać dwie strony historii o zwierzętach gospodarskich. Bo kiedy dokonujesz wyboru, wybierasz również wszystkie konsekwencje!].

<sup>15</sup> <https://copa-cogeca.eu/>

Willett i wsp. podali nieco wyższe wartości konsumpcji mięsa czerwonego (nie więcej niż 100 g tygodniowo) i drobiowego (nie więcej niż 200 g tygodniowo), czyli rocznie nie więcej niż 15,6 kg mięsa wołowego, wieprzowego i drobiowego (2). Biorąc pod uwagę te zalecenia, w Polsce jemy o wiele za dużo, bo ok. 74 kg mięsa (czerwonego i drobiowego łącznie) w ciągu roku na osobę. Zamienniki roślinne nie są w stanie spełnić potrzeb żywieniowych z uwagi na niższą wartość biologiczną białka, zbyt niską podaż energii, niedostatek witamin B<sub>12</sub> i D, składników mineralnych (m.in. żelaza, wapnia i cynku) i niektórych kwasów tłuszczowych (np. omega-3). Biodostępność składników, np. mineralnych, pokarmu roślinnego jest niższa, najlepszym tego przykładem jest porównanie wchłaniania żelaza ze związków nieorganicznych i żelaza związanego z cząsteczką hemu.

W biologii zadawanie śmierci w celu zdobycia pokarmu jest zjawiskiem wpisanym w sposób naturalny w łańcuch troficzny oraz obieg materii w przyrodzie. Wyjątkiem jest człowiek, który w odróżnieniu od innych ogniw łańcucha troficznego działa nadmiarowo. Dylemat pozbawiania życia dla zdobycia pokarmu nie zniknie, ale liczba zwierząt mogłaby zostać ograniczona do minimum przez zrjonalizowanie spożycia pokarmu pochodzenia zwierzęcego (czyli obniżenie spożycia na osobę; Unia Europejska zakłada obniżenie spożycia o 50% do 2050 r.) oraz drastyczne ograniczenie marnotrawstwa żywności w całym łańcuchu żywnościowym, a szczególnie w gospodarstwach domowych. Szacunki opracowane w ramach projektu FUSIONS<sup>16</sup> finansowanego przez UE wykazały, że w UE marnuje się rocznie ok. 88 mln ton żywności<sup>17</sup>. Aby zaradzić temu problemowi, utworzono Unijną Platformę ds. Strat i Marnotrawienia Żywności. Państwa członkowskie UE zostały wezwane do ograniczenia strat żywności o połowę do 2030 r.

### Ograniczenie negatywnego wpływu produkcji zwierzęcej na klimat

Wracając do aspektu produkcji zwierzęcej, zastanówmy się nad innymi, pozaetycznymi kwestiami, np. nad stroną ekonomiczną oraz nad tym, co należałoby zrobić, aby ograniczyć jej negatywny wpływ na klimat. Ponadto, jak zmienić nawyki konsumentów, ponieważ możliwość spożycia dużej ilości mięsa nadal kojarzona jest z zamożnością. Czy użyte przy propagowaniu idei „sztucznego mięsa” argumenty proekologiczne są zasadne? Na pozór tak, ale tylko na pozór. Pierwszym argumentem jest zwykle niedostatek obszarów na poszczególnych kontynentach pod uprawę roślin na pokarm dla ludzi i zwierząt gospodarskich, stąd konieczność karczowania nowych połaci lasów i puszczy, co niesie za sobą niebagatelny wpływ na klimat. To prawda (choć nie dotyczy Europy, w której wielkość areału użytkowanego

rolniczo od lat nie ulega zmianie), przy czym dodaje się, że znaczna część produkcji roślinnej jest przeznaczana na paszę dla zwierząt, sugerując tym samym, że istnieje konkurencja między człowiekiem a zwierzętami gospodarskimi o pokarm roślinny, co nie jest prawdą. W Unii Europejskiej pod uprawę na paszę dla zwierząt gospodarskich przeznaczają się 63% wszystkich gruntów ornych. Tyle że produkcja roślinna na pasze jest komplementarna do produkcji żywności. W przypadku zbóż (np. pszenicy, żyta) do produkcji mąki zostaje użyte jedynie ziarno osiągnące odpowiednie parametry, reszta zostaje zagospodarowana w mieszalnicach pasz. Tylko część zbóż, np. pszenżyto i owies, uprawiana jest prawie wyłącznie na cele paszowe. Przemysł paszowy zagospodarowuje także odpady z młynów (otręby zbożowe), cukrowni (wysłodki, melasa), olejarni (makuchy). Bez produkcji zwierzęcej pojawiłyby się do rozwiązania problem utylizacji znacznych ilości tych cennych paszowo produktów. Podobnie jest z zagospodarowaniem słomy zbóż, która, użyta jako ściółka, dostarcza naturalnego nawozu poprawiającego żyzność gleb, na których uprawiane są rośliny z przeznaczeniem na konsumpcję i pasze. Prowadzenie produkcji roślinnej sprofilowanej wyłącznie na cele konsumpcyjne obciążone byłoby marnotrawstwem części plonów, która nie spełnia wymagań dla produktów konsumpcyjnych. Brak naturalnego nawożenia skutkowałoby wzrostem zużycia nawozów sztucznych i/lub obniżeniem plonów. To są pośrednie korzyści utrzymywania zwierząt gospodarskich, które warto uwzględnić, dyskutując o „konkurencji” pokarmu roślinnego. Poza gruntami ornymi na produkcję zwierzęcą użytkuje się jeszcze ok. 8% obszaru UE w postaci użytków zielonych (łąk i pastwisk), których jedynym przeznaczeniem w chwili ograniczenia lub rezygnacji z hodowli byłoby zalesienie. W przypadku półnaturalnych łąk i pastwisk piętra reglowego w regionie Karpat i Alp użytkowanie rolnicze (wypas owiec i bydła) jest istotnym czynnikiem zachowania bioróżnorodności. Warto wspomnieć, że poza istotną rolę w retencji wody łąki i pastwiska pochłaniają też znaczne ilości CO<sub>2</sub> z atmosfery (połowę stanowi CO<sub>2</sub> wbudowany w gleby łąkowe). Z wyliczeń wynika, że łąki i pastwiska w Polsce mogą pochłaniać rocznie ponad 9 mln ton CO<sub>2</sub>, podczas gdy lasy zajmujące blisko 30% powierzchni kraju – ok. 40 mln ton CO<sub>2</sub>.

### Koszty środowiskowe produkcji sztucznego mięsa

Przestrzeń, a właściwie niewielkie wymagania przestrzenne dla fabryk sztucznego mięsa versus użytki rolne przeznaczone na hodowlę zwierząt gospodarskich, to często podnoszony argument za produkcją mięsa *in vitro*. To pozorny obraz, ponieważ każde z takich miejsc wymaga przestrzeni na inwestycje

<sup>16</sup> <https://www.eu-fusions.org/>

<sup>17</sup> To stanowi ok. 20% żywności produkowanej w EU, czyli statystycznie przeciętny obywatel wyrzuca rocznie 173 kg jedzenia. Wytworzenie żywności, która ląduje na śmietniku, kosztuje nas ok. 6% całkowitej emisji CO<sub>2</sub> i metanu wytwarzanych w UE. Co prawda największe straty dotyczą owoców i warzyw (szczególnie łatwo psujących się), a nie produktów pochodzenia zwierzęcego, ale ślad węglowy towarzyszący produkcji mięsa w przeliczeniu na tonę produktu jest większy niż w produkcji roślinnej.



w fabryki komponentów pożywek do hodowli albo... ferm morskich lub lądowych do produkcji roślin i zwierząt, z których będą wytwarzane składniki do pożywek dla rosnących komórek. Warto wspomnieć choćby o najprostszych składnikach, jak sole mineralne, aminokwasy oraz... woda. Procesy biotechnologiczne hodowli *in vitro* wymagają składników o wysokiej czystości oraz szczególnie dużych ilości wody o wysokiej czystości chemicznej i mikrobiologicznej. Koszt ich produkcji jest funkcją ich czystości, np. aminokwasy o czystości do przygotowania pożywek są kilkukrotnie droższe niż stosowane jako suplementy diety. Wielkość obecnej produkcji takich komponentów wysokiej czystości jest absolutnie niedostosowana do perspektyw produkcji mięsa *in vitro*. Warto przypomnieć, o jakiej skali tutaj mówimy. Globalna produkcja mięsa w 2018 r. wyniosła 340 mln ton, z czego 302 mln ton stanowiła wołowina, wieprzowina i mięso drobiowe łącznie, zatem udział w produkcji, chociażby 10%, to skala ponad 30 mln ton!

Unia Europejska jest samowystarczalna, jeśli chodzi o produkcję mięsa (wręcz eksportuje nadwyżki). Przeprofilowanie produkcji na sztuczne mięso, poza zapaścią europejskiego rolnictwa i wywołaniem napięć społecznych z tym związanych, doprowadziłoby do silnego uzależnienia od dalekowschodnich producentów składników pożywek niezbędnych do wytwarzania mięsa *in vitro*. Open Philanthropy zleciła w 2020 r. D. Humbirdowi, DWH Process Consulting LLC (USA), analizę techniczno-ekonomiczną potencjału produkcji mięsa *in vitro* jako alternatywy dla mięsa

konwencjonalnego (3). W swojej analizie Humbird zidentyfikował szereg barier związanych z masowym wzrostem komórek w kulturze (niskie tempo wzrostu, niewydolność metaboliczna bioreaktora, hamowanie produktem i powstającym CO<sub>2</sub>, uszkodzenia rosnących komórek), które będą ograniczać wydajność bioreaktora i osiąganą gęstość komórek. Krytyczna analiza objęła także specjalistyczny sprzęt i infrastrukturę, a właściwie konieczność ich zabezpieczenia przed skażeniem mikrobiologicznym, co będzie niezwykle kosztowne. Ponadto istotną barierą okaże się, o czym wspomnieliśmy nieco wcześniej, dostępność odpowiedniej jakości preparatów aminokwasów i białkowych czynników wzrostu, które są obecnie produkowane znacznie poniżej skali odpowiadającej produkcji żywności. Podsumowując, bez istotnej poprawy wydajności procesu i opracowania tanich pożywek zastąpienie konwencjonalnego mięsa mięsem *in vitro* jest nieuzasadnione finansowo. Według szacunków Good Food Institute (GFI) z lutego 2021 r., a więc w czasie powstawania tej analizy, koszt wyprodukowania 1 kg gotowego do użycia sztucznego mięsa zamykał się w przedziale 8,5–36,0 tys. USD i niewiele się zmienił do początku 2022 r.

Do istotnych aspektów środowiskowych związanych z produkcją sztucznego mięsa należy zaliczyć użycie wody i energii oraz produkcję ścieków i ważnych dla klimatu tzw. gazów cieplarnianych. Szacunki są różne, zależnie od czasu, kiedy powstawały. Pierwsze były na korzyść mięsa *in vitro* (4), później po dokładnym przyjrzeniu się każdemu z etapów procesu, uwzględniając produkcję substratów do pożywek,

## WETERYNARYJNE ANALIZATORY LABORATORYJNE



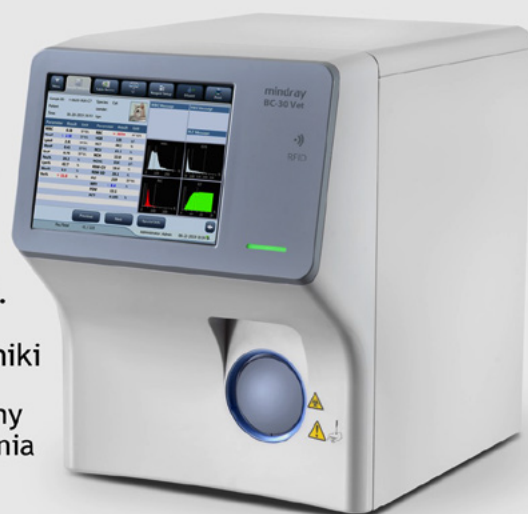
### NOWOŚĆ biochemia sucha

- 29 parametrów
- 13 gat. zwierząt
- 9 konfiguracji dysków
- wbudowana drukarka + transmisja danych
- od 2 zł / ozn.



**BIOCHEMIA NA DYSKI  
MINDRAY Vetube 30**

**mindray  
animalcare**



- 1 zł/bad.
- 4 diff
- 23 param.
- 2 odczynniki
- różne formy finansowania + leasing + raty + dzierżawa + wykup używanego

**HEMATOLOGIA  
MINDRAY BC-30 Vet**

[www.AnalizatoryWeterynaryjne.pl](http://www.AnalizatoryWeterynaryjne.pl)

Zamów demo: Dominika 726 300 777 ◦ Oliwia 667 300 762 ◦ Marek 601 845 055

oczyszczania wody, koszty ochrony przeciwbakteryjnej itd., już tak optymistycznie nie było, wręcz powiało grozą (5). Ale to są nadal szacunki, wciąż brakuje kompleksowych danych, a zatem nie można jeszcze przewidzieć, jak ostatecznie będzie wyglądał ślad klimatyczny w masowej produkcji mięsa laboratoryjnego. Żeby to dokładnie zbadać, potrzebne są rzeczywiste dane, a takie nie istnieją. Lynch i Pierrehumbert (6) w badaniach modelowych porównali wielkość emisji gazów cieplarnianych przy hodowli bydła i produkcji wołowiny (najwyższa emisja gazów cieplarnianych w porównaniu do produkcji wieprzowiny czy mięsa drobiowego) i przy produkcji sztucznego mięsa. W swoim modelu uwzględnili dwutlenek węgla, metan i podtlenek azotu, ponieważ z hodowlą bydła związana jest emisja tych trzech gazów, w tym znaczna emisja metanu, podczas gdy emisja przy produkcji sztucznego mięsa to prawie wyłącznie CO<sub>2</sub>. Co więcej, w warunkach rosnącego spożycia mięsa *in vitro* emisja CO<sub>2</sub> będzie rosła, aż przewyższy tę wywołaną przez hodowlę bydła. Za tę różnicę będzie odpowiedzialny metan, ponieważ w przeciwieństwie do CO<sub>2</sub> emisje metanu nie kumulują się, zatem mięso *in vitro* nie jest „klimatycznie lepsze” od produkcji zwierzęcej (6).

Na danych z wysoko rozwiniętego rolnictwa niemieckiego przeprowadzono analizy przepływu suchej masy i bilansu energetycznego łańcucha dostaw mięsa (wołowiny, wieprzowiny i drobiu). Największy potencjał redukcji emisji przypadł zmianie struktury diety (ograniczenie spożycia mięsa lub zastąpienie mięsa jadalnymi podrobami), w drugiej kolejności eliminacji marnotrawstwa mięsa w sprzedaży detalicznej i konsumpcji, a w trzeciej – zmniejszeniu wytwarzania produktów ubocznych i odpadów podczas uboju i przetworstwa. W użyciu produktów ubocznych i przetwarzaniu odpadów (gospodarka o obiegu zamkniętym) wykazano kolejne korzyści

netto dla środowiska w wysokości ok. 5% emisji gazów cieplarnianych w całym łańcuchu dostaw. Połączone efekty, oparte na założonych w strategiach łągających wysokich poziomach zmian, wykazały, że całkowita emisja może zostać zmniejszona o 43% w stosunku do obecnego poziomu (7).

Za podsumowanie tego artykułu niech posłużą słowa Jean-Louisa Peyraud’a, francuskiego naukowca z INRAE, z 2017 r.: *Świat bez hodowli zwierząt jest tylko utopią w krótkim, średnim i długim okresie. Najwyższy czas, abyśmy powrócili do bardziej realistycznego podejścia, które jest oparte na faktach.*

## Piśmiennictwo

1. Zabielski R., Zarzyńska J.: Wyzwania związane z produkcją „sztucznego mięsa”. *Życie Wet.* 2020, 95 (2), 74–80.
2. Willett W., Rockström J., Loken B., Springmann M., Lang T., Vermeulen S., Garnett T., Tilman D., DeClerck F., Wood A., Jonell M., Clark M., Gordon L.J., Fanzo J., Hawkes C., Zurayk R., Rivera J.A., De Vries W., Majele Sibanda L., Afshin A., Chaudhary A., Herrero M., Agustina R., Branca F., Lartey A., Fan S., Crona B., Fox E., Bignet V., Troell M., Lindahl T., Singh S., Cornell S.E., Srinath Reddy K., Narain S., Nishtar S., Murray C.J.L.: Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 2019, 393(10170), 447–492.
3. Humbird D.: Scale-Up Economics for Cultured Meat: Techno-Economic Analysis and Due Diligence, December 29, 2020, <https://doi.org/10.31224/osf.io/795su>
4. Tuomisto H.L., de Mattos M.J.T.: Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental Science & Technology* 2011, 45(14), 6117–6123.
5. Alexander P., Brown C., Arneith A., Dias C., Finnigan J., Moran D.: Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security* 2017, 15, 22e32.
6. Lynch J., Pierrehumbert R.: Climate impacts of cultured meat and beef cattle. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2019, 3:5. Doi: 10.3389/fsufs.2019.00005.
7. Xue L., Prass N., Gollnow S., Davis J., Scherhauer S., Östergren K., Cheng S., Liu G.: Efficiency and Carbon Footprint of the German Meat Supply Chain. *Environmental Science & Technology* 2019, 53(9), 5133–5142.