



**BIORAFINACE A BIOCIKULACE ZEMĚDĚLSKÝCH A
POTRAVINOVÝCH ODPADŮ A APLIKACE NETRADIČNÍCH
ZDROJŮ BIOAKTIVNÍCH LÁTEK JAKO DÍLČÍ, ALE NEZBYTNÝ
PŘÍSPĚVEK K ŘEŠENÍ USPOKOJOVÁNÍ BUDOUCÍCH
VÝŽIVOVÝCH POTŘEB GLOBÁLNĚ ROSTOUCÍ POPULACE**

František Kaštánek

Ústav chemických procesů, AV ČR, v.v.i.

Vývoj demografické světové situace,

připomínající donedávna exponenciálně vzestupnou křivku, živenou transferem z rozvojových zemí, a pocitující prozatím spíše jen kosmetické zásahy ji poněkud zplošťovat, nepochybně směřuje k osudovým rozhodnutím vědců, ekonomů a politiků celého světa jak dále nakládat s problémem udržet zdravotní kondici lidstva při stoupajícím věku průměrného dožití jednotlivců, jak rostoucí populaci zbavit hrozby civilizačních chorob a zvládat případné pandemie, jak přitom současně udržet životní prostředí za nového fenoménu klimatických změn, a jak vlastně to rostoucí kvantum lidstva uživit.



Pokud jde o související **problém konzumace dostatku potravin**, potažmo energie, nezbytných nutrientů a biogenních kovů a vody, jsme zřejmě na prahu největší revoluční změny od doby, kdy většina lidstva v pravěku opustila systém sběru, domestikovala vhodná zvířata a počala obdělávat půdu za účelem získávání hlavních výživových komponent, tedy proteinů, zejména živočišných, ale i rostlinných, a polysacharidů-např. škrobu a tuků.

Současné lidstvo musí mít zajištěno nejen dostatek potravin k nasycení a nedopustit hladomory, ale přijímané potraviny by v optimálním případě měly splňovat standardy, související s udržením zdravotní kondice, jak vyplývá z vědeckých poznání. Nebude snadné to za situace přelidnění vždy dodržet.

Požadavky na energii se pohybují v rozmezí:

- **1 500 až 2 000 kcal** (6 300 až 8 400 kJ) denně u dětí,
- 2 200 až 2 700 kcal (9 240 až 11 340 kJ) denně u mužů
- 1 800 až 2 200 kcal (7 560 až 9 240 kJ) denně u žen.

Odborníci na výživu doporučují, abychom jedli **vyváženou stravu obsahující:**

- 50–55 % celkové energie ze sacharidů, včetně cukrů,
- 30–35 % celkové energie z tuků, včetně nasycených mastných kyselin,
- 10–15 % celkové energie z bílkovin.

Například průměrně aktivní žena s denní energetickou potřebou přibližně 2000 kcal (8400 kJ) by měla konzumovat 250–275 g sacharidů, 65–75 g tuků a 50–75 g bílkovin.

V rozvinutých zemích se současný energetický přísun pohybuje kolem 3 500 kcal i výše, v chudých rozvojových i hluboko pod 1000 kcal.

Růst populace: Do roku 2100 je růst populace odhadován dosáhnout 10,9 miliard. Od roku 1950 se přírůstek do 2019 pohyboval v rozmezí 1% -2% ročně, s počtem obyvatel stoupajícím z 2,5 miliardy do současných kolem 7,8 miliard. Ačkoliv se od té doby počítá s postupnou dekcelerací růstu až k 0,1% ročně, je prognóza dosažení až k číslu 11 miliard obyvatel na Zemi hrozivá (podle zdroje *United Nations Departements of Economics and Social Affairs, Population Division, „ World Population Prospects 2019“*).



Soil erosion takes effect on Suffolk farmland in the UK.
Photograph: Alamy

Bude dostatek orné půdy? Základní potravinové komodity jsou hlavně obilí (pšenice), rýže, kukuřice, sója, maniok, a živočišné bílkoviny. Orná půda a pastviny, doposud nezbytné pro získávání těchto základních komodit, přestanou nepochybně během několika příštích dekád stačit, úbytek orné půdy lze objektivně sledovat již v současnosti. Lze racionálně předpokládat, že půda bude více využívána k jiným účelům, technologickým a hlavně občanským zástavbám, a bude nutné mít, skoro náhle, během mála dekád, disponibilní dostatečné potravinové zdroje. Na půdě, která bude k dispozici, bude nutné významně zvýšit výtěžky hospodářských plodin, konzumovatelných pro člověka. Ztráty orné půdy jsou způsobeny a) klimatickými změnami, za posledních 40 let zmizela 1/3 orné půdy erozí, b) zastavováním.

Zastavování území (soil sealing) je definováno jako zakrytí půdy nepropustnými materiály (beton, asfalt), čímž půda ztrácí své přirozené vlastnosti a není nadále schopna plnit své přírodní funkce. Rozšiřování měst je proces přirozený a neodvratný. Nekontrolovaný průběh však může do budoucna vést k výrazným ztrátám často nejkvalitnější zemědělské půdy se všemi negativními důsledky pro krajinu a člověka.

Stav v ČR: Principy ochrany zemědělské půdy před její zástavbou nastavuje primárně zákon o ochraně zemědělského půdního fondu (viz Zákon č. 334/1992 Sb.). Problematika spojená s legislativou týkající se tzv. stavebního zákona je evergreenem jednání v poslanecké sněmovně České republiky již řadu dekad.

Česko ztrácí 4 ha půdy týdně. Od roku 1966 se snížila výměra zemědělské půdy o 290 000 hektarů, což odpovídá velikosti tří okresů. Zakrytí povrchu půdy nepropustným materiálem způsobuje závažné škody na životním prostředí a je nejvýznamnější formou degradace půdy - likviduje produkční potenciál půdy, přispívá k poškození biodiverzity, zvyšuje nebezpečí povodní a nedostatku vláhy, přispívá i ke změně klimatu. Raketově tedy mizí půda, ročně 7 500 hektarů. V budoucnu může úbytek *orné půdy* ohrozit potravinovou soběstačnost státu. (https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/zemedelska-puda-snemovna-zabor.A160524_162725_domaci_fer).

Půda a její potenciál: Potenciálně zemědělsky využitelná půda má na Zemi rozlohu asi 3300 milionů hektarů, tj. asi 22 % plochy souše s půdním pokryvem, zbytek je pokryt ledovci nebo tvořen nevyužitelnými půdami, příliš svažitými, suchými, vlhkými apod. Vysoce úrodných půd je pouze asi 14 %. Na 1 obyvatele připadá 0,414 ha zemědělské půdy, z toho orné pouze 0,295 ha a její výměra se neustále snižuje. Čeští zemědělci k roku 2016 hospodařili na 4 264 tisíc hektarů zemědělské půdy, což představovalo 54 procent celkové rozlohy státu. Na jednoho obyvatele České republiky připadlo 0,42 hektaru zemědělské půdy, z toho 0,30 ha půdy orné, což odpovídá evropskému průměru. Třetinu půdního fondu tvoří lesy. Od roku 1995 ubývá zemědělské půdy, k roku 2016 asi 15 tisíc hektarů, oproti tomu výměra lesů vzrostla o 16 tisíc hektarů. Podobně klesá výměra orné půdy na úkor trvalých travních porostů, tedy lučin a pastvin. Těch v uvedeném období přibývalo 71 tisíc hektarů.



Globální dostupnost potravin. Stav celosvětového dostatku potravin v posledních dekadách byl odlišný v rozvojových a rozvinutých zemích a co z toho vyplývá ?

Globálně bylo do roku 1990 produkováno dostatek potravin, který byl přičítán vývoji vylepšených odrůd základních plodin odolných vůči chorobám; zvýšenému používání chemických hnojiv a pesticidů; a rozšiřování zavlažované orné půdy, aby se teoreticky nasýtil každý, ale tyto potraviny a technologie jejich výroby nebyly vždy každému dostupné (zejména v Africe a Latinské Americe, méně v Asii, díky novým odrůdám rýže a používání obrovského množství zemědělských chemikálií). Asi jedna miliarda obyvatelstva se nedostala k dostatku potravin, 400 milionů chronicky trpí silnou podvýživou. Každým rokem 11 milionů dětí pod 5 let věku umíralo hladem nebo na následek chorob souvisejících s nedostatkem potravin (*Lean, Hinrichsen and Markham, 1990, Repetto et al, 1989, Repetto et al, 1990, UNFPA, 1990*). Ukázalo to na:

- ❖ nutnost zvýšení výnosů půdy
- ❖ vytvoření národních populačních programů a plánování rodiny
- ❖ integrace tradičních a nově vznikajících technologií a osvěta pro zemědělce, poskytování úvěrů, osiva, hnojiv, zmírnění zátěže venkovských chudých
- ❖ sledováním strategie udržitelného rozvoje (zabránění degradaci půdy a odlesňování, hospodaření s vodou)

Současnost globální dostupnosti potravin vychází z 2 hypotéz:

a) na světě je dostatek potravin, ale ne všem dostupný

b) pro stoupající populaci nebude dostatek potravin, a je třeba se s tím vypořádat

United Nations Food and Agricultural Organization uvádí, že produkce potravin a krmiv bude nutné zvýšit o 70% do roku 2050, aby se uspokojila potřeba rostoucího počtu populace. FAO očekává, že počet podvyživených lidí do roku 2050 poklesne, ale velký počet lidí bude stále trpět hladem. **K tomu dojde, i když je na světě podle FAO dostatek potravin.** Ačkoli existují významné výjimky, mnoho hladových situací není podle FAO způsobeno skutečným nedostatkem jídla. Hlad je spíše způsoben finanční neschopností velké skupiny obyvatel nakupovat jídlo. Asi 20 procent světové populace žije z méně než 1,25 USD za den. Tento problém je tedy spíše známkou špatného celosvětového rozdělení příjmů než celosvětovým nedostatkem potravin.

Jak se vypořádat s globální dostupností potravin?

Existují 3 názory na řešení, jak se vypořádat s globální potravinovou dostupností (které se vzájemně doplňují):

- ❑ **Technologické řešení**, tj. významné zvýšení produkce potravin, která bude výhledově nedostatečná, případně i na zmenšující se rozloze orné půdy, což vyžaduje i vypořádat se s faktickými překážkami, jako předpovědi, že do roku 2030 nemusí být uspokojeno 40% poptávky po vodě, a že 20% orné půdy je již ve zhoršeném stavu. Sucha, povodně, bouře a vlny veder jsou předzvěstí období klimatických katastrof. *Teoreticky je toto řešení možné...*
- ❑ **Geopolitické řešení**, tj. prosazovat např. celosvětové financování zemědělského výzkumu a rozšiřovacích programů spolu s veřejnými i soukromými investicemi do zemědělské výroby a infrastruktury (abychom zvýšili produktivitu a vyplnili mezery ve výnosech), minimalizovat narušení mezinárodního obchodu, omezit plýtvání potravinami, zlepšit vzdělávání na venkově a vytváření pracovních míst v rozvojových zemích a najít způsoby, jak uspokojit potravinové potřeby chronicky podvyživené populace, *Hofstrand, 2014*). *Otázka je, zda to je reálné....*

□ **Změna potravinových návyků.** Vychází z teze, že současná produkce plodin je dostatečná, aby zajistila dostatek potravy pro předpokládanou globální populaci 9,7 miliard v roce 2050, i když existují velmi významné nerovnosti v socioekonomických podmínkách v mnoha zemích (v zajištění přístupu k celosvětovým zásobám potravin) a bylo by zapotřebí radikálních stravovacích změn (veganství, nahrazení většiny masa a mléčných výrobků rostlinnými alternativami (spotřeba masa v rozvinutých zemích je zbytečně vysoká, 80 kg/rok, 20% mladých do 24 let se prohlašuje za vegany). Přesunout konzumaci pěstovaných hospodářských rostlin od zvířat k lidem (přes 34% kalorií z rostlin spotřebují zvířata, i když hrají významnou výživovou roli), jejich konzumace zvířaty snižuje přísun kalorií a bílkovin lidem.. Pokud bude společnost pokračovat ve stravovací trajektorii „jako obvykle“, bude do roku 2050 zapotřebí nárůst pěstovaných jedlých plodin o 119%. Omezit výrobu biopaliv, asi 16% rostlinných potravinových zdrojů jde na biopaliva (viz *Berners-Lee et al, 2018*). Řešení socio-ekonomických podmínek při současném růstu populace bude asi velmi obtížné, redukce spotřeby masa je možná a jistě již probíhá, ale **vyžaduje vědecky vedenou osvětu...a lidskou solidaritu**

Závěr pro udržitelnost stabilního globálního systému potravinové dostupnosti pro zdravý život

- a) Dosáhnout dostatečnou tradiční (tj. zemědělské) produkce potravin na půdě, v kvantitě i kvalitě bez nepříznivých environmentálních dopadů**
- b) Distribuce potravin musí dostatečně účinná pro všechny, opět bez nepříznivých dopadů na životní prostředí**
- c) Socio-ekonomické podmínky pro příjem dostatku a zdravých potravin musí být dostatečně rovnocenné**
- d) Konzumenti potravin musí být poučeni, aby konzumovali zdravou a environmentálně udržitelnou skladbu potravin. Zvýšení výtěžků zejména zeleniny a ovoce a zdrojů vitaminů a nutných nutrientů při redukci odpadů (nedostatek Fe, vitamínu A a jodu je ve světě nejobvyklejší příčina redukce životní energie a mentální kapacity populace)**
- e) Změna potravinových návyků bude nutná, zřejmě i religiálních, snížení konzumace masa, zvýšení konzumace rostlinných plodin**

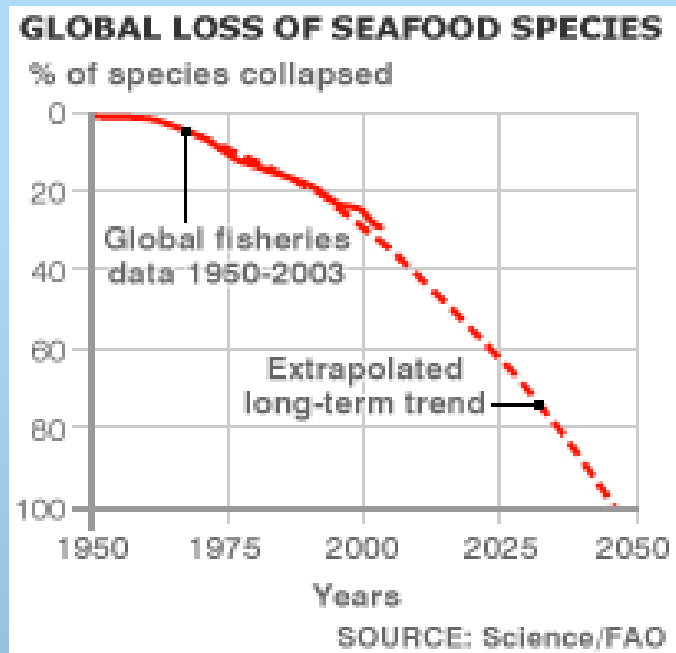
Bude již v blízkém budoucnu možné nahradit klasickou rostlinnou a živočišnou produkcí syntetickou produkcí proteinů a škrobu?

Je to relevantní otázka, jestliže půda nebude stačit dodat potřebné množství základních potravin, jak prognózují někteří odborníci.

Rozhodující bude mít **vyřešené procesy produkce syntetických proteinů a škrobu v měřítku, který by v optimální míře substituoval naturální produkci.** V jakém rozsahu a do kdy závisí na vědeckém pokroku a stavu socio-ekonomických a politických podmínek ve světě. Bude to vyžadovat značné finanční vstupy státních, ale zřejmě i soukromých investorů. Až doposud, tyto procesy jsou intenzivně vědecky studovány a ověřovány, ale prozatím v laboratořích. Zřejmě zcela nezbytné bude jejich scale-up vyřešit v nastávajících dvou dekádách, což je reálně krátká doba, ale je to nezbytné, nepodaří-li se regulovat populaci a hlavně vyšlechtit, resp. užitím GMO, vysoce produktivní odrůdy hospodářských plodin, což bude rozhodující fenomén pro nasycení lidstva.

Bude přitom s velkou pravděpodobností docházet v této době i ke změnám, které se začaly dít již v nedávné minulosti, zejména ke globálnímu útlumu chovu hovězího dobytka (i z environmentálních důvodů), zejména v hospodářsky rozvinutých zemích, a nesmí chybět proteinová náhrada.

Dostupnost živočišných proteinů, zejména hovězího původu a rybích
očividně, na rozdíl od názorů o jejich dostatku, nejspíše klesá. Např. v USA poklesl podle USDA's National Agricultural Statistics Service's v posledních dvou letech stav krav z 9.406 milionů kusů v roce 2016 na 9.336 kusů v roce 2017, mezi lety 1970-2006 pokles počet farem chovající krávy o 88%, velmi podobně tomu je i v Evropě, od roku 1983 do 2013 byl podle European Parliamentary Research Service obdobně pokles počtu farem o 81%. Souvisí s tím i problém klimatických změn.



I přes aplikace metod extenzivního rybolovu, dochází ke snížení množství vylovených ryb, tento trend pokračuje, a přispívá to ke globálnímu vyčerpávání paralelních proteinových zásob, vzhledem ke stoupající teplotě moří dochází k úbytku rybí populace.

Pokud jde o dostatek škrobu, úspěchy genetického inženýrství sice teoreticky umožňují zvýšenou produkci pšenice, rýže a sóji, jako rozhodujících výživových komodit minulého i budoucího lidstva, přinese i nové plodiny, zmíněný boj o ornou půdu však může tento benefit brzdit. Stejně jako v případě proteinů, to může, nebo spíše bude možná muset řešit syntéza polysacharidů na bázi amylózy a amylopektinu. **Velká očekávání se tedy vkládají do syntetické biologie.** Jsou činěny pokusy složitými enzymatickými cestami přeměnit postupně celulózu, které je spíše dostatek (viz růst dřevin) až na škrob, který by šel využít k syntéze potravinářsky využitelné mouky, viz např. *Chun You, 2013*, jsou zatím ojedinělé, ale tímto směrem se jistě bádá.

Nicméně, naše analýzy současných publikovaných sdělení zabývajících se alternativami přírodních potravin ukazují, že základní potraviny zůstanou ještě několik příštích dekád s velkou pravděpodobností naprosto rozhodujícími komoditami zásobování lidstva obilím a rýží.

Syntéza umělých proteinů.

Lze letmo zmínit, bez nároků na vyčerpávající rešerši těchto problémů, pokroky v teorii a laboratorní syntézy proteinů, studované již v druhých dekádách minulého století a pokračujících do současnosti (*Jacob a Monod, 1961, Dawson et al, 1994, Bradley et al, 2005, Lou et al, 2016, Texty, 2018, Hartrampf et al, 2020* atd.), s možnou aplikací jako např. enzymů, syntézy jsou však obtížné a chybí praktické ukázky produkce proteinů, které by mohly substituovat živočišnou produkci.

Umělé proteiny se mohou např. syntetizovat z nejmenších přírodních stavebních bloků, přičemž se kombinují organonukleotidy (malé DNA molekuly s peptidy (malými proteiny), *Lou et al, 2016*). Umělá syntéza proteinů musí simulovat všechny cesty biologické přirozené syntézy v organizmech živočichů a rostlin, což je vědecky i experimentálně vysoce obtížný problém.

Zdá se velmi pravděpodobně, že chemická syntéza proteinů využitelná průmyslově je zatím velmi vzdálená.

Určité možnosti zajišťování živočišných proteinů však ***může prozatím přinášet orientace na tzv. umělé (cultured meat) maso.*** Využívá se k tomu znalosti kultivace živočišných zejména svalových buněk v živném mediu, proces, někdy řazený do tzv. celulárního zemědělství.

Budoucí redukce chovů skotu jako doposud přirozených zdrojů živočišných proteinů, může mít kromě parciálního řešení etických problémů, spojených s odporem části veřejnosti k zabíjení zvířat, i environmentální výhody ve snížení produkce skleníkových plynů. Zejména tedy poptávka po živočišných bílkovinách, ve formě masa, může být stoupající, a to i přes pokračující rozmach chovu drůbeže, který v provedení enormních objemů není závislý na dostatku půdy. Opět se setkáváme s disproporcí názorů na trendy v konzumaci masa v budoucnu (veganství vs. jejich zvýšená konzumace, zejména např. i v tradičně veganské Indii).

„Umělé maso“.

Proces startuje odebráním tzv. satelitních, zralých kmenových buněk, ze svalu živého zvířete, které mají tu vlastnost, že se mohou v určitém čase ve specifickém prostředí konvertovat na svalové buňky, obdobné reálným buňkám ve svalech, a dále růst v podobě svalových vláken a utvářet tak hmotu, obdobnou reálné svalovině. Taková vlákna se adherují na různé typy 3D nosičů, které je mechanicky podpírají, přičemž mohou být konstruovány i tak, že přivádějí k vláknům vhodné živiny. Živné sérum je založeno na sacharidech, aminokyselinách a zvířecí krvi, případně i na krevní syntetické alternativě, s ohledem na perspektivní veganské využití takového výrobku. Cílem je získat výrobek, který by měl mít v optimálním řešení vlastnosti přírodního svalu, včetně svalových vláken, krevních buněk, extracelulární matrice (necelulární část tkáně, která obklopuje buňky a je klíčovou složkou všech tkání) a dokonce optimálně i přítomnost tuku (Ben-Arye a Levenberg, 2019). Je zřejmě nutné pro zrychlení růstu dodávat kmenovým buňkám různé růstové a anabolické hormony, což může být v rozporu s některými zákazy, viz např. DIRECTIVE 2003/74/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 22 September 2003 amending Council Directive 96/22/EC, která takové přídavky zakazuje. Je třeba si uvědomit, že se v podstatě pohybujeme v oblasti blízké regenerativní medicíně, se všemi technickými složitostmi této disciplíny.

Je zde velká příležitost pro nová chemicko-inženýrská a bio-inženýrská řešení bioreaktorů, ve spolupráci s tkáňovými inženýry, protože i odběr kmenových buněk ze svalů dobytka je velmi složitý (*Ding et al, 2018*).

Výroba umělého masa je myšlena vážně.

Úvahy o reálné možnosti přípravy syntetického masa jsou populární zejména v USA a dokumentovány např. v podobě fotografií z něj údajně vyrobených hamburgerů. V současnosti je takové umělé maso syntetizováno *in vitro* v mnoha laboratořích i start-upech, s cílem jeho postupného masovějšího uvádění na trh. Ve Spojených státech si tato situace již předběžně vynutila určité regulace od US Food and Drug Administration, 2018, Statement from FDA Commissioner Scott Gottlieb, M.D. and FDA Deputy Commissioner Anna Abram on emerging food innovation, “cultured” food products, která otvírá cestu k obchodování s takovými produkty. Předpokládá to zvládnout kultivaci v sofistikovaných bioreaktorech za aplikace znalostí experimentálních principů, obvyklých pro tkáňové inženýrství. Principy techniky tvorby svalových buněk z kmenových buněk jsou známé již dlouho, ale doposud nebyla zvládnuta technologie umožňující komerční produkci syntetických masných výrobků. Technologie je ze shora uvedených důvodů stále v počátečním vývojovém stavu. Navíc, operace s kmenovými buňkami je nákladná (cena bude pravděpodobně největší překážka pro komerční zavedení tohoto výrobku), a i při zvládnutí technologie takového produktu ve velkých měřítcích bude třeba vyřešit i jeho chuťové a vzhledové vlastnosti požadované spotřebiteli, překonat etické předsudky veřejnosti k umělým potravinám, upevnit důvěru v bezpečné požití umělého masa (Kadim et al, 2015). V neposlední řadě poskytnout i proteinovou bázi pro různé etnické a náboženské komunity s jejich specifickými potravinovými pravidly, mj. odmítat maso živých zvířat.

Umělé mléko.

Podobně lze předpokládat i velký rozvoj syntetického mléka, např. na bázi mixu vody a základních aditiv, tj. rostlinných tuků a proteinů (zejména kaseinu), generovaných geneticky modifikovanými mikroorganismy, např. kvasinkami s vloženými příslušnými geny, odebranými z kravské DNA, dále minerálů a sacharidů, včetně syntetické laktózy

Budeme jíst cvrčky?

Stále jsou uvažovány cesty získávání proteinů z chovaného k tomu účelu různého hmyzu (např. cvrčků), nebo červů, tyto alternativy ale ne vždy uspokojují spotřebitele, zejména z důvodu předsudků a konzervativních návyků, zejména v západních zemích (v Asii je konzumace hmyzu již běžná) a i proto, že sestavit vhodnou chuť a texturu z „masa hmyzu“ není běžné. Spíše než hmyz v originální podobě, bude pro většinu konzumentů naší potravinové tradice využití této komodity ve formě prášku a přísady do klasické mouky. Podle mnohých odborníků je to totiž potravinou budoucnosti a zelenou jí dávají rovněž Evropská unie či Organizace pro výživu a zemědělství OSN. Některé restaurace i u nás s touto pro nás exotickou potravinou již počítají zařadit do jídelníčků. Zdroj:

https://www.idnes.cz/hobby/domov/hmyz-alternativa-masa.A180316_105120_hobby-domov_bma



Převzato z Cricket Eating: How, Why & Other Facts to Know. By Chef Perry on Oct 08, 2019

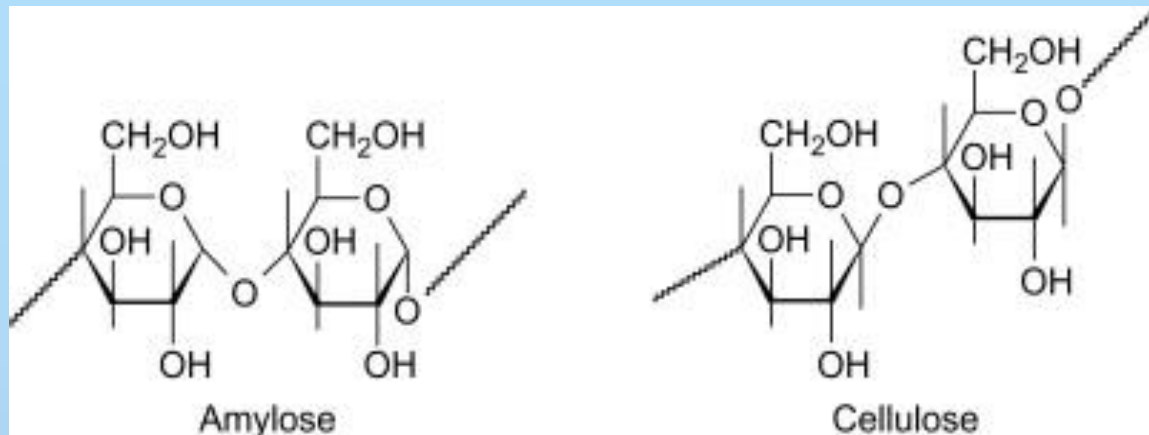
Mouka ze dřeva?

Obdobě je tomu i u možné syntézy škrobu, kdy se nabízí i cesta např. z nepotravinových rostlin, jako různých trav, nebo dokonce z lignocelulózových materiálů („mouka ze dřeva“), laboratorně již nedávno dokumentovanou enzymatickou konverzi biomasy na škrob novou syntetickou drahou užitím endoglukanáz, celohydrolyáz, celobioz-fosforyláz a alfa-glukanfosforyláz, extrahovaných z bakteriálních, fungálních a rostlinných zdrojů (*You et al, 2013*). Syntéza umělého škrobu je však prozatím málo probádaná a je obtížná i v laboratorním měřítku.

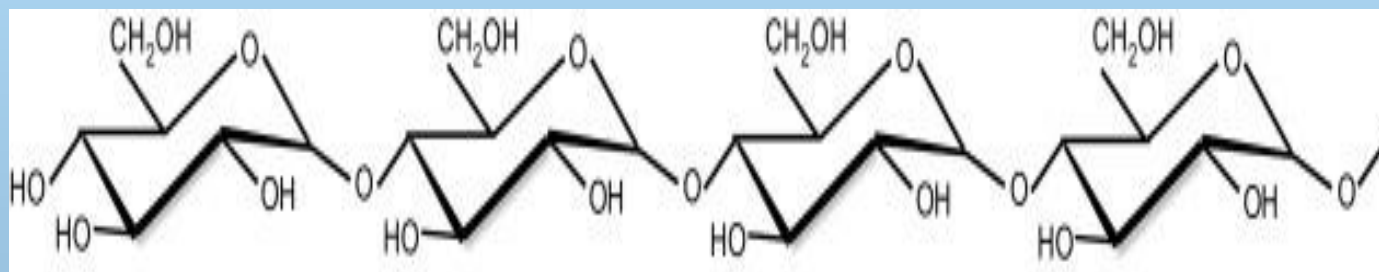
Experimenty a výzkum v syntetické biologii jistě pokračují v předních světových biologických laboratořích, ale jejich praktické zhodnocení, ač nezbytné, je zatím nedohlednutelné.

Škrob je složen z amylyázy a amylopektinu. Jaký je rozdíl mezi celulózou a amylozou?

Celulóza a amyloza (škrob má cca 30% amylyázy)

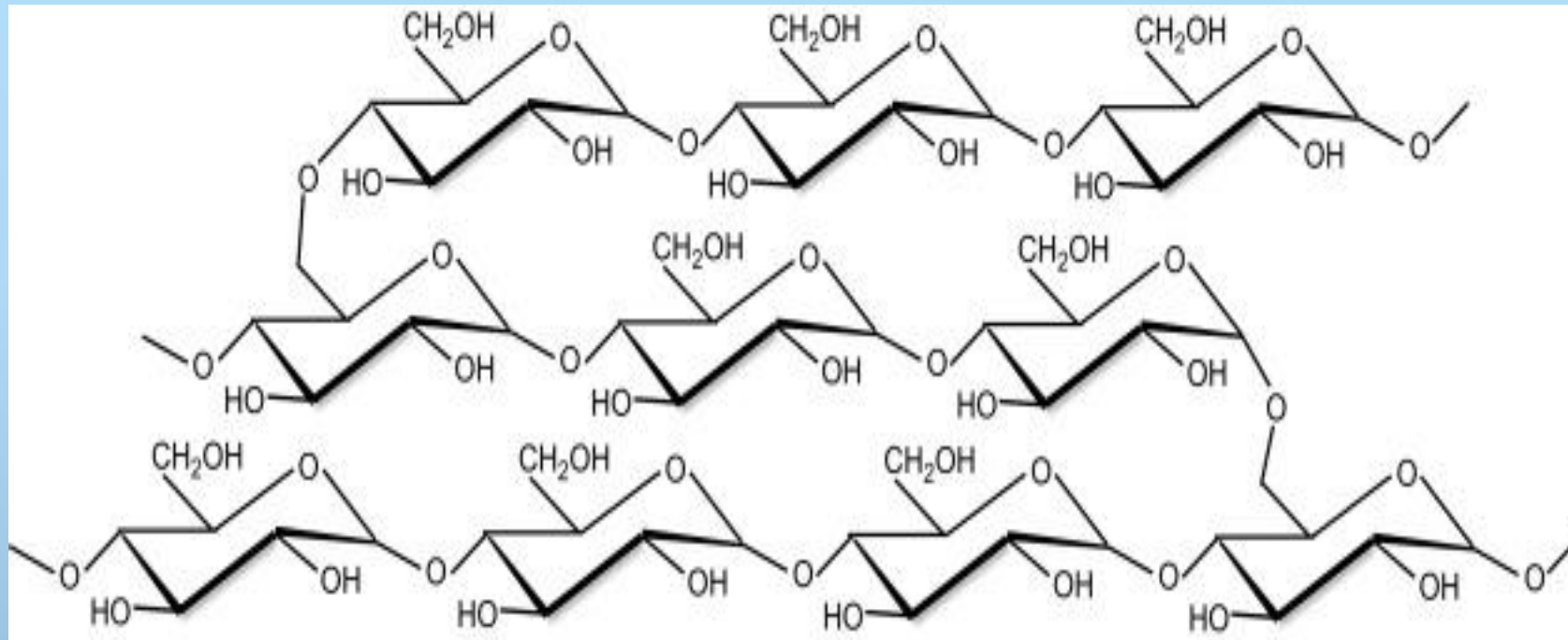


Rozdíl mezi amylozou a celulózou je ve způsobu, kterým jsou vázané glukóзовé jednotky (amyloza má alfa-vazbu, celulóza beta-vazbu). Tato difference způsobuje, že amyloza je rozpustná ve vodě, celulóza je nerozpustná



Amylopectin

(škrob obsahuje cca 70% amylopectinu)



Co zatím dělat v přechodné době pro zajištění (zdravé) výživy populace, zejména populace v rozvojových zemích (je ale využitelné pro rozvinuté)?

Ceny základních cereálií (obilí, kukuřice, rýže) jsou zatím pro chudou populaci vysoké a budou bezesporu příčinou nepokojů a sociální nerovnosti. Principem národní zemědělské politiky v takových vybraných zemích Afriky, Asie a Latinské musí být soběstačnost v produkci základních cereálií. Poskytují 45% kalorií a 42% celkových proteinů. Musí se zlepšit jejich „biofortifikace“, tj. zvýšit v nich obsah nutrientů a vitaminů. Je nezbytné vyšlechtit nové odrůdy cereálií odolné klimatickým změnám (zvyšující se teplotě, úbytku vody), což je v současné době, kdy jsou známé i genetická složení různých odrůd cereálií, nebo se intenzivně studují, zejména propracovanými metodami genetických modifikací, možné. Současně je nutné zvýšení dostupnosti osvěty farmářům pro optimální pěstování nových odrůd a přesvědčit je pro „nutriční transformaci“. Podstatné však bude vyřešit způsob, jak se tyto komodity dostanou k nejvíce postižené chudé populaci. Je třeba též vyřešit racionální přístup odpíračů GMO. Opět se tak dostáváme ke zmíněným problémům spojeným se socio-ekonomickými řešení obecné dostupnosti základních potravin.

Mikrořasy, jako funkční potraviny, potravinové doplňky, zdroj nutrientů a probiotik

Jsou považovány jako nejpřiznivější zdroj potravinových ingrediencí, zejména pokud jde o obsah omega-3-polynenasycených mastných kyselin PUFA, jejich produkce nevyžaduje ornou půdu a sekvestrují vzdušný dioxid uhličitý, obsahují proteiny a minerály a vlákninu, polysacharidy a antioxidanty (zejména karotenoidy). Jsou považovány za potravinu budoucnosti, zejména po jednoduché úpravě rozbití buněčné stěny (obsahují polysacharidy typu celulózy, s vlákny xylanu a mananu, carrageenan, agar). Jsou to eukaryoty, obsahují jádro, chloroplasty, mitochondrie, golgiho aparát, endoplasmické retikulum. Obsah proteinů 15-26% (v sušině), karbohydráty 11%-17%, lipidy 8%-18% (některé druhy až 40%), chlorofyl do 1,5%, z aminokyselin nejvíce bývá zastoupen arginin od 4% výše, z celkových aminokyselin, v polysacharidech je převážně glukóza, Brown a Jeffrey, 1992. Jsou excelentním zdrojem vitaminů A,B1,B2,B6,B12,C,E a minerálů K, Mg, Fe, Ca, J.

Zatím si našly cestu na trh kmeny *Spirulina* a *Chlorella*, které jsou schválené k humánní konzumaci, které mají relativně malý obsah PUFA, ale očekává se schválení dalších kmenů, s vysokým obsahem těchto kyselin (Kay a Barton, 2009, Vanthoor-Koopmans et al, 2013, Vigani et al, 2015, Niccolai et al, 2019, Torres-Tiji, et al, 2020). Prozatím je trh s touto komoditou ve srovnání s cereáliemi malý, ale zaznamenává v současné době impresivní a jedinečný růst. Jakmile se stabilizuje názor na mikrořasy jako nové platformy v potravinách a krmivech, je velká příležitost zvětšit dodávku této esenciální potraviny pro uspokojování globální potravinové poptávky v environmentálně udržitelném pojetí.

Jak můžeme v této chvíli rychle a racionálně přispět k řešení paradigma blízkého nedostatku potravinových zdrojů?

Myslíme tím urychlené využití současných znalostí biologie, potravinářství, zemědělství, a biochemického inženýrství. Shora naznačené syntézy a jejich vyřešení do stadia možnosti scale-up jsou nutným předpokladem pro rozvoj lidstva v relativně blízkém budoucnu, ale nabízí se zatím v tomto relativně krátkém čase, který máme k dispozici, využít alespoň rychle a účinně obrovský potenciál potravinového **zhodnocení současných dostupných zásob odpadní biomasy, a to jak rostlinné, tak živočišné**. Zemědělství a obecně agro-a potravinářský průmysl, ale i občanská společnost, produkuje v současnosti obrovská kvanta odpadní surové biomasy a nevyužitých a odpadních potravin, které se začínají sofistikovaněji zhodnocovat až v poslední době, a mohou být tím potravinovým zdrojem, který může prozatím účinně přispět k zajišťování potravinové bezpečnosti pro stoupající množství lidstva na Zemi. Jen odpadní biomasy je v globálním měřítku produkováno ročně 140,000,000,000 tun (140 Gt, viz např. *Tripathi et al, 2019*). Nejrychlejší postup, simultánně s vývojem nových odolných a vysoce produktivních odrůd plodin, je využití tzv. procesu biorafinace biomasy, zejména odpadní, a to jak rostlinné, tak živočišné. Nepřinese to nové komodity, ale výsledky biorafinace biomasy umožní **a) získat produkty s obsahem esenciálních látek pro potravinové využití**, zejména jako hodnotných doplňků stravy, což přispěje ke zvýšení zdravotní kondice obyvatelstva, a zejména pak **b) nalézt nové ekologicky příznivé bioaktivní stimulanty růstu hospodářských plodin**, které umožní významně zvýšit výnosy současně pěstovaných plodin až o jednotky %, což přispěje rychle ke zvýšení jejich obecné dostupnosti, a **c) umožní nalézt nové na přírodní bázi založené herbicidy a pesticidy**, jejichž užití je nezbytné pro udržitelnost potravinové bezpečnosti a udržitelné zemědělství.

Biorafinační programy ÚCHP AV ČR, v.v.i

Jde o procesy biorafinace a cirkulární biorafinace, jak jsme již před léty zahájili v programech **Bioraf a Biocirtech, v rámci Centra kompetence, resp. NCK, podporované TAČR** (knížečka *Kaštánek F.: Biorafinace*, vydaná v nakladatelství AV ČR a kniha *Biorafination in 20th century*, Šolcová et al, Ed, 2019, vydaná ÚCHP AV ČR). Na těchto programech se podílí řada významných vědeckých českých institucí AV a Vysokých škol, a zejména řady průmyslových partnerů. Problematika vyústila nejen do řady originálních publikací a patentů, ale zejména nových výrobků, které jsou i komerčně dostupné. Využívají k tomu mikroorganismy jak mikroby, tak mikrořasy i chemicko-inženýrské principy separace bioaktivních látek. Zejména odpady z chovu drůbeže, které celosvětově představují až stovky milionů tun, jsou zhodnocovány jako biostimulanty- fertilizanty, významně zvyšující produkci vybraných hospodářských rostlin, mající však i antibiotické vlastnosti, zejména potenciálně využitelné k imunostimulaci, tolik potřebné v současném světě pandemického ohrožení.

Náš přínos v oblasti biorafinace je originální a předběhl i řadu současných úsilí tento proces akcentovat, viz např. kolektivní studii pracovníků významných světových výzkumných středisek (*Alibardi et al, 2020*)

Produkty potravinářsky využitelné a získané na principu biorafinerie odpadní biomasy a/nebo netradičně užívaných plodin –projekt BIORAF

Uvažujeme zde produkty, které lze přímo konzumovat jako potravinu nebo doplněk stravy, ale i produkty, které významně ovlivní produkci a výtěžky hospodářských plodin jako biostimulanty jejich růstu.

Produkty na bázi inulinu z topinamburů.

V současné době se začíná její pěstování ve světě obnovovat vzhledem k obsahu dietně příznivého [polysacharidu inulinu](#). Kromě toho hlízy obsahují též [vitamíny A, B1, B2, C a D](#).^[4] Výnos z 1 m² je 4–7 kg hlíz. Rostlina je nenáročná na podmínky prostředí, snáší vlhké i suché polohy, hlízy nejsou poškozovány ani silnými mrazy, je proto vhodná k pěstování i v podhorských a horských oblastech. Topinambury jsou velmi vhodné pro diabetiky, protože neobsahují škrob, kterého je mnoho v bramborách, ale diabeticky vhodný [inulín](#), dále železo, křemík, draslík a uvedené vitaminy. Rychle vytvářejí pocit sytosti a jsou výhodné pro redukci tělesné hmotnosti

Výsledek: Byla vypracovaná technologie přípravy sirupu (80% sušiny) a topinamburové mouky.

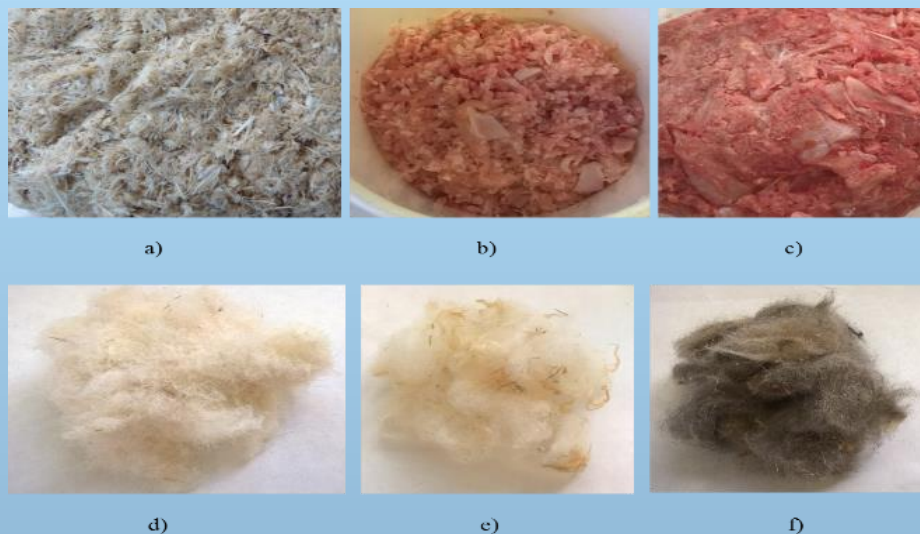


Zpracování **peří a chrupavek drůbeže, ovčí vlny, srsti králíků, jako zdroje aminokyselin, proteinů a mastných kyselin**, vhodných jako účinný stimulátor růstu hospodářských plodin (i jako doplněk stravy s významnými antibakteriálními vlastnostmi, resp. jako nutraceutikum pro kloubní výživu a regeneraci organismu)

Výsledek: vyřešení enzymatické a chemické hydrolýzy (originální „zelená“ technologie aplikací kyseliny jablečné)

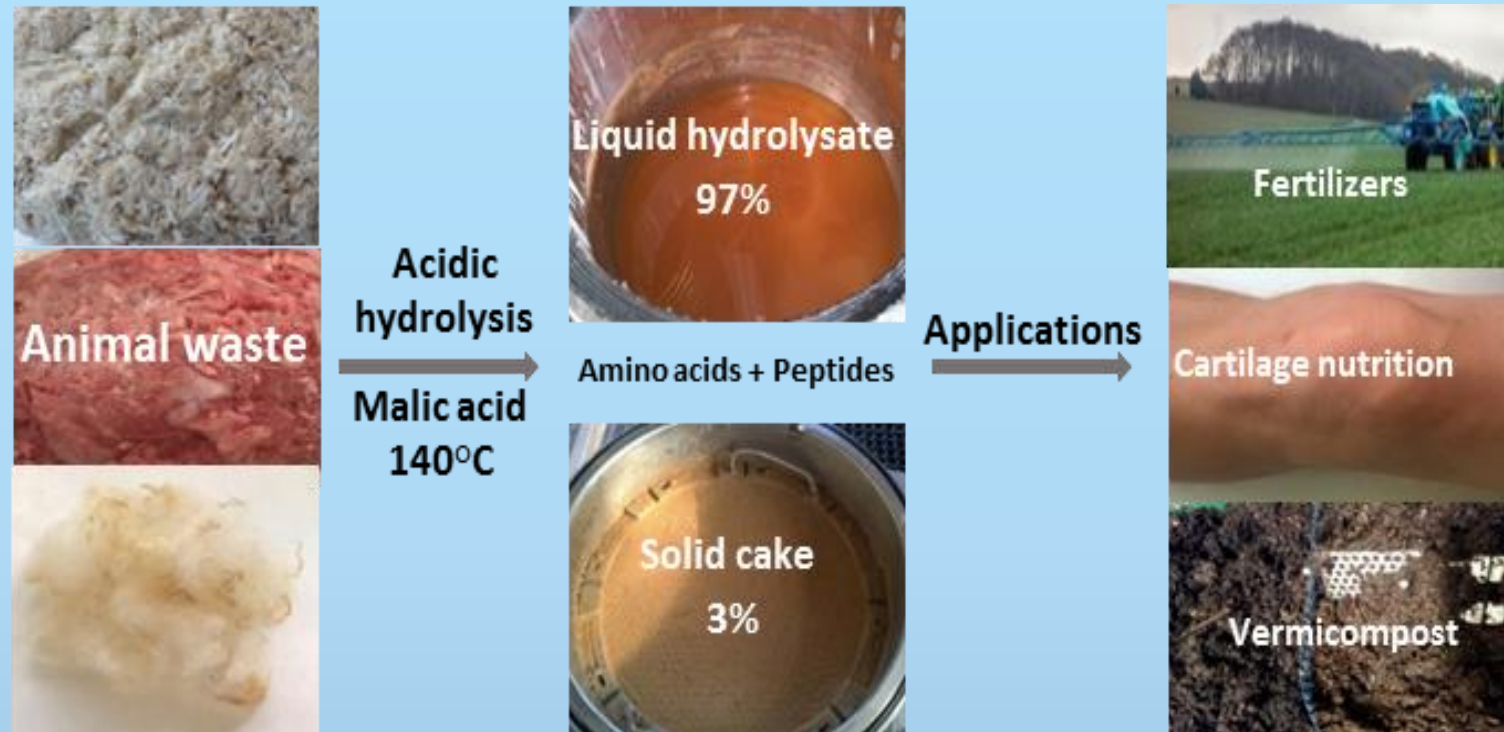
Surovina	Aminokyseliny, mg/l	Peptidy, mg/l	Sušina, %
Peří kuřat	2108	22 682	3,0
Chrupavky kuřat	551	61 791	2,7

Obsahují aminokyseliny s postranním alifatickým řetězcem, s karboxylovými skupinami, s aromatickým jádrem, zejména glycin (5%), prolin (4%), serin (4,9%), esenciální valin (až 8,6% u chupavek), alanin (5,1%), a zejména kyselinu asparagovou (63,6%).



a) peří kuřecí zmrzlé, b) chrupavky, c) rozemletý zbytek po separaci masa kuřat, d) husí peří, e) ovčí vlna, f) králičí srst

Využití odpadní biomasy domácích zvířat jako biostimulátoru



U pšenice byla odezva na hydrolyzáty výrazná, kde byl naměřen signifikantní pozitivní vliv hydrolyzátu z peří na výnos, přičemž z podrobnějších výsledků je zjevné, že za to odpovídala aplikace v pozdější růstové fázi. . Při aplikaci v pozdní růstové fázi zvýšil hydrolyzát z peří výnos pšenice o 2,1% na dvou sledovaných pokusných lokalitách. Byla též podána patentová přihláška na ochranu repelentního účinku zbytkového materiálu po hydrolýze peří proti okusu dřevin zvěří.

Scale-up enzymatic hydrolysis



V 50L hydrolyzním zařízení z 25 kg odpadní kuřecí biomasy byl připraven čirý kapalný hydrolyzát a následně sušen na sprejové sušárně na produkt s pracovním označením HyaTide, tvořeným komplexem peptidů, aminokyselin, kyseliny hyaluronové a chondroitin sulfátu. Tento produkt byl poté využit na přípravu 3 druhů doplňků stravy ve formě tablet. Z provedených hmotnostních bilancí plyne, že z 1 tuny vstupního materiálu je možné získat po sprejovém sušení filtrátu 48 kg práškového hydrolyzátu, obsahujícího cca 8% chondroitin sulfátu, 12% kyseliny hyaluronové a zbytku tvořeného peptidy a aminokyselinami. Při plánovaném obsahu hydrolyzátu v tabletě 0,5 g by toto množství umožnilo vyrobit 96.000 tablet, resp. cca 1070 balení á 90 tablet, představující předpokládanou měsíční dávku na pacienta

Vývoj procesu hydrolýzy lignocelulóзовých materiálů

Jako modelový lignocelulosový materiál byla vybrána pšeničná sláma, nejhojnější vedlejší produkt rostlinné výroby v ČR. Ekonomicky i ekologicky nejvhodnějším řešením se potom jevila kombinace alkalické hydrolýzy za mírných podmínek (80 °C, 6-12 h, 0,6 % KOH), následná úprava pH kyselinou fosforečnou na hodnotu 5,5 a enzymová hydrolýza preparátem CellicCT2 (12 h, 50 °C). Výsledný hydrolyzát je v současnosti studován jako vstupní surovina pro a) perspektivní zpracování na polysacharidy, typu amylózy a amylopektinu jako umělého škrobu, spíše v současnosti jako předmět základního výzkumu, b) jako surovina pro živné medium pro kultivace řady mikroorganismů, např. laktobacilů pro výrobu kyseliny mléčné, nebo různých bakterií a kvasinek, využitelných z hlediska potravinářství např. pro přípravu hydrolyzátů s vysokým obsahem bioaktivních látek jako aminokyselin a peptidů pro doplňky stravy nebo nepřímo pro biostimulanty růstu hospodářských rostlin.

„Zelené“ bioherbicidy

Zvýšení produkce zemědělských potravinářských plodin v podmínkách rostoucí populace a úbytku orné půdy se neobejde bez aplikace herbicidů. Udržitelný rozvoj zemědělství však vyžaduje zbavovat se rychle aplikace chemických pesticidů a herbicidů, pro které však není prozatím adekvátní náhrada. Jednou z účinných možností byla v rámci projektu příprava bioherbicidů na bázi nanoemulze rostlinných esenciálních olejů extrahovaných z různých rostlin, zejména *Cinnamomum* (skořice), *Syzygium* (hřebíček), *tymiánu*, *Satureja*, apod., *Twarkowski, 2002*. Problém, který se vyřešil v rámci projektu, je příprava nanoemulze vysokotlakým způsobem tlačení směsi oleje (anýz, tymián, hřebíček), vody a přírodního emulgátoru (např. lecitinu) přes nano-perforované síto. Součástí výzkumu je studium přírodních emulgátorů. Tyto přírodní herbicidy se v současnosti experimentálně aplikují na řadu hospodářských rostlin.

Ověřená technologie výroby krmné řasové biomasy

pěstovaná na odpadním glycerolu bohatá na DHA a proteiny- krmivářský doplněk na bázi řas Schyzochytrium sp. a Japonochytrium sp..

V současnosti je ve velkoobjemovém internetovém prodeji nabízen olej ze Schyzochytrium sp. s obsahem 50% DHA.



Hnojení plantáží (zejména rychle rostoucích dřevin) popelem z biomasy a čistírenských kalů

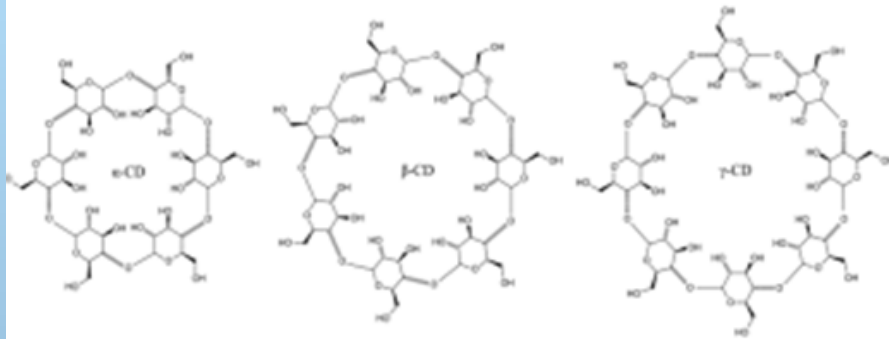


Enkapsulace biologicky účinných látek

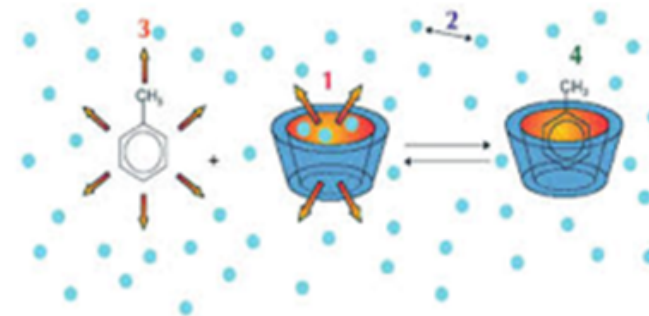
ENKAPSULACE BIOLOGICKY ÚČINNÝCH LÁTEK

- Plodiny lze chránit pomocí esenciálních olejů s insekticidními a repelentními účinky
- Problém je nízká perzistence účinku olejů vlivem jejich rychlé biodegradace
- Enkapsulace esenciálních olejů výrazně zvyšuje perzistenci účinku
- V rámci CK Bioraf byl vyvinut a testován nový přípravek na bázi enkapsulovaných esenciálních olejů proti poškození pupat řepky ozimé žírem blýskáčka (*Meligethes aeneus*)

Strukturní vzorce molekul cyklodextrinu



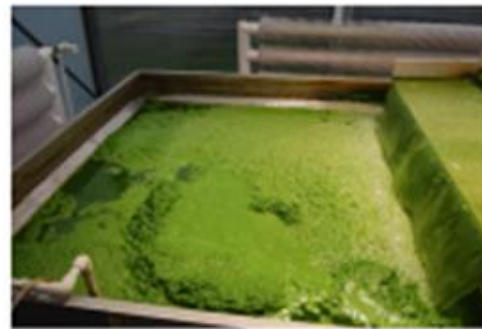
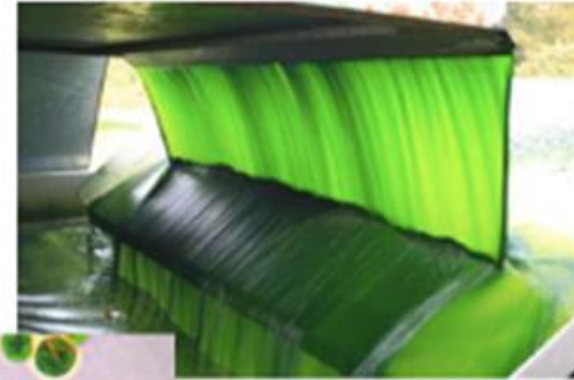
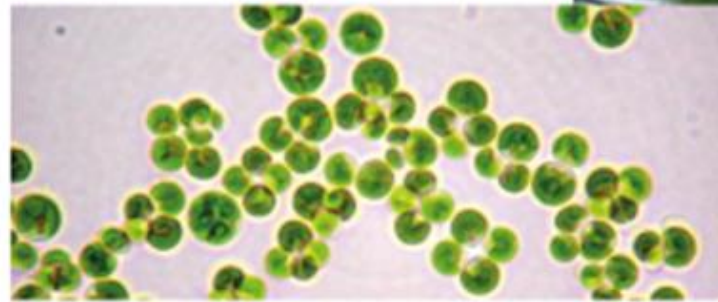
Příklad enkapsulace pomocí β-CD



Výsledky potvrdily, že enkapsulace významně prodlužuje dobu perzistence účinnosti přípravků pro ochranu rostlin. . Provedené testy potvrdily možnost snížení množství formulačních složek, a to až o 33 %, při zachování dávky účinné složky.

Technologie kultivace mikrořas pro zlepšování bonity půdy, přeměnu pouští v produkční půdu, potravinové doplňky a krmivo

Production of microalgae in photobioreactor
(possible implementation in the waste water cleaning, WP3)



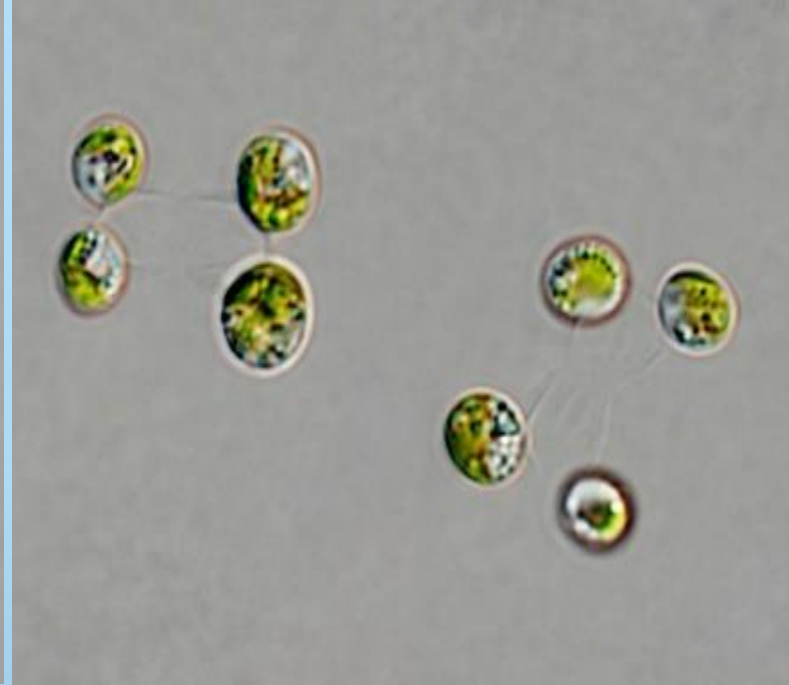
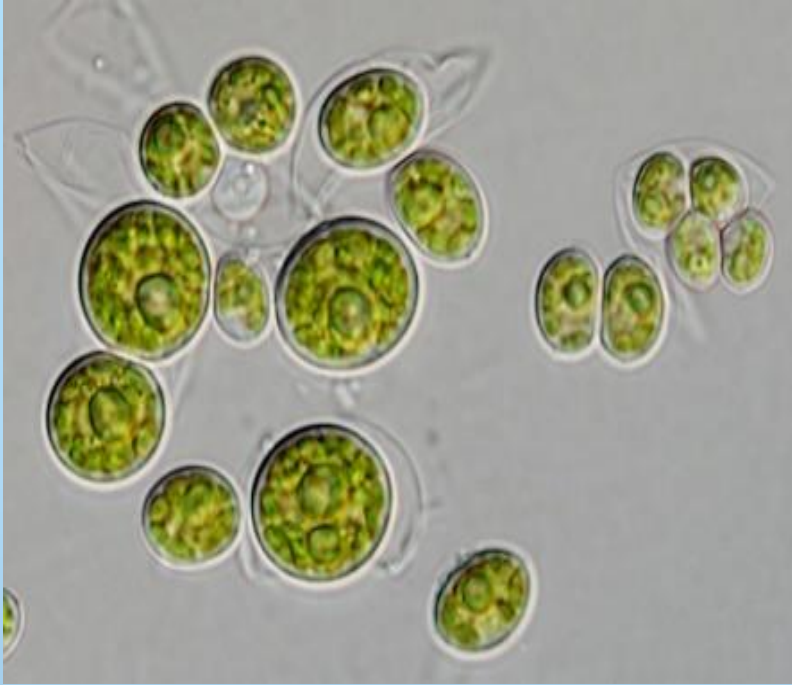
Heterotrofní kultivace řas- úprava a ověření funkcí jednotky fotobioreaktoru pro kultivaci mixotrofních kmenů řas



Intenzita záření nepřesahuje intenzitu 50 Wm^{-2} , což je limit pro inhibici růstu. Světelný zdroj je zabezpečen proti vlhkosti a je možné jej vyřadit z provozu v případě heterotrofního růstu na organickém uhlíkovém substrátu. Fotobioreaktor je vybaven magnetickou spojkou poháněnou motorem o výkonu 0.8 kW, nádoba je kontinuálně vážena, přičemž aparát je vybavený kapalinovým a plynovým okruhem i jednotkou pro automatickou regulaci a řízení procesu. Celkový objem fotobioreaktoru je 70 L, pracovní objem 50 L, pracovní přetlak 250 kPa, materiál nerez tř. 17. Ověřování kultivace kmenů *Schizochytrium sp.* pro dosažení vysoké koncentrace biomasy a produkce kyseliny dokosahexaenové

Autotrofní nebo heterotrofní kultivace řas?

Bylo testováno 37 fotoautotrofních kmenů mikrořas z různých taxonomických skupin na schopnost heterotrofního růstu tj. na glukóze. Ukázalo se, že tato schopnost je široce rozšířena mezi zástupci některých řas, Chlorellales, Sphaeropleales, Xanthophyceae, ale zcela chybí u Eustigmatophyceae. Prokázána tedy byla u druhů *Botryosphaerella sudetica*, *Bracteacoccus* sp., *Dictyosphaerium* spp., *Lemmermannia* sp., *Parachlorella kessleri*, *Scenedesmus* sp., *Dictyosphaerium chlorelloides*, a *Tribonema aequale*. U posledních 3 kmenů byly testovány i produkce specifických metabolitů, karotenoidů, exopolysaccharidů, EPA. *Tribonema aequale* vykázala vyšší produkci EPA při mixotrofní nežli fotoautotrofní kultivaci. Její další výhodou je snadná sklizeň vláken filtrací a proto se jeví být perspektivním organizmem pro produkci ω -3 PUFAs. Také výtěžky biomasy jsou mnohem vyšší u heterotrofní kultivace. Pro testy využití mikrořas či jejich komponentů jako krmných aditiv byl na základě dlouhodobých testů využit produkční kmen řasy *Monoraphidium* sp. Vhodný pro průmyslovou produkci olejů s obsahem polynenasycených mastných kyselin.



Scenedesmus sp., Dictyosphaerium chlorelloides, Tribonema aequale

Optimalizace procesu vermikompostu a produkce vermikopostového výluhu,

vhodného zejména pro masové kultivace mikroorganismů, kdy náklady na nutriční medium jsou vysoké

Production of vermicompost tea from plant and animal biomass waste



Řešení organického hnojení v neúrodných půdách

Vliv organického vs chemického hnojení na růst rostlin v písku

Porost vlevo – organický vykazuje lepší růstové parametry ve srovnání s porostem hnojeným NPK

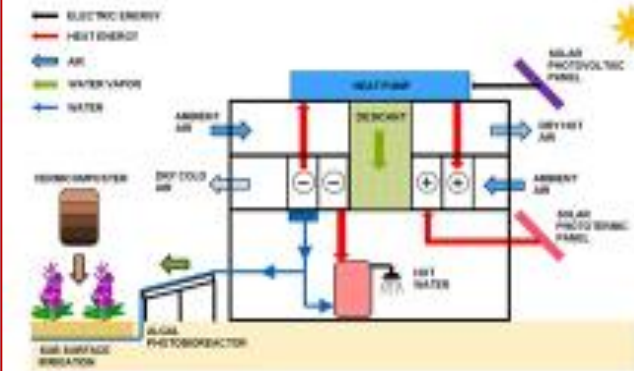
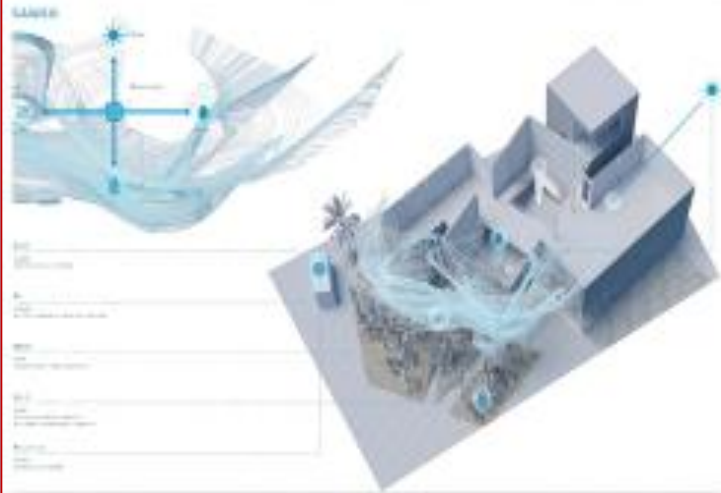


Porost vlevo – organický vykazuje lepší růstové parametry ve srovnání s porostem hnojeným NPK

Účast a prezentace výsledků Centra kompetence BIORAF na Světové výstavě v Dubaji

Koronavirová krize odsunala prezentaci BIORAF (Organické zemědělství v rostlinné výrobě v pouštních podmínkách) na Světové výstavě v Dubaji 2020-2021 – záchyt atmosférické vody adsorpcí vzdušné ventilace přes zeolitový sorbent, (ČVÚT Praha), bioodpad procesovaný jako vermokopost, průsaková voda-„žížalice“- vermicompost tea- z vermikompostu je spolu s desorbovanou vodou vedena na plošinový bioreaktor, kde jsou kultivovány zemní řasy a *Dictyosphaerium*, oxid uhličitý, např. z bioplynové jednotky, jak zdroj uhlíku pro autotrofní kultivaci mikrořas a dávkování mikrořas bohatých na exopolysacharidy do písku pro vytvoření humusu v písku pouště, umožňující pěstování plodin na bázi organického zemědělství v extrémních podmínkách

Welcome to Czech pavilion in Dubai



Návrh pavilonu Studio Formosa

Stěžejní výsledky týkající se pozitivního ovlivnění a příspěvku k potravinové bezpečnosti v rámci projektu BIORAF

Stěžejní výsledek 1:

Mikořasy jako zdroj bioaktivních látek i funkční potravina

Mikrořasy jako zdroj bioaktivních látek: Mikrořasy mají potenciál uspokojovat požadavky populace jako zdroj bioaktivních látek, zejména pokud jde o proteiny a bioaktivní komponenty, zejména speciální polysacharidy s imuno-modulační kapacitou, které mají velký zdravotní potenciál, viz např. recentní studie *Caporgno a Mathys, 2018*, a které jsme též potvrdili, mj. i nalezením nových takových polysacharidů. Mají antioxidační, antihypertenzní, immunomodulatorní, antirakovinný, hepato-protektivní a antikoagulační aktivity, přisuzované obsahu jejich peptidů. Výhoda jejich produkce je v možnostech vyrábět je jak autotrofně, tak heterotrofně, přičemž zejména poslední možnost by mohla být nadějná technologie pro kultivace výjimečně vhodných kmenů mikrořas, poskytující komerčně žádané produkty, jako je např. PUFA (vysoké výtěžky, nezabírá se kultivační plocha, zdroj uhlíku může být odpadní látka např. glycerin). Je třeba však zvládnout problém kontaminace nežádoucími bakteriemi. V rámci našich projektů byly vyvinuty i kmeny *Chlorella* s malými množstvími pigmentu-chlorofylu („žlutá Chlorella“), které by mohly být zhodnoceny i v kosmetice.

Mikrořasy jako funkční potravina:

V posledních letech se do popředí zájmu dostávají mikrořasy jako funkční potraviny, zejména jako sušený produkt a jsou bezproblémově dostupné, ceny kvalitních českých produktů jsou však stále ještě vysoké, kolem 1000 Kč/kg. V poslední době se však poznatky o imunostimulační aktivitě mikrořas dostávají i do podvědomí veřejnosti, projevuje se to např. zvýšeným zájmem o koupi *Chlorelly* a jejím užíváním. Kromě proteinů a vyváženého zastoupení aminokyselin, zařazení mikrořas do potravin přispěje benefitně i jako přítomnost reprezentantu tzv. zdravé funkční potraviny. Úsilí zapojit mikrořasy do potravinového řetězce však v Čechách trvá již od padesátých let minulého století, kdy i světově pionýrské akademické pracoviště pro studium mikrořas, Mikrobiologický ústav ČSAV, dodávalo experimentálně *Chlorellu* do vybraných restaurací, kde ji ukázkově zařazovali do jídelních lístků masných výrobků, např. karbanátků, spíše jako kuriozitu. I v našem projektu se takové ojedinělé ukázky i v současnosti pokusně objevují, např. jako přídavek do kuřecích párků (Rabbit a.s.), a čeká se na odezvu zájmu veřejnosti.

Doposud se to však jako nový potravinový trend jak u nás, tak v rozvinutých zemích, nezavedlo. Je známo, že některé chudé komunity v rozvojových zemích, mají-li přístup k vodě, však kultivují v malém množství primitivní autotrofní technikou např. *Spirullinu* jako zdroj a doplněk bioaktivních látek pro dětskou výživu. Bohužel, zatím tento potenciál jako potravinových substituentů není obecně zhodnocený, zejména je nákladná jejich velkoobjemové produkce (platí to i pro využití řas pro biopaliva), a investorům se to zřejmě nevyplatí. Že by mikrořasy mohly v budoucnu substituovat ve velkém měřítku základní potraviny (obilí, kukuřice, rýže, maniok, sója, živočišné bílkoviny, apod.), se v současnosti zdá nepravděpodobné, ale jejich imunostimulační potenciál si plně zaslouží, aby byly zhodnoceny jako funkční potravina do doplňků stravy, což považujeme za hlavní pozitivní výsledek i našich studií a takové výrobky se dostaly na trh.



https://aqualgae.com/en/microalgae_food_source/

Stěžejní výsledek 2:

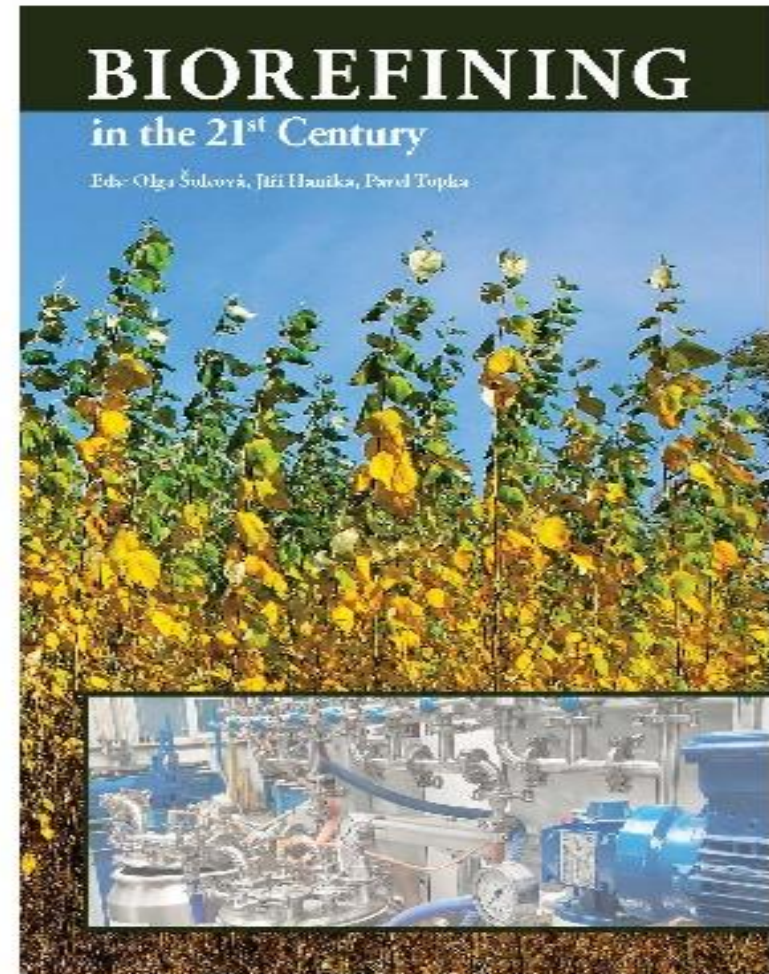
Hydrolyzát z drůbežích odpadů jako zdroj aminokyselin a peptidů pro účinný biostimulant růstu hospodářských rostlin

Miliony tun odpadů z chovu drůbeže jsou na celém světě vzhledem k rostoucím chovům této komodity disponibilní jako excelentní zdroj peptidů a aminokyselin, s výraznými antibiotickými a imunomodulačními vlastnostmi. Ve výživě to lze zhodnotit buď přímo ve formě doplňků stravy, nebo nepřímo jako biostimulátor růstu hospodářských plodin. V současném světě je zvýšení produktivity jedlých plodin na mizející orné půdě rozhodující imperativ pro udržitelné zásobování společnosti, která se nekontrolovaně rozrůstá. Produktem technologického zhodnocení těchto odpadů je hydrolyzát, získaný enzymatickou nebo chemickou hydrolýzou. Hydrolyzáty se liší hlavně skladbou a zastoupením aminokyselin a peptidů. Technologie výroby dle obou námi uplatněných postupů (enzymaticky a užitím jablečné kyseliny) jsou „green“, byly prokázány účinky tohoto biostimulátoru na zvýšení výtěžku plodin. Obdobné preparáty jsou vyráběny ve světě z různých surovin, např. hydrolýzou kvasinek, kultivovaných na odpadech z výroby cukru z třtiny (FytoMas, viz *Villar et al, 2005*), a jsou úspěšně ověřovány na zvýšení růstu řady hospodářských plodin. Komerční úspěch biostimulantu tohoto typu pro aplikace v rozvinutých zemích závisí na ekonomické studii, ale je předpoklad úspěšnosti.

Velmi nadějná se zdá aplikace produktů na bázi hydrolyzátů drůbežích odpadů jako velmi účinných imunostimulátorů ve formě doplňků stravy, která má naději komerčního úspěchu.

Biorafinace pro 21.století

V roce 2019 byla také vydána monografie „*Biorefining in the 21st Century*“, Šolcová O., Hanika J., Topka P., Eds, která přehledně shrnuje hlavní výsledky projektu BIORAF, a uvedené v ní příspěvky jsou využitelné i pro oblast, zaměřenou na dostupnosti potravin pro budoucí společnost.



Literatura

Alibardi L., Astrup T.F., Asunis F., Clarke W.P., De Gioannis G., Dessì P., Lens P.N.L., Lavagnolo M.C., Lombardi L., Muntoni A., Pivato A., Polettini A., Pomi R., Rossi A., Spagni A., Spiga D.: Organic waste biorefineries: Looking towards implementation. *Waste Manag.* 114 (2020) 274-286

[Ben-Arye T.](#), [Levenberg S.](#): Tissue Engineering for Clean Meat Production. *Front. Sustain. Food Syst.*, 18 June 2019 | <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00046>

Berners-Lee, M., Kennelly, C., Watson, R. and Hewitt, C.N., 2018. Current global food production is sufficient to meet human nutritional needs in 2050 provided there is radical societal adaptation. *Elem Sci Anth*, 6(1), p.52.

[Bradley L. Nilsson](#), [Matthew B. Soellner](#), and [Ronald T. Raines](#): Chemical Synthesis of Proteins. [Annu. Rev. Biophys. Biomol Struct.](#) 2005; 34: 91-118.

[Brown M.R.](#), Jeffrey S.W.: Biochemical composition of microalgae from the green algal classes Chlorophyceae and Prasinophyceae. 1. Amino acids, sugars and pigments. [J. Experiment. Marine Biology Ecology](#) 161 (1992) 91-113

Caporgno M.P., Mathys A.: Trends in Microalgae Incorporation Into Innovative Food Products With Potential Health Benefits. [Front Nutr.](#) 2018; 5: 58. Published online 2018 Jul 31. doi: [10.3389/fnut.2018.00058](https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00058)

[Dawson P.E.](#), [Muir T.W.](#), [Clark-Lewis I.](#), [Kent S.B.](#): Synthesis of proteins by native chemical ligation. *Science* 266 (5186) (1994) 776-779

[Ding S.](#), [G. N. M Swennen](#), [Tobias Messmer](#), [Mick Gagliardi](#), [Daniël G. M. Molin](#), [Chunbao Li](#), [Guanghong Zhou](#), and [Mark J. Post](#): Maintaining bovine satellite cells stemness through p38 pathway. [Sci Rep.](#) 2018; 8: 10808

Hartrampf Nina; Saebi, Azin; Poskus, Mackenzie; Gates, Zachary P.; Callahan, Alexander J.; Cowfer, Amanda E.; et al. (2020): Synthesis of Proteins by Automated Flow Chemistry. ChemRxiv. Preprint.

<https://doi.org/10.26434/chemrxiv.11833503.v1>

Hofstrand D.: Growing Demand for Food? AgMRC Renewable Energy & Climate Change Newsletter. February 2014

Chun You, Hongge Chen, Suwan Myung, Noppadon Sathitsuksanoh, Hui Ma, Xiao-Zhou Zhang, Jianyong Li, Y.-H. Percival Zhang: Enzymatic transformation of nonfood biomass to starch. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, PNAS first published April 15, 2013; <https://doi.org/10.1073/pnas.1302420110> . Edited by Arnold L. Demain, Drew University, Madison, NJ).

Jacob F., Monod J.: Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins. J. Mol. Biol. 3 (1961) 318-356

Kadim I.T., Mahgoub O., Baqir S., Faye B., Purchas R.: Cultured meat from muscle stem cells: A review of challenges and prospects. [J. Integrative Agriculture](#) 14 (2015) 222-233

Kay R.A., Barton L.L: Microalgae as food and supplement. Crit. Rev. Food Sci. Nutrition 30 (1991) 555-573

Lean, Hinrichsen & Markham: 1990. *WWF atlas of the environment*. New York, Prentice Hall Press, p.25-28

Lou C., Martos-Maldonado M., Madsen, C. *et al.*: Peptide–oligonucleotide conjugates as nanoscale building blocks for assembly of an artificial three-helix protein mimic. *Nat Commun* 7, 12294 (2016).

<https://doi.org/10.1038/ncomms12294>

Niccolai A., Zittelli G.Ch., Rodolfi L., Biondi N., Tredici M.R.: Microalgae of interest as food source: Biochemical composition and digestibility. *Algal Res.* 42 (2019) 101617

Repetto, R. 1987: Population, resources, environment: an uncertain future. *Population Bull.*, Vol. 42(2).

Repetto, R., Magrath, W, Wells, M., Beer, C, Rossini, F.: 1989. *Wasting assets: natural resources in the national income accounts*, p. 1-8, Washington, D.C., World Resources Institute

Texty: The LibreTexts libraries are [Powered by MindTouch®](#) and are supported by the Department of Education Open Textbook Pilot Project, the UC Davis Office of the Provost, the UC Davis Library, the California State University Affordable Learning Solutions Program, and Merlot

5.6 Protein Synthesis. [FlexBooks® 2.0](#) > [CK-12 College Human Biology](#) > Protein Synthesis. Last Modified: Aug 09, 2018

Torres-Tiji Y., Fields F.J., Mayfield S.P.: Microalgae as a future food source. *Biotechnology Adv.* 41 (2020) 107536

. Tripathi, N., Hills, C.D., Singh, R.S. *et al*: Biomass waste utilisation in low-carbon products: harnessing a major potential resource. *npj Clim Atmos Sci* 2, 35 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0093-5>

Twarkowski T.: Herbicide effects of essential oils. *Weed Sci.* 50(2002) 425-431. **UNFPA.** 1990, *The State of World Population, 1990*, p.6-7. New York, UNFPA

Vanthoor-Koopmans M., Wijffels R.H., Barbosa M.J., Eppink M.H.M.: Biorefinery of microalgae for food and fuel. *Bioresource Technol.* 135 (2013) 142-149

Vigani M., Parisi C., Rodríguez-Cerezo E., Barbosa M.J., Sijtsma L., Ploeg M., Enzing Ch.: (2015) Food and feed products from micro-algae: Market opportunities and challenges for the EU. *Trends in Food Sci. Technol.* 42 (2015)

Villar, José; Montano, Ramón; López, Rolando: Efecto del bioestimulante fitomas E en cultivos seleccionados. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, vol. XXXIX, núm. 2, mayo-agosto, 2005, pp. 41-45