

# Vývoj funkčních potravin hydrolýzou kvasnic s využitím odpadní syrovátky

Veronika Matušů, Jiří Pecha, Jakub Husár, Karel Kolomazník, Juan Carlos Beltrán

Prieto

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Nad Stráněmi 4511, 760 05  
Zlín

e-mail: [vmatusu@utb.cz](mailto:vmatusu@utb.cz)

## Souhrn

*Kvasinky, zejména druhy *Saccharomyces cerevisiae* a podobné, představují dostupný zdroj bílkovin a dalších sloučenin s vysokou nutriční hodnotou. Navzdory skutečnosti, že bylo navrženo mnoho technicky proveditelných postupů pro zpracování kvasnic, je to obvykle ekonomická životaschopnost technologie, která je rozhodující pro její praktické využití v průmyslovém měřítku. Hydrolýza je jednou z běžných a perspektivních metod izolace proteinových frakcí z kvasinek. Cílem práce bylo tedy navrhnout a ověřit optimální podmínky hydrolýzy kvasinek katalyzované kyselinou mléčnou s dosažením maximální výtěžnosti rozpustné bílkovinné sušiny. Experimentálně byly sledovány jak fermentační procesy syrovátky s přidavkem bakterií mléčného kvašení, tak filtrační charakteristiky finálních reakčních směsí. Současně byl sledován i vliv reakční teploty (100–140 °C) a možnosti dezintegrace kvasinek na výtěžnost celého procesu. Získané výsledky prokázaly vliv podmínek hydrolýzy na praktickou realizovatelnost filtrační operace. Ukázalo se, že za vhodných podmínek lze prakticky dosáhnout více než 80 % výtěžnosti sušiny hydrolyzátu. Samotný proces přeměny mléčného cukru obsaženého ve sladké i kyselé syrovátce může poskytnout maximálně 2 %-ní roztok kyseliny mléčné bez neutralizačního činidla.*

## Abstract

*Yeasts, especially *Saccharomyces cerevisiae* species and similar, present available source of proteins and other compounds of high nutrient value. Despite the fact that many technically feasible procedures for yeast processing have been proposed, it is usually the economic viability of the technology that is crucial for its practical application in the industrial scale. Hydrolysis is one of the common and perspective methods of protein fraction isolation from yeasts. The aim of our work was to investigate protein fraction isolation from yeasts via hydrolysis catalyzed by lactic acid and assess the possibility of the process scale-up. The fermentation processes of whey with the addition of lactic acid bacteria, as well as the filtration characteristics of the final reaction mixtures, were experimentally monitored. Simultaneously, the influence of the reaction temperature (100–140 °C) and the possibility of yeast disintegration on the yield of the entire process was monitored. The obtained results demonstrated the effect of the hydrolysis conditions on the practical feasibility of the filtration operation. It was shown that, under suitable conditions, more than 80 % dry matter recovery of the hydrolysate can be practically achieved. The process of converting milk sugar contained in both sweet and sour whey can provide a maximum of 2 % lactic acid solution without a neutralizing agent.*

## Úvod

Technologické kmeny kvasinek (zejména *Saccharomyces cerevisiae*) mají nezastupitelný význam – jsou využívány v potravinářském průmyslu (výroba kynutého pečiva, alkoholických nápojů, potravinářské a krmné biomasy), ve farmacii, v některých oblastech vědy a výzkumu (např. jako modelové systémy pro studium obecných regulací metabolismu a genetiky eukaryotických buněk), při produkci biologicky aktivních látek, organických kyselin, vitaminů) atd. Pekařské kvasinky *S. cerevisiae* přeměňují cukry přítomné v těstě na oxid uhličitý a v omezené míře na etanol. Oproti pivovarským či lihovarským kvasinkám, se pekařské kmeny nevybírají kvůli produkci alkoholu, ale na základě tvorby oxidu uhličitého, aby pečivo vykynulo [1].

Využití kvasnic ve výživě člověka stále více poukazuje na vysoký obsah cenných živin. Biomasa kvasnic je zdrojem bílkovin, esenciálních aminokyselin, vitaminů skupiny B,  $\beta$ -glukanů, makrominerálů, stopových prvků a dalších funkčních složek [2]. V naší práci jsme se zaměřili především na efektivní získávání proteinové frakce. Předpokládaná poptávka světové populace po bílkovinách naznačuje rostoucí trend nejen v důsledku samotné rostoucí populace, ale také jako odraz dalších faktorů, jako je zvýšená urbanizace, stárnutí populace a využití bílkovin v různých specializovaných dietách (sport, redukční diety, speciální diety), výživa pro onkologické a jiné pacienty aj. [3, 4]. Vzhledem k tomu, že produkce tradičních živočišných bílkovin je ve srovnání s rostlinnými potravinami zatížena vyšší produkcí skleníkových plynů, dopadem na ekosystém a také etickými problémy [5], intenzivně se zkoumají alternativní udržitelné a vysoce kvalitní zdroje bílkovin.

Širší uplatnění kvasnic v lidské výživě dosud omezuje jeden hlavní faktor, a to je relativně vysoký obsah nukleových kyselin, které při vyšší konzumaci mohou vést k hyperurikémii (tvorbou purinů, prekursoru kyseliny močové) [6].

Zpracování kvasnic je klíčovým faktorem určujícím výtěžnost cenných sloučenin, jako jsou bílkoviny, a stravitelnost a nutriční hodnotu připravených funkčních složek potravin [2, 7]. Hydrolyza je jednou z běžných a perspektivních metod izolace proteinových frakcí z kvasinek [2]. Hydrolyzované bílkoviny nižší molekulové hmotnosti jsou lehce stravitelné, a proto výhodné v doplňcích stravy pro sportovce a v oblasti speciální výživy [2,7]. Stávající metody hydrolyzy zahrnují kyselé, alkalické nebo enzymatické cesty, případně jejich kombinace, ve všech případech je však jejich větší průmyslové využití omezeno technologicky, ekonomicky a někdy i z hlediska vlastností finálních produktů [4].

Pro přípravu produktů hydrolyzy mikrobiální biomasy je důležitá volba vhodného hydrolyzačního reagentu, který musí splňovat optimální reakční podmínky, potravinářskou nezávadnost pro následující nutriční aplikace a být ekonomicky dostupný. Vzhledem k hlavnímu účelu se výběr zkoncentroval na kyselinu mléčnou, která se již dlouhodobě využívá v potravinářství a vyrábí se buď chemickou syntézou nebo fermentací syrovátky, která je vedlejším produktem mlékárenského průmyslu při výrobě sýrů, tvarohu a kaseinu. Konkrétně hlavní surovinou pro přípravu kyseliny mléčné je mléčný cukr laktóza, jehož obsah v syrovátce je v průměru 5 % [8].

Syrovátka obsahuje také celou řadu vitaminů, a to hlavně skupiny B (B1, B2, B6, B12), dále pak vitamin E, C i A, kyselinu pantotenovou, kyselinu listovou, biotin a kobalamin. Kobalamin je vázaný v syrovátkových bílkovinách a po výrobě sýrů zůstává v syrovátce. Obsah minerálních látek, zejména sloučenin vápníku a fosforu, v sušině syrovátky kolísá zhruba mezi 7–12 % v závislosti na technologickém procesu výroby sýrů. Sladká syrovátka obsahuje bohatou směs bílkovin. Hlavní biologická účinnost syrovátkových bílkovin spočívá v prevenci rakoviny, ve zvyšování hladiny glutathionu [8]. Syrovátkové bílkoviny mají též antimikrobiální funkci a zvyšují pocit sytosti. Hlavní syrovátkové bílkoviny jsou  $\beta$ -laktoglobulin (BLG) (58 %) a  $\alpha$ -laktalbumin (ALA) (13 %). Díky vysokému obsahu esenciálních aminokyselin (zejména lysinu, cysteinu a metioninu) a cystinu jsou syrovátkové bílkoviny jedněmi z nutričně nejhodnotnějších bílkovin. Syrovátkové bílkoviny jsou díky svým vlastnostem prospěšné pro lidské zdraví (antimikrobiální, antivirová, protirakovinná a protizánětlivá aktivita, stejně tak, jako ochrana kardiovaskulárního systému). Jak bylo řečeno pro přípravu kyseliny mléčné je primárním zdrojem syrovátka obsahující mléčný cukr, jehož fermentací vzniká kyselina mléčná, která se pak použije jako hlavní agent pro kyselou hydrolyzu droždí a dalších potenciálních bílkovinných surovin. Vzhledem k tomu, že syrovátka také obsahuje bílkoviny jejichž vysoce pozitivní účinek na výživu a

zdraví jsme stručně uvedli je nutné tuto skutečnost brát v úvahu při návrhu hydrolyzačních technologií tak, aby pozitivní vliv syrovátkových bílkovin byl maximálně zachován [8].

V loňském roce se celosvětově vyrobilo přes 21 milionů tun sýrů [9]. Syrovátka je produkována ve velkém množství, neboť objem sýra a syrovátky je při výrobě v poměru 1:9. Syrovátka v dnešní době už tedy není využívána pouze ke krmným účelům pro zvířata, ale i pro lidskou výživu. Produkce sýrů neustále roste, a proto bude její zpracování i nadále velmi aktuální [10].

Jelikož se očekává použití připravených hydrolyzátů jako funkční potraviny, dále jako potraviny pro zvláštní účely nebo jako doplňky stravy, zaměřili jsme se souběžně s optimalizací hydrolyzy na sensorické hodnocení hydrolyzátů. Protože se jedná o vývoj nového výrobku, zvolili jsme metodu volného profilu, která je uvedena v normě ČSN ISO 668. Jedná se o popisnou metodu, při které neškolení nebo minimálně školení posuzovatelé posuzují výrobek s použitím vlastní sady deskriptorů.

Cílem naší práce bylo prozkoumat izolaci proteinové frakce z kvasnic hydrolyzou katalyzovanou kyselinou mléčnou (přímo nebo kyselou/sladkou syrovátkou s jejím vysokým obsahem) a posoudit zvýšení celkové účinnosti procesu zařazením kroku dezintegrace buněk. Klíčovou operací je separace reakční směsi, která sloužila k oddělení kapalné frakce s extrahovanými proteiny od pevných zbytků a jejich finální zpracování.

## Experimentální část

### **Použité suroviny – kvasnice, syrovátka, chemikálie**

Jako modelová surovina byly použity pekařské kvasnice (značka VIVO). Základní složení kvasnic bylo stanoveno za účelem charakterizace vstupní suroviny, jak je uvedeno v tabulce č. 1:

<b>Tabulka č.1: Složení kvasnic</b>			
Vzorek	Sušina [hmot. %]	Obsah popela v sušině [hmot. %]	Obsah dusíku v sušině [hmot. %]
Pekařské kvasnice VIVO	30-32	5-6	8

Syrovátka byla poskytnuta mlékárnou KROMILK Kroměříž. Průměrné složení syrovátky je uvedeno v tabulce č. 2:

<b>Tabulka č. 2: Složení syrovátky</b>			
Vzorek	Sušina [hmot. %]	Obsah kyseliny mléčné [hmot. %]	Obsah dusíku v sušině [hmot. %]
Kyselá syrovátka	6,09	0,65	0,12
Sladká syrovátka	6,39	0,13	0,13

Kyselina mléčná, 80 %-ní roztok p.a. (Fichema s.r.o.)

Mezofilní homofermentativní (čistě okyselující - netvoří plyny) kultura R-703 rezistentní vůči fágům, CHR. HANSEN, tomscheese.cz.

### **Hydrolyza kvasnic za použití průmyslově vyrobené kyseliny mléčné**

Pro hydrolyzu kvasnic se použil vodný roztok kyseliny mléčné v rozmezí koncentrací 0,5 - 4 hmot.%. Suspenze připravená z kvasnic a roztoku kyseliny mléčné se umístila do hydrolyzačního reaktoru (Parr

4563, Parr instrument company Moline, IL, USA) vybaveného regulací teploty a mícháním. Hydrolyza byla vedena při teplotách 100, 120 a 140 °C po dobu až 5 hodin, kdy reakční směs byla míchána během hydrolyzy. Po dokončení hydrolyzy byl reaktor ochlazen na 65 °C a reakční směs byla následně odebrána a zvážena.

### **Fermentace syrovátky**

Syrovátka (sladká/kyselá) spolu s kulturou mléčných bakterií se míchala v uzavřeném skleněném reaktoru, který byl vyhříván na teplotu 30°C. Anaerobního prostředí v reaktoru bylo zajištěno mírným promýváním argonem. Kultura mléčných bakterií byla přidána až po vyhřátí syrovátky. V časových intervalech se odebíraly vzorky pro analýzu vysokotlakou kapalinovou chromatografií (HPLC).

### **Hydrolyza kvasnic za použití kyseliny mléčné získané fermentací syrovátky**

V případě fermentované syrovátky (jako zdroj kyseliny mléčné) probíhala hydrolyza identicky. Optimalizací hydrolyzy kvasnic byl zkrácen čas na dvě hodiny při 120 °C.

### **HPLC analýza**

Analýza vzorků byla provedena na přístroji Shimadzu HPLC s automatickým dávkovačem. Systém zahrnoval odplynovací jednotku DGU-20A 5R, čerpadlo LC-20AD, automatický dávkovač SIL-30AC, kolonovou pec CTO — 20rA, detektor indexu lomu RID-10A, UV detektor SPD-20A a modul komunikační sběrnice (řídící jednotka) CBM-20A. Analýza a sběr dat byla provedena pomocí softwaru LabSolutions. Použitou HPLC kolonou byl Aminex HPX-87C s reverzní fází (300 mm x 7,8 mm), teplota kolony byla 70 °C a průtok: 0,43 ml / min., Mobilní fáze: kyselina sírová 6 mM.

### **Testy dezintegrace buněčné stěny**

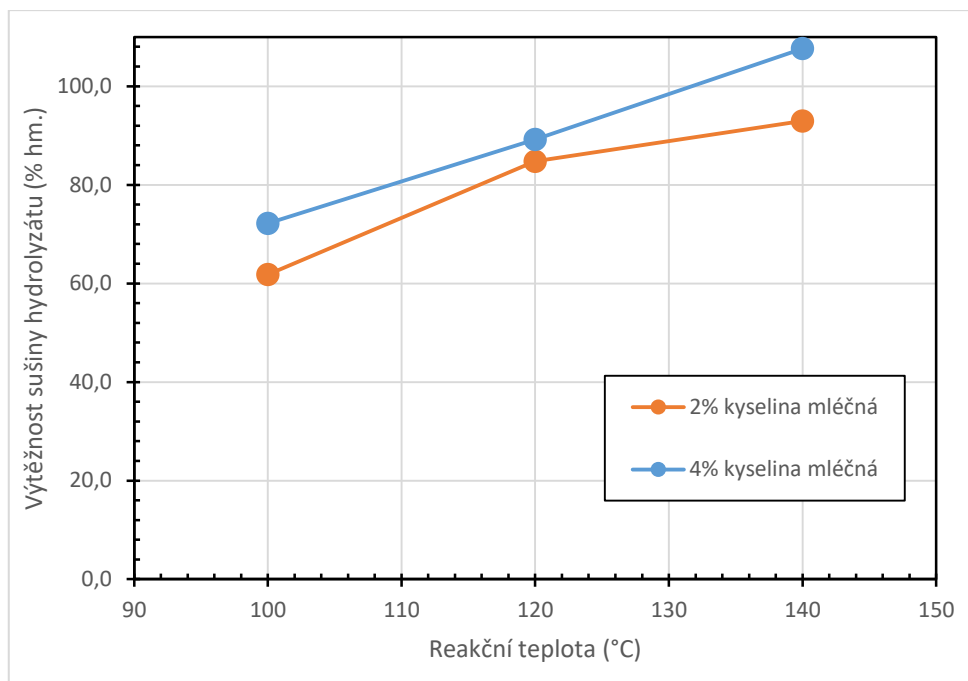
Ultrazvuk byl vybrán jako referenční metoda dezintegrace. Z testovacích metod z oblasti mechanických metod se jednalo o aplikaci kulového mlýna. Dále jsme testovali i nemechanické metody – mikrovlnný ohřev a opakované zmrazování. Účinnost dezintegrace byla ověřena mikroskopicky s využitím optického a polarizačního mikroskopu; dále byla hodnocena výtěžnost bílkovin na základě analýzy obsahu dusíku v kapalně fází reakční směsi. Získané výsledky byly srovnány s kontrolními metodami – vzorky suspenze kvasničné biomasy bez další úpravy a kvasničnou biomasou zpracovanou zkoumanou technologií, tj. hydrolyzou katalyzovanou kyselinou mléčnou při 100 a 140 °C.

### **Analýzy vstupních surovin a produktů**

Ke stanovení obsahu dusíku ve vzorcích byl použit automatický analyzátor „FLASH 2000“. Procento bílkovin přítomných v sušině bylo vypočteno pomocí hodnot získaných z analýzy dusíku – pro výpočty jsme použili obecný konverzní faktor dusíku na bílkoviny 6,25 [11]. Obsah sušiny byl stanoven podle normy ČSN ISO 662, obsah popela podle normy ČSN 58 8760. Obsah celkových aminokyselin byl stanoven standardní metodou HPLC v laboratořích ALS Česká republika.

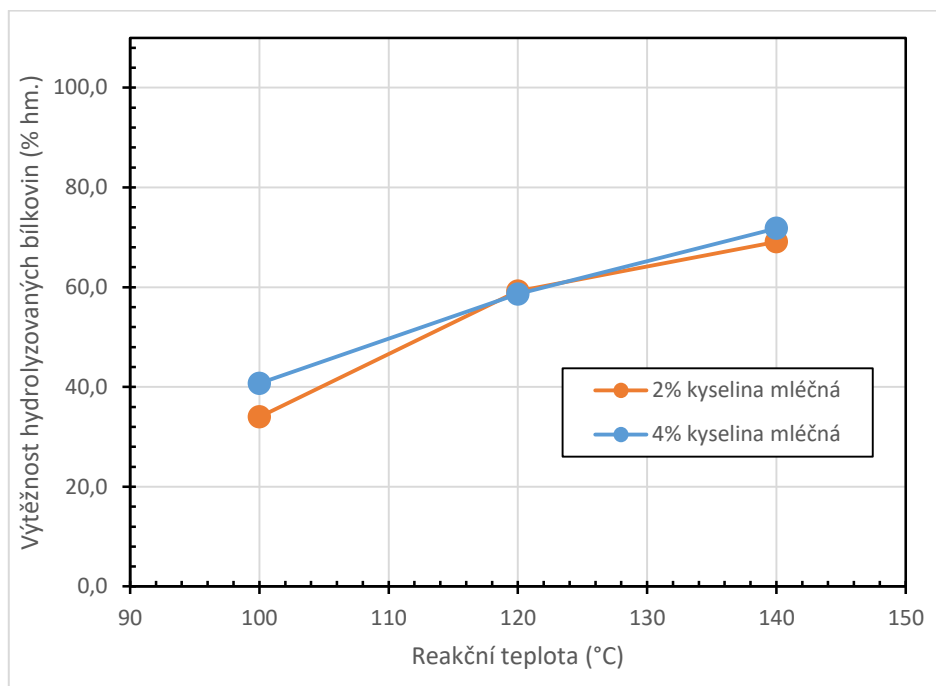
## **Výsledky a diskuze**

V sérii experimentálních měření byla hledána vhodná reakční teplota v rozmezí 100–140 °C a byly testovány dvě koncentrační úrovně vodného roztoku kyseliny mléčné – 2 a 4 % hm. Jako vstupní surovinu jsme použili komerčně dostupné pekařské kvasnice. Vliv reakčních podmínek na celkovou výtěžnost sušiny hydrolyzátu (tj. sušiny kapalně fází reakční směsi) je patrný z obrázku č.1. Celková výtěžnost se zvyšovala se zvyšující se reakční teplotou a dále výtěžnosti sušiny byly vyšší při aplikaci 4 % -ního roztoku kyseliny mléčné. Zde je však nutno podotknout, že kyselina mléčná, resp. její soli s volnými amino skupinami hydrolyzátu, tvoří složku sušiny, a tedy zvýšení výtěžnosti sušiny při aplikaci více koncentrované kyseliny mléčné lze očekávat také z tohoto důvodu. S přihlédnutím k tomuto faktu není velký rozdíl ve výtěžnostech sušiny mezi oběma koncentračními úrovněmi kyseliny mléčné.



**Obr.č .1: Vliv reakčních podmínek na výtěžnost sušiny hydrolyzátu – kapalná fáze reakční směsi (doba reakce 5 hod, pekařské kvasnice)**

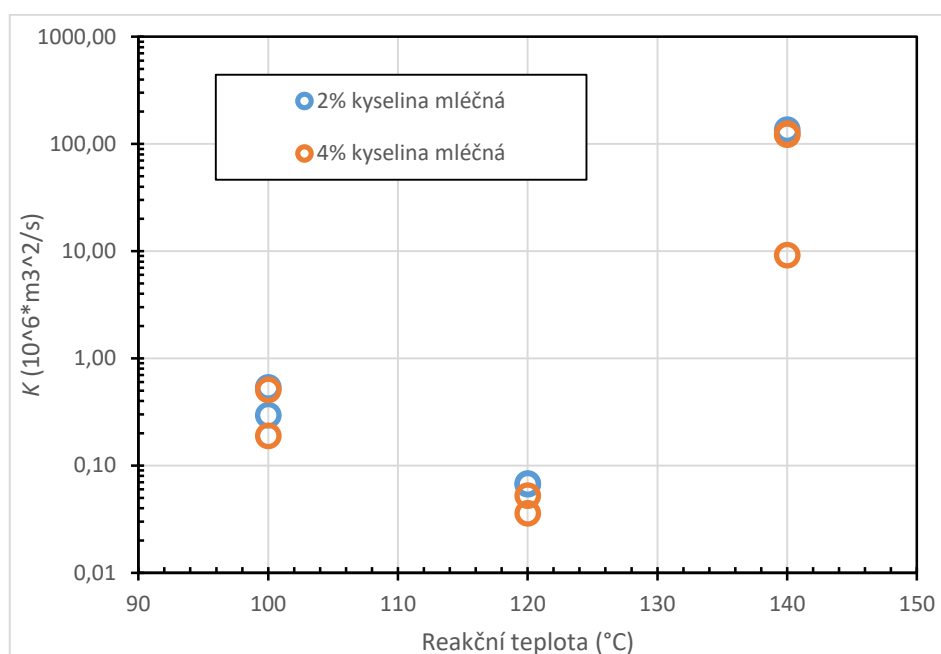
Výstižnější srovnání nabízí následující obrázek č. 2, který zachycuje výtěžnost hydrolyzovaných bílkovin v závislosti na reakčních podmínkách. Z obrázku je patrné, že výtěžnost bílkovin za nejvyšší teploty dosahuje 70 % hm. (vztaženo na celkový obsah bílkovin ve vstupní surovině) a v tomto případě není znatelný rozdíl mezi aplikací 2 % a 4 % vodného roztoku kyseliny mléčné. Diskutované výsledky poukazují na cenný poznatek, že méně koncentrovaný roztok kyseliny mléčné je dostatečně účinný pro hydrolyzu kvasnic. Aplikace nižší koncentrace, a tedy nižšího množství kyseliny mléčné je přitom příznivá nejen z hlediska výrobních nákladů, ale také sensorických vlastností výsledného produktu.



**Obr. č.2: Vliv reakčních podmínek na výtěžnost hydrolyzovaných bílkovin (doba reakce 5 hod, pekařské kvasnice)**

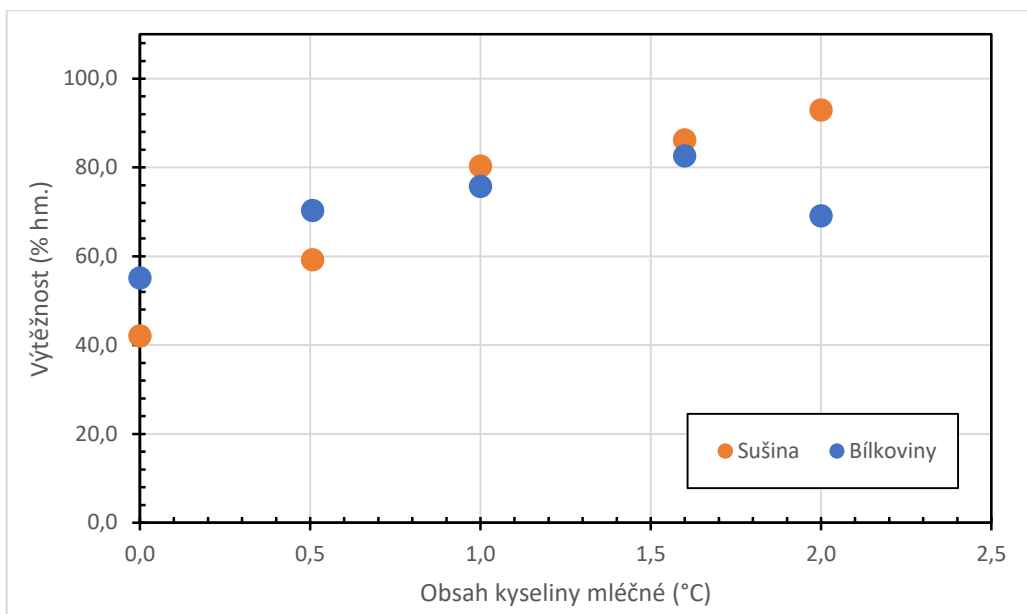
Zatímco výtěžnosti a složení hydrolyzátu představují základní parametry jeho jakosti a ekonomiky zpracování s ohledem na vstupní cenu zdroje mikrobiální biomasy, filtrační charakteristiky rozhodují o možnosti praktické výroby hydrolyzátu v komerčním měřítku. Byly testovány různé podmínky filtrace, zejména rozdíly tlaků s ohledem na možnou stlačitelnost filtračních koláčů. Na základě našich zkušeností jsme do filtrované suspenze aplikovali pomocný filtrační prostředek – křemelinu – pro zlepšení celkového průběhu filtrace. I přes použití pomocného prostředku byly rozdíly v zjištěných filtračních charakteristikách značné a závisely na aktuálních reakčních podmínkách. Odpor filtrační přepážky byl v drtivé většině případů zanedbatelný, hlavní odpor vůči filtraci byl soustředěn do koláče.

Obrázek č. 3 názorně dokumentuje hodnoty filtračních konstant  $K$  a jejich závislost na reakční teplotě a koncentraci kyseliny mléčné použité při hydrolýze. S ohledem na řádové rozdíly mezi hodnotami filtrační konstanty  $K$  jsou tyto znázorněny přehledně pomocí logaritmické osy. I v tomto případě měla koncentrace aplikované kyseliny mléčné malý vliv na filtrovatelnost, reakční teplota naopak značný. Nejhorší se filtrovaly reakční směsi připravené za 120 °C, nejlépe naopak za 140 °C, rozdíl přitom představuje 4 řády. Uvedený masivní rozdíl mezi hodnotami filtračních konstant  $K$  má přitom zásadní vliv na realizovatelnost technologie. Podrobnější rozbor filtrace viz práce [12].



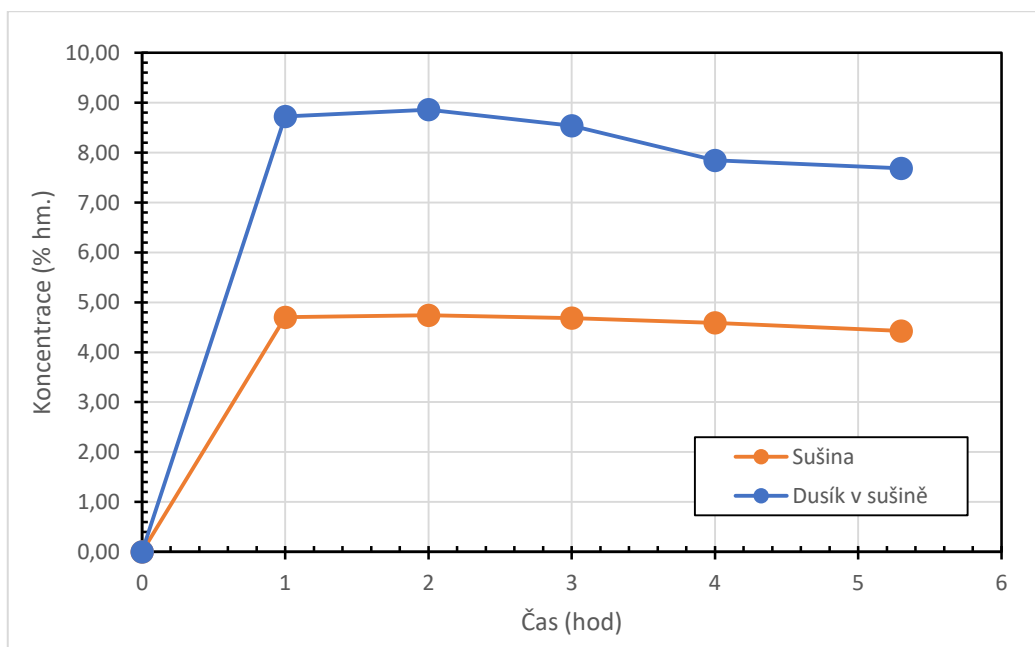
**Obr.č.3: Závislost hodnoty filtrační konstanty  $K$  na reakčních podmínkách hydrolýzy (pekařské kvasnice, reakční doba 5 hod)**

Vlivem koncentrace kyseliny mléčné na hydrolýzu kvasničné biomasy jsme se zabývali v další sérii experimentálních měření, které byly vedeny při teplotě 140 °C, neboť za těchto podmínek lze reakční směs dobře filtrovat. Následující obrázek č.5 ukazuje závislost výtěžnosti sušiny kapalná fáze reakční směsi na koncentraci roztoku kyseliny mléčné a obdobnou závislost také pro výtěžnost bílkovinného podílu. Z obrázku je patrné, že se vzrůstající koncentrací kyseliny mléčné roste výtěžnost sušiny, v oblasti 0–1 % obsahu kyseliny mléčné je vzrůst razantní, při vyšším obsahu již výtěžnost roste pozvolna.



**Obr. č.4: Závislost výtěžností sušiny a bílkovinného podílu na koncentraci kyseliny mléčné; 140 °C, reakční čas 5 hod**

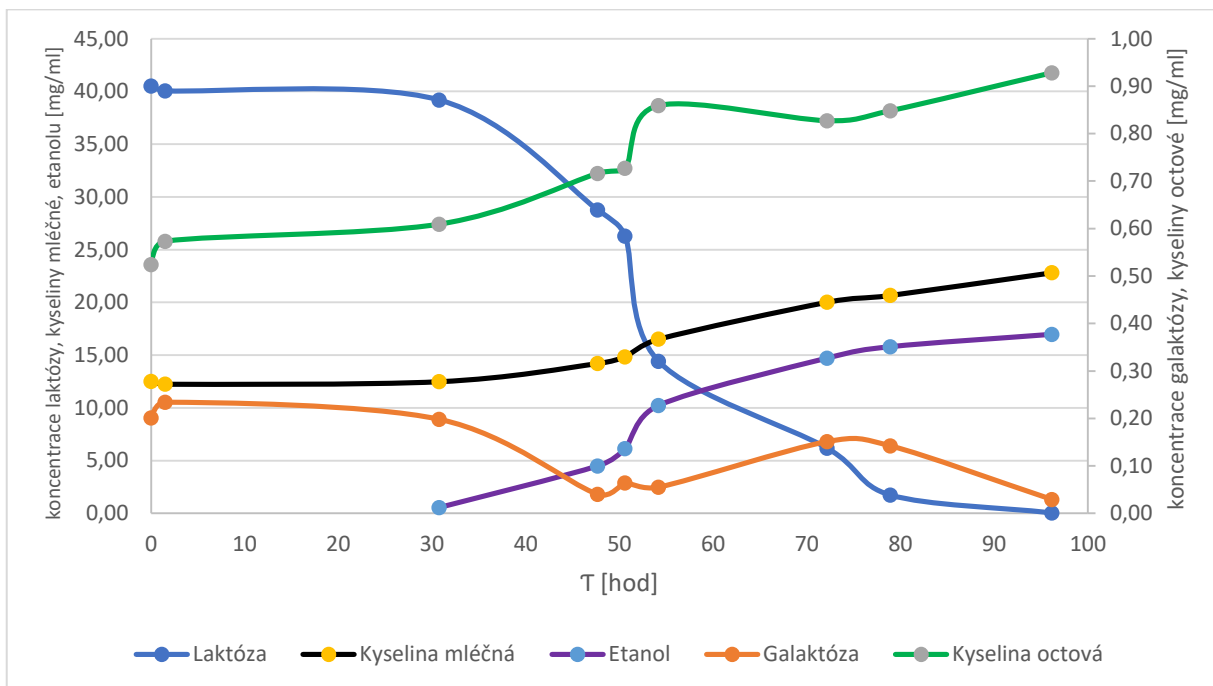
Dále byla experimentálně stanovena kinetika hydrolýzy, která je zachycena na navazujícím grafu pro vybrané reakční podmínky. Z výsledků je patrné, že proces je poměrně rychlý, maximální výtěžnosti je dosaženo už po jedné hodině reakce. V průběhu dalšího času pak za vyšších koncentrací kyseliny mléčné dochází k poklesu obsahu sušiny a rovněž k poklesu obsahu bílkovinného podílu, což poukazuje na postupnou degradaci hydrolyzátu. Dodejme, že s prodlužujícím se reakčním časem dochází také ke změnám v sensorických vlastnostech výsledného mikrobiálního hydrolyzátu.



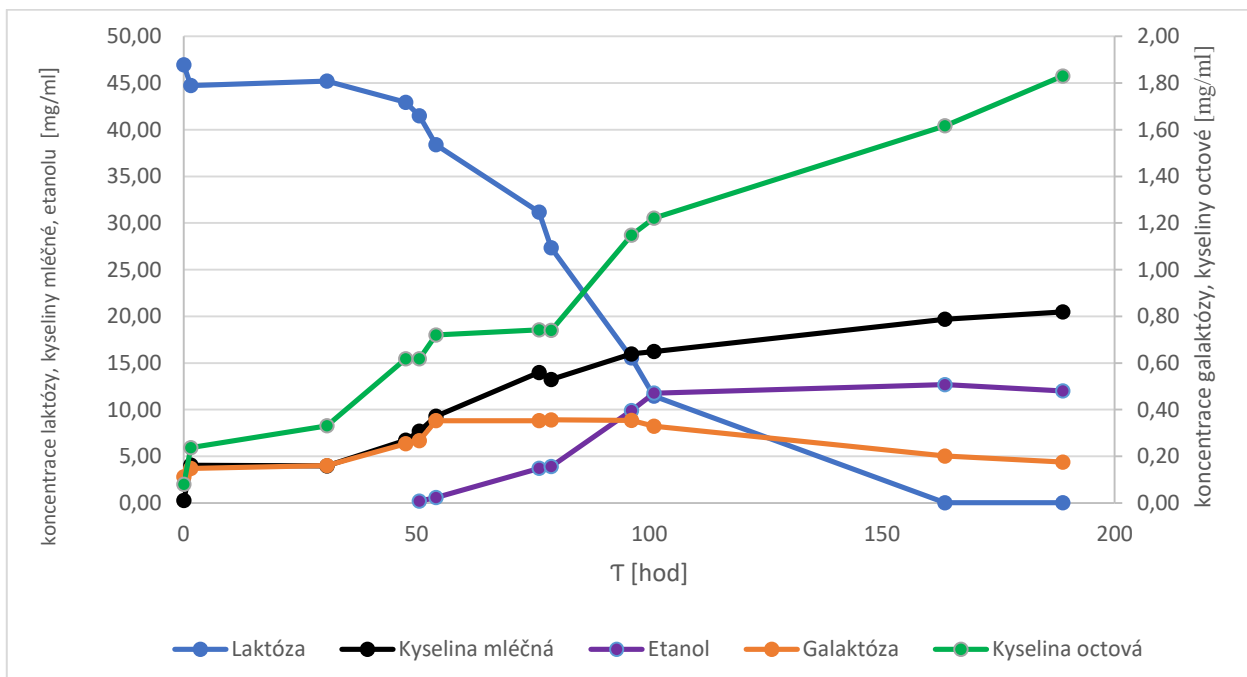
**Obr. č.5: Kinetika hydrolýzy kvasničné biomasy kyselinou mléčnou; 140 °C, koncentrace kyseliny mléčné 1,6 % hm.**

Pro přípravu kyseliny mléčné z obou druhů syrovátky fermentací byla do směsi aplikována kultura mléčných bakterií při teplotě 30 °C. Reakce probíhala nepřetržitě celkem 7 dnů za stálého míchání a mírným promíváním argonem pro zajištění anaerobního prostředí. Obsah kyseliny mléčné a dalších

produktů fermentace byl měřen vysokotlakou kapalinovou chromatografií. Průběh přeměny mléčného cukru na kyselinu mléčnou a další produkty fermentace ukazují následující grafy:



**Obrázek č. 6: Závislost koncentrace jednotlivých složek kyselé syrovátky na čase**



**Obrázek č. 7: Závislost koncentrace jednotlivých složek sladké syrovátky na čase**



K přeměně veškeré laktózy obsažené v kyselé syrovátce došlo již po 4 dnech fermentace, přičemž konečná koncentrace kyselin mléčné byla přibližně 2,3 %. V případě fermentace sladké syrovátky byla veškerá laktóza obsažená v syrovátce přeměněna na kyselinu mléčnou za 7 dní, jejíž koncentrace byla 2 %.

Fermentovaná syrovátka se dále použila pro hydrolýzu s pekařskými kvasnicemi, přičemž koncentrace kyseliny mléčné byla kolem 1 %. Výsledný hydrolyzát, který se získal odstředěním reakční směsi, byl senzorycky hodnocen skupinou posuzovatelů. Pozitivním znakem hydrolyzátů s fermentovanou syrovátkou je vyšší pH výsledného hydrolyzátu s porovnáním s hydrolyzáty s kyselinou mléčnou. Kyselost velmi nepříjemně ovlivňuje celkové vnímání připraveného produktu. Takto připravený hydrolyzát byl mnohem lépe hodnocen, především v porovnání s předchozími produkty. Lepších senzoryckých vlastností bylo dosaženo v případě sladké syrovátky. Výtěžnost bílkovin do filtrátu je v porovnání s kyselinou mléčnou na stejné úrovni, v rozmezí 34–40 hmot. %. Pokud byla pro hydrolýzu použita fermentovaná syrovátka s vyšším obsahem kyseliny mléčné, nad 1,5 hmot. %, senzorycký profil těchto výsledných hydrolyzátů byl neuspokojivý.

Zařazením kroku dezintegrace se očekávalo, že dezintegrace bude tvořit vhodný krok hydrolyzační technologie vedoucí ke zvýšení celkové výtěžnosti rozpustných látek. Z naměřených experimentálních dat jsme došli k závěru, že nejvyšší výtěžnosti bílkovinného podílu mezi testovanými metodami dosáhla referenční metoda využívající k dezintegraci ultrazvuk (~30 %) a dále mletí (~24 %). Uvedené účinnosti jsou však stále nízké v porovnání se základním postupem spočívajícím v hydrolýze kvasničné biomasy za zvýšených teplot (69 % při 140 °C). Předúprava pak znamená jen dodatečné náklady, jak investiční, tak provozní, které navíc zvyšují složitost procesu. K opuštění cesty dezintegrace buněčných stěn navíc přispívá další podstatné pozorování – ani za vysokých teplot hydrolýzy nebylo použitou mikroskopickou technikou pozorováno porušení buněčné stěny kvasničné biomasy. Přesto je účinnost extrakce bílkovinného podílu vysoká. Zřejmě tedy uvedeným procesem dochází ke zvýšení permeability buněčných membrán a stěny, což umožňuje extrakci např. cytoskeletálních proteinů z buněk. Proces má potenciál dosáhnout dobré selektivity – významným problémem aplikace kvasničných extraktů je totiž přítomnost purinových bází, která je ze zdravotního pohledu nežádoucí. Pokud tedy nedochází k prasknutí buněčných stěn, je pravděpodobné, že velká část nukleových kyselin zůstává v organelách (jádro, ribozomy na endoplazmatickém retikulu), tj. uvnitř buňky. Naproti tomu podstatou dezintegrace je právě vylití buněčného obsahu do kapalné fáze reakční směsi.

## Závěr

Způsob zpracování kvasnic je faktorem, který přímo určuje výtěžnost cenných látek, stravitelnost a nutriční hodnotu připravovaných funkčních složek potravin. Naše práce ukázala důležitost volby rozsahu vhodné reakční teploty při hydrolýze kvasničné biomasy a separaci pevné nezreagované části reakční směsi. Byl studován a kvantifikován vliv reakčních podmínek na výtěžnost hydrolyzátu testovaných výchozích materiálů, jeho kvalita – zejména z hlediska solubilizovaných proteinů a byly stanoveny filtrační charakteristiky získaných reakčních směsí za různých provozních podmínek procesu filtrace.

- Výsledky ukázaly, že v rozmezí teplot 120–140 °C bylo možné dosáhnout výtěžnosti sušiny hydrolyzátu nad 80 % (m/m). Se zvyšující se teplotou rostl i výtěžek proteinu a dosáhl hodnoty 70 % (m/m) při 140 °C. Určitým kompromisem mezi výtěžností proteinů a senzoryckým profilem připravených hydrolyzátů se ukázala teplota hydrolýzy při 120 °C.
- Koncentrace kyseliny mléčné 2 % hm. je dostatečně účinná pro hydrolýzu testovaných vstupních surovin. Zvýšení koncentrace nepřináší žádné technologické výhody, a naopak znamená zvýšení výrobních nákladů.
- Studie filtračních charakteristik prokázala zásadní vliv teploty hydrolýzy na průběh filtrace. Zatímco filtrace reakčních směsí připravených při 140 °C probíhala bez potíží, směsi připravené při 120 °C byly extrémně obtížně filtrovatelné a rozdíly mezi odpovídajícími filtračními konstantami K byly o 4 řády.
- Experimentálně byl optimalizován proces výroby, který spočívá v hydrolýze pekařských kvasnic kyselinou mléčnou pocházející z přirozené fermentace syrovátky. Výrobní proces je poměrně

rychlý, samotná hydrolýza probíhá v tlakovém reaktoru (120 °C, čas do 2 hodin). Nejpomalejším krokem je pak fermentace syrovátky, záleží na jejím typu (kyselá/sladká), výsledný obsah kyseliny mléčné je pod 1,4 % hm.

- Samotný proces hydrolýzy je dostatečně účinný i bez zařazení operace mající za cíl dezintegrovat buněčné stěny. Dezintegrace buněčných stěn pomocí mlýnu a ultrazvuku byla neúčinnější. Zvýšení celkové účinnosti procesu zařazením kroku dezintegrace se však jeví jako málo perspektivní s ohledem na jeho vysokou účinnost i při absenci dezintegrační operace.

Výzkum a vývoj v oblasti získávání kvalitního proteinu z mikrobiální biomasy je zcela inovativním způsobem, jak získat proteiny s vysokou biologickou hodnotou odpovídající referenčnímu živočišnému proteinu. Výsledky řešení otevřely nejen cestu pro nutriční přípravky pro onkologicky nemocné a širokou medicínskou veřejnost, ale i komerční cestu k racionálnímu rozvoji funkčních potravin. Do budoucna může být i nepostradatelným postupem, jak zajistit proteinovou výživu u široké populace nejen v rozvojových zemích, ale i v industriálně rozvinutých společnostech.

## Poděkování

Práce byly realizovány za finanční podpory Ministerstva průmyslu a obchodu ČR, projekt č. FV40233 „Výzkum a vývoj procesů hydrolýzy mikrobiální biomasy pro přípravu komponent s vysokou biologickou hodnotou“.

## Použitá literatura

- 1 KRESCANKOVÁ, K., KOPECKÁ, J., NĚMEC, M., & MATOULKOVÁ, D. (2015). Charakterizace technologicky využívaných kvasinek rodu *Saccharomyces*. *Kvasny Prum.*, 61(6), 174-185. doi: 10.18832/kp2015019
- 2 Puligundla P, Mok C, Park S. 2020. Advances in the valorization of spent brewer's yeast. In: Innovative Food Science & Emerging Technologies, Volume 62. Wageningen (The Netherlands): The European Federation of Food Science and Technology. p. 102350.
- 3 Henchion M, Hayes M, Mullen AM, Fenelon M, Tiwari B. 2017. Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium. In: Foods, Volume 6. Basel (Switzerland): Multidisciplinary Digital Publishing Institute. p. 53.
- 4 Pasupuleti VK, Demain AL, editors. Protein Hydrolysates in Biotechnology. Springer Netherlands; 2010. pp. 229.
- 5 Tilman D, Clark M. 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, Volume 515. Springer Nature Limited. p. 518–522.
- 6 Kaneko K, Aoyagi Y, Fukuuchi T, Inazawa K, Yamaoka N. 2014. Total purine and purine base content of common foodstuffs for facilitating nutritional therapy for gout and hyperuricemia. In: Biological and Pharmaceutical Bulletin, Volume 37. Tokyo (Japan): The Pharmaceutical Society of Japan. p. 709-721.
- 7 Yamada EA, Sgarbieri VC. 2005 Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) protein concentrate: preparation, chemical composition, and nutritional and functional properties. In: Journal of Agricultural and Food Chemistry, Volume 53. Washington DC (USA): American Chemical Society. p. 3931.
- 8 LEGAROVÁ, V. *Posouzení kvality sladké syrovátky vzhledem k možnosti využití pro potravinářské účely*. 2011. Dizertační práce. Česká zemědělská univerzita Praha.

- 9 Co s odpadní syrovátkou při výrobě sýra? Palírny z ní vyrábějí alkohol. *FOODNET informační systém PK ČR* [online]. 2022 [cit. 2023-09-11]. Dostupné z: <https://www.foodnet.cz/cs/newsletter/3598-co-s-odpadni-syrovatkou-pri-vyrobe-syra-palirny-z-ni-vyrabeji-alkohol>
- 10 ČEMAN, Lukáš. *Využití kvasinek rodu Kluyveromyces při fermentaci syrovátky*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2018, 52 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/41852>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav analýzy a chemie potravin. Vedoucí práce Lazárková, Zuzana.
- 11 FAO Food and Nutrition Paper 77. Food Energy – methods of analysis and conversion factors. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization of the United Nations; Report of a Technical Workshop, 2002 Dec 3-6 [cited 2023 Sep 12]. Available from: <http://www.fao.org/3/Y5022E/y5022e03.htm>
- 12 PECHA, Jiří, Jakub HUSÁR, Karel KOLOMAZNÍK, Veronika MATUŠŮ a Michaela BAŘINOVÁ. YEAST HYDROLYSIS FOR FUNCTIONAL FOOD PREPARATION AND WASTE VALORIZATION. 2022 SUSTAINABLE INDUSTRIAL PROCESSING SUMMIT AND EXHIBITION