

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B 4131 zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan Moudrý, Csc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh farmářské výroby glukozového sirupu z pšenice

Vedoucí práce:

Prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.

Autor:

Hana Papanová

České Budějovice, březen 2014

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Hana PAPANOVÁ**
Osobní číslo: **Z11444**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině**
Název tématu: **Návrh farmářské výroby glukózového sirupu z pšenice**
Zadávací katedra: **Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce: Zpracovat ideový návrh malotechnologie výroby glukózového sirupu z pšenice.

1. Zpracujte odbornou literaturu a podejte návrh, jak by bylo možné co nejlevněji a v primitivních výrobních podmínkách oddělit škrob od lepku v pšeničné mouce a jak tento škrob oddělit a vyčistit.
2. Na základě studia literatury navrhnete optimální cestu hydrolýzy škrobu a vysvětlíte, proč enzymatická hydrolýza je i pro malovýrobce výhodnější, než klasická kyselá hydrolýza.
3. Na základě studia literatury proveďte literární rešerši o hydrolýze škrobu a hlavních produktech.
4. Pokuste se o návrh vlastní technologie glukózového sirupu z pšeničné mouky, nakreslete výrobní schéma a výsledek formulujte jako návrh vlastního užitého vzoru. Přesně definujte, v čem je Váš návrh technickou novinkou a zatím se nikde nepoužívá.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

Kolář L.: Malotechnologie. Zatímní učební text na mailu pro PÚPN. ZF JU Č. Budějovice, 2012.

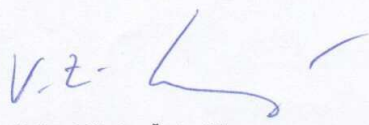
Velíšek J.: Chemie potravin. OSSIS, Tábor, 1. díl, 1999.

Kodet J., Babor K.: Modifikované škroby. SNTL Praha, 1991.

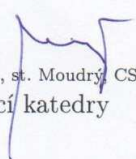
Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.**
Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2014**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Jan, st. Moudrý, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 11. března 2013

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma „Návrh farmářské výroby glukózového sirupu z pšenice“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/ 1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce a to ve zkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG, provozované Jihočeskou Univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, dne 1.března 2014

.....

Hana Papanová

Poděkování

Děkuji prof. Ing. Ladislavu Kolářovi DrSc., za cenné rady, připomínky a práce čas, který mi věnoval při vedení bakalářské práce.

Anotace

Výroba glukózového sirupu (t.j. „škrobového syrobu“) je v průmyslové výrobě dávno známa a provádí se zcela běžně kyselou hydrolyzou škrobu, bramborového a kukuřičného či pšeničného. Je to hustá kapalina (80% BG) obsahující až 95% glukózy v sušině a 3 - 5 % dextrinů 3 skupin (t.j. amylo - erytro a achrodextrinů). Používá se při výrobě marmelád, limonád, bonbonů, perníku, likérů, jako náhražka medu a dále v průmyslu textilním, koželužském a v konzervářském při výrobě ovocných konzerv. Bonbonový škrobový sirup má v sušině jen kolem 40% glukózy a 55 % dextrinů.

V práci je řešen návrh užitého vzoru výroby glukózového (škrobového) sirupu nikoli ze škrobu, ale přímo z pšenice v primitivních podmínkách farmářské výroby.

Klíčová slova: malotechnologie - farmářská výroba - glukózový sirup - pšenice

Abstract

Production of glucose syrup (i.e., „starch syrup“) has been well known for long in the industrial production and has been routinely carried out by acid hydrolysis of starch , potato and maize or wheat one. It is a thick liquid (80% BG) containing up to 95% of the glucose in the dry state , and 3-5 % of dextrin in three groups (i.e. amylo - erythro and achrodextrins) . It has been used in the production of jams, soft drinks , sweets , gingerbread, liqueurs, as the substitute of honey. It has also been used in textile industry, leather industry and in canning industry to produce canned fruits. Starch syrup in sweets has only around 40 % of glucose in its dry state and 55% of dextrans.

The work deals with the proposal of a starch syrup production utility model which will be prepared not from starch but directly from wheat by primitive farming production.

Keywords: malotechnology - farm production - glucose syrup - wheat

Obsah

1. Úvod	9
2. Literární přehled	10
2.1 Výroba škrobu, dělení škrobu a lepku.....	13
2.1.1 Způsob kyselý čili hallský:.....	14
2.1.2 Způsob alzaský čili sladký	15
2.1.3 Metoda uherská	16
2.2 Hydrolýza škrobu (Bellitz, Grosch 1992).....	17
3. Materiál a metody	19
4. Návrh užitečného vzoru "Farmářská výroba glukózového sirupu z pšenice".....	26
4.1 Dosavadní stav techniky	26
4.2 Podstata technického řešení	26
4.3 Technologické schéma	27
4.4 Příklad provedení	29
4.5 Průmyslová využitelnost	29
5. Diskuse a závěr	30
6. Seznam literatury	31

1. Úvod

Farmářská výroba glukózového sirupu je jedna z cest tzv. „malotechnologií“ t.j. výroby i nepotravinářských produktů žádaných na trhu a často dovážených z ciziny, ze zemědělské suroviny a to přímo jejím prvovýrobcem, tedy farmářem. Je to snaha, aby zemědělský výrobce nebyl odkázán jen na dodavatele surovin, ale aby byl také sám zpracovatelem a vyloučil tak možnost, že většina zisku z prodeje žádaného výrobku připadne zpracovateli, který zemědělského výrobce vlastně zneužívá. Chceli však farmář sám vyrábět musí mít výrobní postupy jednoduché, investiční náklady minimální a pochopitelně celkovou produkci relativně malou. Bude mít určitě menší produktivitu práce než moderní průmyslový velkovýrob, ale může vyrobit zboží stejně kvalitní, může zaměstnávat další občany a může přispět k rozvoji dané řemeslné výroby i české domácí produkce.

Srovnávat výrobu malotechnologie s moderním velkopřmyslem sice nelze, ale položme si otázku: Můžeme z ciziny důležité suroviny stále jen nakupovat? A jsme ty průmyslové velkopodniky české či mezinárodní? Je trvale udržitelný systém stav stálého rozšiřování obchodu a útlumu vlastní průmyslové výroby zvláště zboží menšího objemu?

To jsou důvody, proč malotechnologii nelze považovat za výrobu „na koleně“ či výrobu v „garáži“, jak se někdy posměšně tvrdí, ale cesta ke zlepšení odbytu a tím rozvoje zemědělství, za cestu k vyšší řemeslnosti a úspoře deviz. Není to pověstný NEP z dob SSSR, ale pokračování dobrého českého vzoru: Známá MADETA, vznikla původně také jako malotechnologie sdružení zemědělců, kteří nemohli prodat vyprodukované mléko.



2. Literární přehled

Škrobový čili glukózový sirup (syrob) se běžně vyrábí ze škrobu jak je zřejmé z jeho názvu. Ze spisů pliniových je zřejmé, že pšeniční škrob se vyráběl už ve starověku na Krétě, v Egyptě a na ostrově Chiosu. Jako jediná surovina pro výrobu se pšenice udržela až do 18. století. Během celého středověku byli hlavními výrobci škrobu Holanďané, kteří škrob, stejně jako třtinový cukr dodávali celé Evropě. I když brambory byly přivezeny do Evropy z jižní Ameriky už koncem 16. století, k výrobě škrobu byly využity až o 200 let později, koncem 18. století. A teprve v 19. století se začal škrob vyrábět i z jiných surovin - z kukuřice, rýže a některých tropických plodin. (Kadlec 2003)

První zmínka o výrobě škrobového cukru (vlastně škrobového sirupu) v oblasti ČR je z roku 1812. První škrobárny byly malé závody u velkostatků, později to byla rolnická družstva a teprve potom se škrobařský velkopřmysl od prvovýrobců suroviny zcela oddělil.

Z brambor se škrob vyráběl nikoliv proto, že to byla bohatá škrobová surovina, ale protože brambory produkovalo tehdejší zemědělství jako přebytek. Průměrně 18% škrobu v bramborách a 60 % škrobu v kukuřici, 65 % v pšenici 75 % v rýži je důvodem proč se dnes škrob už prakticky nevyrábí. (Holub 2000)

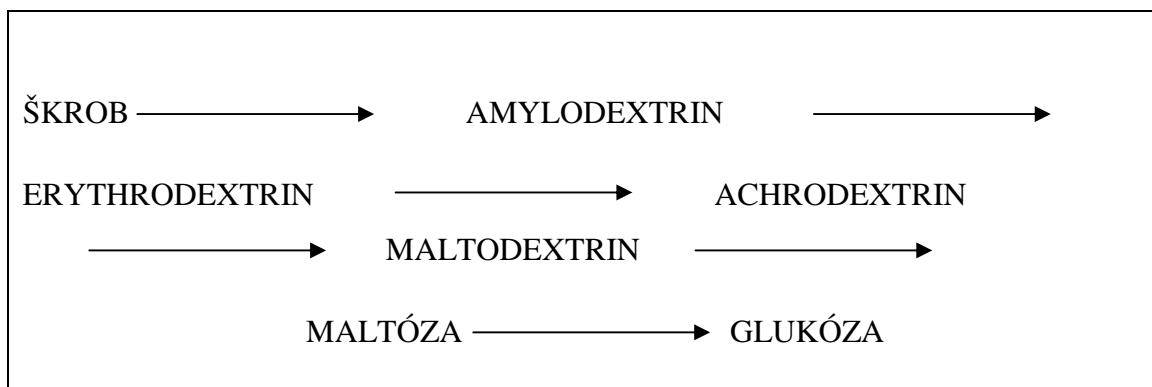


Škrob je bílý prášek hustoty 1,5. Ve studené vodě je nerozpustný, v horké vodě bobtná a tvoří maz škrobový. Jodem se barví škrob za studena intenzivně modře, varem zbarvení mizí. Každá škrobnatá surovina obsahuje škrobová zrnka specifického tvaru a proto jsou druhy škrobu mikroskopicky rozeznatelné. (Kadlec 2008)

Z obrovské řady různých chemických reakcí škrobu, které jsou dnes základem neobyčejně pestré výroby tzv. modifikovaných škrobů je pro téma mé práce nejdůležitější hydrolýza škrobu katalyzovaná kyselinami nebo hydrolýza enzymatická (Kodet, Babor 1991)

Hydrolýzu je možno schematicky znázornit, viz. obrázek č.1

Obrázek č.1 – Schematické znázornění výroby glukózy



(Kodet et al. 1982)

Při teplotě 200 ° C škrob hnědne a mění se v dextriny, vlhký škrob na vzduchu ztrácí rychle vodu do 35% vlhkosti. Lze sušit maximálně do 20% vlhkosti, protože je - li sušen více, vodu rychle ze vzduchu opět nabírá. (Grégr, Uher 1974)

Zcukřuje - jeli se škrob enzymem diastázou pak nejprve škrob ztekucuje (optimum 60 °C) a pak teprve zcukruje. Nad 70°C zcukrující účinnost diastázy přestává, ale zůstává účinnost ztekucující. Reakce se zastaví u maltózy, k její přeměně na glukózu je třeba další enzym maltózy. Ta je např. v kvasinkách. Při zcukření se přemění škrob v 80 dílů maltózy a 20 dílů dextrinů, které dodatečně přecházejí v maltózu jen prokvašením původní maltózy. (Velíšek 1999)

2.1 Výroba škrobu, dělení škrobu a lepku

Výroba škrobu v principu je jednoduchá. Z rozemleté suroviny se oddělí škrob vypíráním jako tzv. „škrobové mléko“ . To se dále čistí a rafinuje, izolovaný škrob se suší. (Uher, Grégr 1964)

Konkrétně je však výroba škrobu dosti závislá na použité surovině. Protože výroba škrobu je perspektivní v ČR z pšenice, popíši tuto výrobu.

Pšenice obsahuje zhruba 60 - 65% škrobu a asi 12% směsi bílkovitých látek tzv. lepků. „Lepek stmeluje zrnka škrobu a obtížně se vypírá.“



Na rozdíl od škrobu brambor tvoří škrob pšenice zrnka menší hmotnosti, takže se hůře usazuje než škrob z brambor. (Dyk, Grégr, Seiler 1963)

Pšenice s větším množstvím lepku je na řezu sklovitá, s malým obsahem lepku je na řezu moučná. Protože lepek brání vypírání škrobu, je lepší surovinou pšenice měkká moučná.

Lepek je směs několika bílkovin, je nerozpustný ve vodě, ale snadno rozpustný ve zředěných kyselinách i alkáliích. Obsahuje hlavně gliadin (tam je rozpustný v 70% lihu) a glutein (v 70% lihu nerozpustný). Výroba pšeničného škrobu má několik variant. (Andrlík 1947)



2.1.1 Způsob kyselý čili hallský:

Pšenice se máčí ve vodě tak dlouho, až se zrno dá v prstech rozmáchnout. Voda se nevyměňuje bakterie na povrchu zrna přispívají k rychlému kvašení. Namočená pšenice se musí jemně rýhovanými ocelovými válci rozmačkat na kaši, ta se ředí vodou a

v kádích při 20°C kvasí. Cílem fermentace je rozrušení lepku, aby se dal vodou snadno vyprat. Do kádí se přidává „matka“ t.j. kyselá voda od minulého kvasu aby se proces urychlil. Nejprve probíhá kvašení lihové pak octové mléčné, máselné a nakonec obsah kádí hnije. Hmota pění, vzniká NH_3 a H_2S a kapalina odporně páchne. Kvašení se za 10 -14 dnů musí zastavit, aby mikrororganismy nenarušily také škrobová zrna. Kyselá voda se z kádí odpustí a zbytek se ve vypěradle (dírkovaný měděný válec) vypírá studenou vodou. Ve válci zbývá tzv. „kyselé mláto“ směs pluch nerozloženého lepku a zbytku škrobu. Odtékající škrobové mléko prochází sítí do sedimentů, kde se během 4 - 5 dnů usadí. Horní vrstva je škrob horší jakosti a zpracuje se zvlášť. Zbytek se rozmíchá vodou a dále se čistí sedimentací v tzv. „lavérech“. (Dyr et al. 1956)

Někde pracují s Langenovou odstředivkou. Její buben je z plného plechu. Do bubnu se vkládá 8 segmentovaných forem podoby klínů. Škrobové mléko se přivádí do středu bubnu, škrob naplní formy, voda se hromadí kolem osy bubnu a přepadá do bubnu odstředivky. Když je odstředivka naplněna vyjmou se škrobové segmenty, vnitřní vrstva s nečistotami a lepkem se oškrábe a odstředěný škrob se dopravuje do sušárny. (Uher, Grégr 1964)

V některých závodech se odvodňuje surový škrob nučí, t.j. filtrační plachetkou podtlakově. V tomto škrobu zůstávají stopy lepku a ten působí, že při sušení takového škrobu se škrob rozpadá do charakteristických tyčinek. Tento škrob se prodává jako škrob paprskový „či škrob krystalový“. Prvotřídní škrob se z tohoto škrobu dá vyrobit promytím slabou čpavkovou vodou a modřením. Kyselý způsob je nevhodný. (Kadlec 2003)

2.1.2 Způsob alzaský čili sladký

Pšenice se máčí ve vodě teplejší, než při kyselém způsobu a mačká se na kaši jemnější. Dříve se tato kaše vypírala primitivně vodou tak, že se kaše zašila do plátěného pytle a ten se pak vodou protahoval mezi válci. V pytli zůstal lepek a škrob pronikal do vody.

Dnes se používá Uhlandův extraktér s rychle rotujícím křídlovým míchadlem. Škrobové mléko prochází sítím, lepek a slupky zůstanou v extraktéru a vypouští se postranním otvorem. Škrobové mléko jde přes řadu sítí do odstředivek a pak do sušárny.

2.1.3 Metoda uherská

To je výroba nikoli z rozmačkané pšenice, ale z pšeničné mouky. Je dvojího typu:

a.) metoda Martinova

b.) metoda Keilova

(Kadlec 2008)

Při metodě Martinově se z mouky a vody vytvoří první těsto, které se nechá několik hodin v klidu. Pak se rozdělí na kusy po 1 kg, ty se mezi válci vytvarují v tenké placky, které se vypírají v extraktéru proudem studené vody.

Při metodě Keilově se mouka rozdělá vodou s přidáním 0,2 % CaO na husté těsto, které se vypírá vodou v Keilově extraktéru. Je to válcovitá nádoba v níž se pohybuje míchadlo tvaru S s rameny.

Do extraktéru se plní 25 - 50 kg těsta, lepek zbývá v extraktéru a škrobové mléko odtéká do centrifug. V nich se oddělí škrob, který se hromadí na stěnách bubny, uvnitř zůstává směs lepku a málo hodnotného škrobu která se může hned zpracovat na těstoviny.

(Pamoast, Junek 1980)

Srovnáme - li tyto tři metody z hlediska výtěžku škrobu prima (nejvyšší kvality) a lepku získáme obraz, viz. tabulka č.1

Tabulka č.1 – Obrázek výtěžku škrobu a lepku

	% škrobu	% lepku
kyselý způsob	42	0
způsob	40	5
výroba z mouky	60	10

(Kadlec 2008b)

2.2 Hydrolýza škrobu (Bellitz, Grosch 1992)

Hydrolýza škrobu, kterou lze provést kyselinami nebo enzymaticky, se polysacharid škrob hydrolyzuje až na monosacharid glukózy. (Bellitz, Grosch 1992)

Zastaví - li se hydrolýza dříve, vzniká směs dextrinů a glukózy, která po zahuštění v odpařovačích při 55 - 65 °C filtraci a dalších úpravách dává škrobový syrob. Ten se ve velkém množství používá v průmyslu textilním, koželužském v potravinářství k slazení marmelád, likérů, mléčných výrobků, vína a cukrovinek cukrářských, k výrobě bonbonů a k výrobě perníku. (Hoffmann et al. 1985)



Zvláštní druh tohoto syrobu, který se dá vytvarovat do vlákna se nazývá „kapilární“ a nejcennější pečlivě rafinovaný zcela bezbarvý škrobový syrob „křišťálový“.

Zcela analogicky se vyrábí „škrobový cukr“ čili glukóza. Dextrinů obsahuje minimum, hydrolýza musí trvat déle asi 3 hodiny. Škrobový cukr má sice menší sladivost, než cukr řepný (sacharóza), ale zamezuje krystalizaci a proto cukrářské a pekárenské výrobky i perník jsou vláčnější. Také u marmelád, rosolů a džemů je to důležité. Ze škrobového cukru zahříváním s 3% sody při 200 °C se vyrábí hnědé barvivo kulěť široce používané v potravinářském průmyslu k barvení rumu, vín desertních, octa atd. (Tegge et al. 1983).



Dnes se však škrob zpracovává v ohromném množství na tzv. „modifikované škroby“, kyselou hydrolýzou, enzymatickou hydrolýzou, termickou degradací, substitucí škrobu na estery, ethery zesítené škroby a oxidované škroby. Modifikované škroby jsou významnými surovinami v průmyslu papírenském, textilním při výrobě netkaných textílií, lepidel, vyrábí se modifikované škroby pro vrtné účely, pro flokulaci ve vodárenství, ve farmacii, k výrobě ochranných filmů, k výrobě kosmetických léčiv a dokonce k výrobě krevní náhražky. V potravinářském průmyslu se ohromné množství modifikovaných škrobů spotřebuje v mlékárenském průmyslu, při výrobě pečiva a cukrovinek, majonéz, dehydrovaných a instantních potravin, v konzervárenství a mrazárenství. Převážnou většinu těchto modifikovaných škrobů dováží ČR z Německa, Francie a Švédska. Je to i škoda, pro naše zemědělství i chemický průmysl.

(Kodet, Babor 1991)



3. Materiál a metody

Práce jsem zahájila izolací škrobu z pšenice podle obecně známých technologií, které popisují v literárním přehledu. V laboratorních podmínkách jsem zkusila metodu hallskou, metodu sladkou (alsaskou) i výrobu škrobu z pšeničné mouky (uherskou), které se mi zdály až extrémně jednoduché a prosté při nikoli technologickém, ale pouze laboratorním provedení. Skutečnost vlastních zkušeností byla však zcela jiná. Reproductibilita výtěžků mých experimentů byla žalostná, popisované produktivity škrobu jsem nedosáhla. Bylo zřejmé, že všechny tyto klasické škrobařské technologie se pro drobného výrobce, farmáře, který chce dělat malotechnologii naprosto nehodí.

Po dohodě s vedoucím mé práce jsem zkoušela uvolnit lepek od škrobu přidávkem směsi NaCl + NaHCO₃ v poměru 1:1 v množství 5% hmotnosti pšeničné mouky, kterou jsme rozdělala vodou na velmi řídké těsto. To jsem nechala 24 hodin při pokojové teplotě v klidu. Těsto jsem pak vypírala vodou ve vysokém válci dekantací. Rozpuštěný lepek ve formě slizovité tekutiny byl z válce vyplavován a tak dělen od usazujícího se škrobu. Podle Andrlíka (1974) při použití jen 1% NaCl se lepek nerozpouští, ale jen botná a škrob se od něj dá oddělit na odstředivce. To se mi však nepodařilo. Postup původní má také své nevýhody: znamená ztrátu lepku, vysokou spotřebu vody a je poměrně zdlouhavý. Velkou výhodou je však naprostá jednoduchost provedení i v těch nejprimitivnějších podmínkách.

Získaný pšeničný škrob jsem zkoušela hydrolyzovat kyselou i enzymatickou hydrolýzou postupy, které přednáší můj školitel v předmětu „malotechnologie“. Použila jsem samozřejmě jen laboratorní adaptaci popisovaných výrobních technologií.

(Kolář 2013)

Základním požadavkem je ztekucení škrobu nebo škrobové části biomasy. To se provádí v suspenzi materiálů či čistého škrobu a používá se k tomu bakteriální α amyláza. Protože je třeba, aby škrob při tom vyšší teplotou zmazovatěl, musí se použít jen termostabilní α amyláza. Pracuje se při teplotách nad 85% C, při pH v intervalu pH = 5,5 - 7,0 po dobu 2 hodin v přítomnosti Ca²⁺ - iontů pro urychlení reakce.

Ztekutit škrob lze i chemicky kyselou hydrolýzou a sice tak, že se hydrolýza provádí kontinuálně kyselinou solnou nebo kyselinou sírovou při pH = 2,2 a teplotě 132°C v tlakovém zařízení. Vzniká glukózový čili škrobový sirup, který obsahuje různá množství glukózy, disacharidu maltózy, oligosacharidů s polymeračním stupněm 3 - 7 a vyšších sacharidů.

Hodnota jeho glukózového ekvivalentu (DE - hodnota, dextrózový ekvivalent) při kyselé hydrolyze škrobu je 20 - 68 (DE ekvivalent je stupeň zcukření, součet redukujících cukrů, počítaných jako glukóza, DE glukózy je 100, DE škrobu je 0).



Podle daných reakčních podmínek je výsledkem určitý DE, který určuje poměr mezi glukózou, maltózou, oligosacharidy a vyššími sacharidy. Čím je DE vyšší, tím je obsah glukózy v sirupu také vyšší. Při DE = 60 je ve škrobovém sirupu asi 36% glukózy.

Bohužel, při kyselé hydrolyze vzniká řada vedlejších reakcí, takže asi 5 - 6 % vzniklé glukózy je zničeno tvorbou dalších produktů, isomaltózy, gentiobiózy, trisacharidů, 5 - hydroxymethylfurfuralu a dalších produktů, které vyvolávají tmavé zbarvení (Maillardova reakce), karamelizaci a další potíže. Surový škrobový sirup se proto musí

čistit, nejprve se neutralizuje a pak se sráží lipidy, proteiny a po oddělení kalu se barviva sorbují na aktivním uhlí a mineralie se odstraňují na katexech a anexech v iontoměničových kolonách.

Protože se musí použít vaření v tlakových nádobách (teplota kolem 132°C) je zřejmé, že kyselý postup je dosti problematický a už dnes nemoderní.

Enzymatické ztekucení škrobu je čistší, pracuje se při teplotách nižších, lze dosáhnout DE v intervalu DE = 10 - 96, podle reakčních podmínek a kombinace enzymů. Pouze s α amylázou, ale nevystačíme, protože lze dosáhnout DE jen asi kolem DE = 40 - 45 a tím v produktu je méně glukózy a více maltózy. Proto po ztekucení škrobu, které může být buď bakteriální α amylázou, nebo minerálními kyselinami, nebo se proces kombinuje kyselina + enzymatické ztekucení, následuje enzymatické štěpení plísňovou amyloglukosidázou (glukoamylázou, správně Exo- 1,4- α -D -glukosidázou), při pH = 3,3 - 4,7 a teplotě 60°C.

Tak lze dosáhnout až DE = 97 s 96 % glukózy. Nejde - li nám o glukózu, ale jen o směs glukózy, maltózy a dextrinů a vyšších cukrů - tzv. " maltózový sirup, lze ztekucený škrob zpracovat směsí bakteriální α -amylázy a plísňové či bakteriální β amylázy.

Používá se také pululanáza (isoamyláza) v kombinaci s α a β - amylázou. Vznikají silné maltózové sirupy.

Vlastních technologických postupů je celá řada, podle velikosti a stáří výroby. Nejběžnější technologický postup kyselé hydrolyzy škrobu při diskontinuální výrobě je tento: Do tlakové nádoby („konvektoru“) se napustí škrobové mléko o koncentraci 35%, což odpovídá jeho hustotě 20 - 22°Bé. Pak se přidá 0,2 % koncentrované HCLv přepočtu na sušinu škrobu a při teplotě 120 - 150°C (což odpovídá tlaku v nádobě 0,3 - 0,4 MPa) probíhá vlastní hydrolyza na požadovaný stupeň zcukření. Pak se obsah konvektoru vypustí do neutralizační kádě, do které se pak přidává 10% roztok sody až do dosažení pH = 4,5 - 4,7.

Stejně probíhá i kontinuální hydrolyza škrobu jen s tím rozdílem, že místo konvektoru je používán trubkový průtokový reaktor ve spojení s nepřetržitou neutralizací ve směšovací komoře, do které je tangenciálně přidáván roztok Na_2CO_3 . V tomto případě se pH měří zabudovaným průtokovým pH - metrem.

Surový hydrolyzát se mechanicky filtruje na kalolisech, naplavovacích deskových nebo svíčkových filtrech, někde se používají vakuové filtry. Dále se odbavuje v adsorbérech s aktivním uhlím a křemelinou. Někde se ještě zařazuje demineralizace na ionexové stanici.

Rafinovaný hydrolyzát se odpařuje na odparkách na finální produkty - škrobové sirupy. Mívají koncentraci 70 - 80% sušiny a dodávají se většinou ve 3 druzích: škrobový sirup nízkocukřený (DE kolem 25), středně cukřený (DE asi 45) a vysokocukřený (DE kolem 55). Sirupy získané kyselou hydrolyzou se nesuší.

Při enzymové hydrolyze škrobu se používá škrobové mléko o koncentraci 30 - 35% (t.j. hustoty 17 - 22° Bé). Hodnota pH se upravuje podle požadovaného optima pro použitý enzymatický přípravek. Pak se přidají pomocné kationty, nejčastěji Ca^{2+} . Enzymatická hydrolyza se provádí ve dvou stupních: První stupeň je tzv. „ztekucení“, provádí se zahřátím v tryskovém vařáku na teplotu 85 - 120°C (dle použitého škrobu) a vytvoří se tak škrobový maz. Aby tento maz nebyl příliš viskózní a neretrogradoval (uvolnil vodu), přidává se už v této fázi termostabilní α amyláza, takže po 10 - 90 minutách se už DE substrátu pohybuje v mezích DE = 10 - 12.

V druhém stupni se pak provádí „zucukření“, t.j. hlavní část hydrolyzy. Ztekucující enzym většinou musí být inaktivován, což se provádí zahřátím a snížením pH. Zucukření probíhá delší dobu, než ztekucení, v rozmezí 6 - 96 hodin. Provádí se ve velkoobjemových temperovaných nádobách, tzv. „tancích“, teplota, pH, množství enzymu se opět řídí specifickými požadavky enzymatického přípravku. Nakonec se provádí inaktivace enzymu pasteurací hydrolyzátu. Rafinace a odpařování vody ze zahušřovaných sirupů se provádí stejně jako u sirupů z kyselé hydrolyzy. Enzymaticky vyrobené škrobové sirupy mohou mít DE až 96 - 97 a proto se často suší, nebo z

glukózového sirupu DE = 96 se krystalizací a odstředěním matečního sirupu vyrábí krystalická glukóza.

Jestliže na glukózový sirup s DE = 96 - 97 půsíme enzymem glukosylomerázou, získáme fruktózový sirup, obsahující asi 53% fruktózy a 45% glukózy. Fruktózové sirupy s obsahem až 90% fruktózy se už z tohoto produktu musí připravovat s použitím separačních technik.



U enzymatických výrob je důležitý výběr enzymatického přípravku. Vývoj je zde neobyčejně bouřlivý a některé výrobky jsou prvotřídní. Např. dánská firma NOVOZYMES vyrábí šest termostabilních α amyláz (Liquozyme X, Liquozyme Supra, Liquozyme Supra 2.2.X, Liuzozyme Supra 2.8.X, Termanyl 120L, Termanyl 2X), které se liší optimálním pH (5,2 - 6,4) dosaženým DE za 120 minut ve standartních podmínkách, redukcí viskozity snadnosti inaktivace, úrovní tvorby maltulózy, panózy, potřebou Ca^{2+} iontů, úsporami v dalším procesu zpracování, podílem glukózy ve zcukřeném škrobu a dalšími parametry.

Ztekucení škrobu se provádí v suspenzi s 12% sušiny dávkou 0,54 g Termanylu 120 L na 1kg sušiny škrobu s přídavkem 70 ppm Ca^{2+} při pH = 6,2 (při použití Liquozymu X dávkou 0,40 g/kg sušiny škrobu s přídavkem jen 10 ppm Ca^{2+} a pH = 5,4).

Proces ztekucení škrobu má rozdílný postup při použití nižší a vyšší teploty. Při nižší teplotě se postupuje takto:

- a) Enzym se přidává do nádoby se škrobovou suspenzí.
- b) Zahřeje se na 105 - 180°C po dobu 5 - 8 minut.
- c) Ochladí se při sníženém tlaku.
- d) Zahřívá se 90 - 120 minut na 95°C.

Při vyšší teplotě se postupuje jinak:

- a) Škrobová suspenze se zahřeje na teplotu 130 - 160°C
- b) Ochladí se při atmosférickém tlaku.
- c) Upraví se pH.
- d) Přidá se enzym.
- e) 90 - 120 minut se zahřívá na 98°C.

Enzymy se inaktivují snížením pH a následným zahřátím na 95°C před enzymatickým zcukřením ztekuceného škrobu. U α amylázy Termanyl 120L a Termanyl 2X se inaktivace provádí při pH = 4,3 zahřátím na 95°C po dobu 5 - 10 minut. U α -amylázy Liquozyme X a Liquozyme Supra není před zcukřením inaktivace nutná.

Platí nejen pro α amylázy, ale obecně pro všechny enzymy, že je nutno je přechovávat v prostředí s teplotou 0 - 25°C, v originálním balení, chráněné před sluncem.

Během doby jejich enzymatická aktivita klesá. Je pak nutno použít vyšší dávky a někdy i vyšší teploty.

4. Návrh užitého vzoru "Farmářská výroba glukózového sirupu z pšenice"

4.1 Dosavadní stav techniky

Glukózový sirup se dnes vyrábí jedině velkovýrobně z izolovaného pšeničného škrobu z pšeničné škrobárny. Škrob se zpracovává obvykle kyselou hydrolyzou, méně enzymatickou hydrolyzou na směs glukózy a dextrinů.

Jiné způsoby hydrolyzy škrobu založené na použití diastáry dlouhého zeleného sladu (lihovarského) se dnes už nepoužívají při výrobě tohoto výrobku, jejich význam však stále trvá v lihovarství.

4.2 Podstata technického řešení

Škrob se vyrábí z velmi řídkého těsta z pšeničné mouky a vody s přídavkem $\text{NaCl} + \text{Na HCO}_3$ v poměru 1:1 v dávce 5% na hmotnost použité mouky. Směs se ponechá 24 hodin v klidu a pak se lepek od škrobu oddělí několikanásobnou dekantací jako lepivý roztok a tím se ztrácí do odpadu. Ve válci zůstane jen čistý škrob.

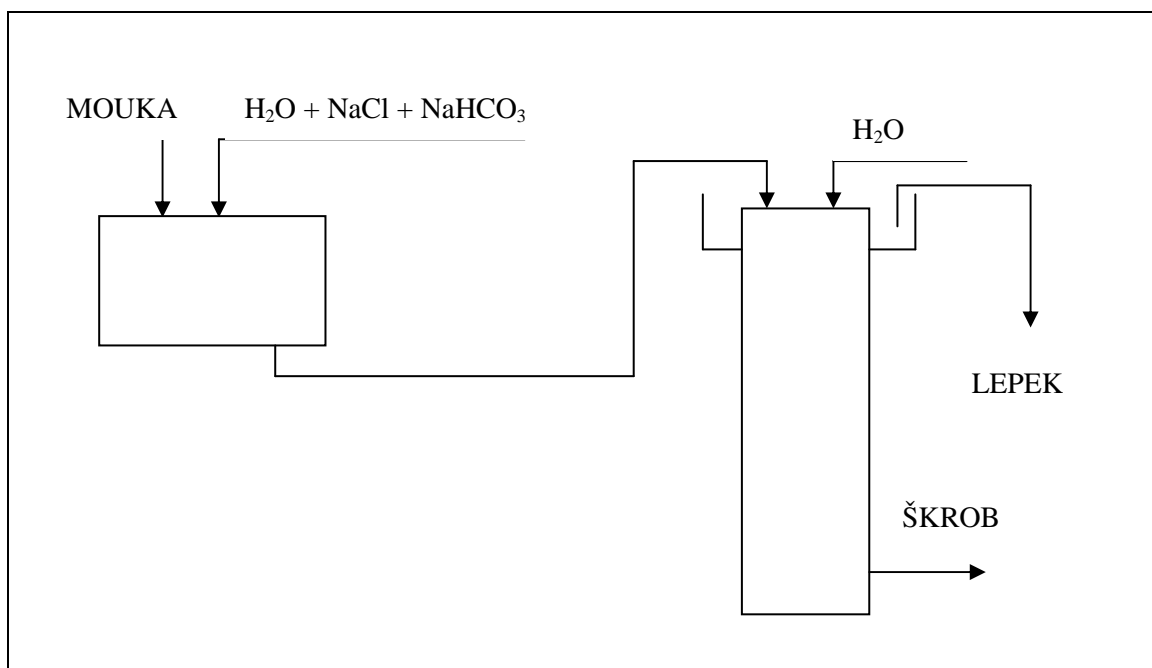
Škrob hydralyzuje enzymatický systém Termanyl od firmy NOVOZYMES způsobem, který popisují v kapitole materiál a metody.

Získaný roztok glukózy a dextrinů se zahušťuje na vakuové odparce.

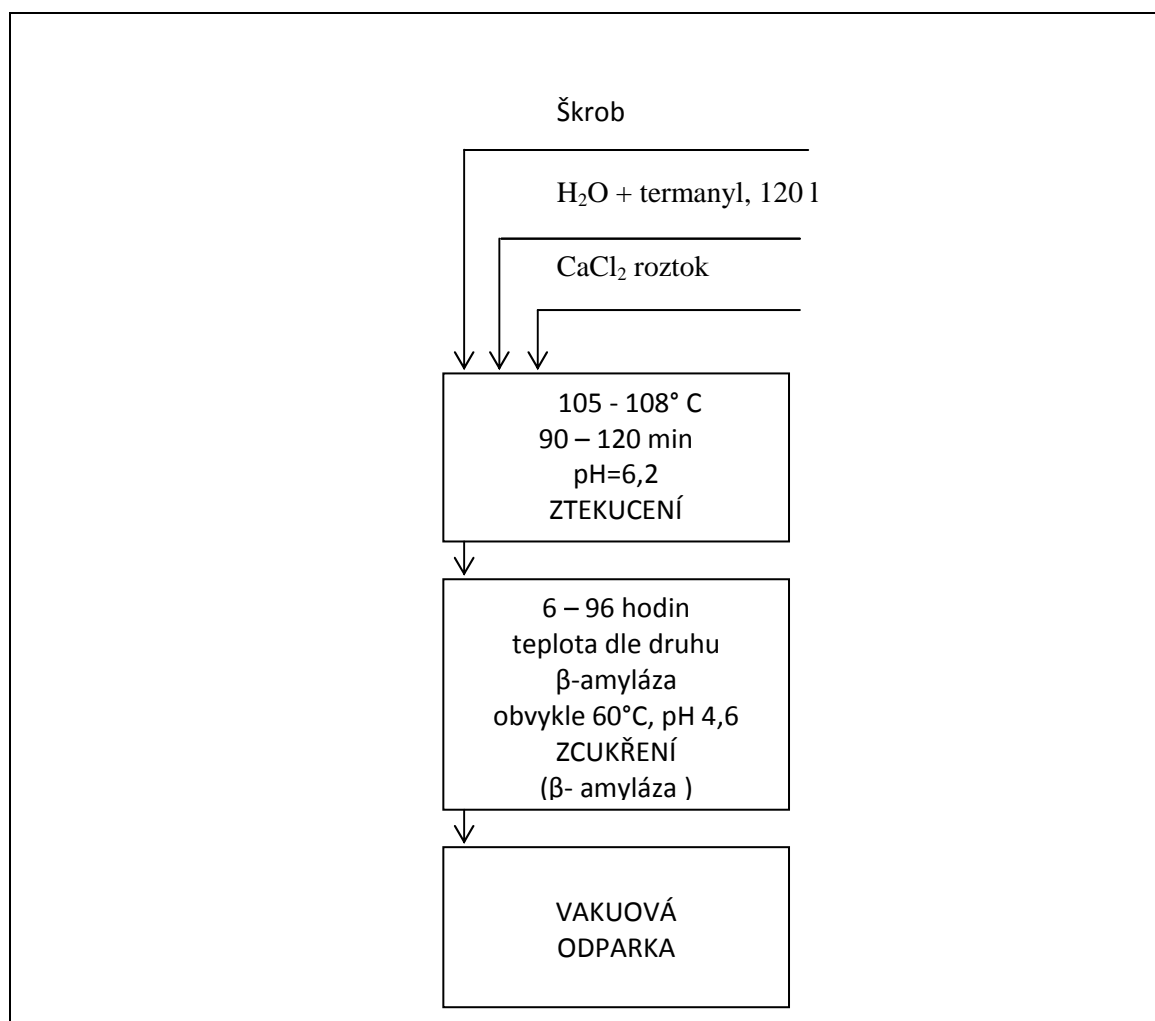
4.3 Technologické schéma

Technické řešení popsané v kapitole 4.2, je znázorněno v tabulce č.2 a tabulce č.3

Tabulka č.2 – Schéma výroby škrobu



Tabulka č.3 – Schéma využití vakuové odparky



4.4 Příklad provedení

Příklad podílu škrobu v jednom z možných návrhů je uveden, viz. tabulka č.4

Tabulka č.4 – Podíl škrobu v možném návrhu

Obsah škrobu v pšenici
% získaného škrobu ze suroviny
Spotřeba vody z dekantace na 1 hmotnostní jednotku škrobu
Dextrozový ekvivalent: škrob pšenice: 0 škrob po odstranění lepku: 2 výrobek: 54

4.5 Průmyslová využitelnost

I v primitivních podmínkách lze s použitými enzymy firmy NOVOZYMES dosáhnout dextózového ekvivalentu 54, tedy blízkosti $DE = 55$, což je hranice vysoce zcukřeného škrobového sirupu. Výrobek se tedy dá použít pro všechny známé způsoby využití tohoto produktu.

5. Diskuse a závěr

Moje výsledky dokazují, že i velmi primitivní technologie charakteru malotechnologií, je schopná dát nejen použitelný, ale také jakostní výrobek. Je třeba upozornit na to, že jsem technologické operace podle návodu provedla, ale bez jediné snahy procesy dále zkoumat a optimalizovat. Důvod je snadný: Neměla jsem ani dostatek času, ani dost technických možností, protože na mateřském pracovišti jsem pracovat nemohla a proto jsem byla odkázána na pomoc a volnou kapacitu mé přítelkyně a volný čas v její laboratoři. Je tedy zřejmé, že při podobném rozpracování dílčích technologických kroků by bylo možno tyto procesy optimalizovat a dosáhnout ještě lepších výsledků.

Na druhé straně je třeba si uvědomit, že moderní průmyslový závod nemá problém vyrobit glukózový sirup s $DE=96-97$, z kterého lze krystalizací a odstředěním matečného sirupu oddělit krystalickou glukózu a jestliže na tento glukózový sirup budeme působit glukokózoisomerázou, lze získat fruktózový sirup, který má kolem 50% fruktózy. Ale dejme si otázku? Máme na takovou výrobu? A budeme v dohledné době mít? Nemáme na to a nemají na to ani bohaté technicky vyspělé státy a proto tento moderní průmysl vlastní jen nadnárodní světové společnosti. Samozřejmě vyrábí levně, prodávají však draze a ekonomický vývoj nejen u nás, ale i v Americe dokazuje, že nemůžeme jen obchodovat, musíme sami vyrábět. Proto se domnívám, že dívat se na malotechnologii skrz prsty jako na výrobu v „garáži“ je názor špatný, vede z nechuti vyrábět a mohli bychom na to velmi brzy doplatit. Je např. známo, že obyčejné otevírače lahví musíme dovážet z Anglie, ačkoliv dříve je razila z plechu nějaká bezvýznamná dílna JZD jako přidruženou výrobu. Tehdy stál asi 1 Kč, anglický je krásný, ale stojí nás více než 100 Kč. Aby k těmto absurditám nedocházelo měli bychom rozjet výrobu, alespoň v malotechnologiích na které máme. Že by to bylo možné dokazuje má práce.

6. Seznam literatury

1. Andrlík K., 1947: Základy chemické výroby. Josef Hocker Praha
2. Bellitz H.D., Grosch W., 1992 Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 4 überaub Auflage. Springer Verlag, Berlin, Louder, Paris, Tokyo, Heidelberg
3. Dyk J., Grégr V. Kettelwascher Z., Seiler A., Tomášek J., Zelenka S., 1956: Lihovar-nictví SNTL Praha
4. Dyk J., Grégr V., Seiler A., 1963: Lihovarství SNTL Praha
5. Grégr V., Uher J., 1974: Výroba lihovin SNTL Praha
6. Hoffmann H., Mauch W., Untze W., 1985: Zucker und Zuckerwaren. Verlag Paul Parey, Berlin
7. Holub L., 2000: Vývoj chemického průmyslu v ČSR 1918 - 1990. VŠCHT Praha skripta
8. Kadlec P. 2003 Procesy potravinářských a biochemických výrob. VŠCHT Praha skriptum
9. Kadlec L., 2008a : Technologie potravin VŠCHT Praha, I. díl
10. Kadlec L. 2008b: Technologie potravin VŠCHT Praha, II. díl
11. Kodet J., Babor K., 1991 Nemodifikované škroby, dextriny a lepidla. SNL Praha
12. Kodet J., Štěrba S., Šlechta L., 1982: Modifikované škroby. VÚPP - STI, Praha
13. Pamoast H.M., Jurig W.R., 1980: Handbook of sugars. 2 nd.edn. AVI Publ. Co., Westport, Conn.
14. Tegge G., Riehn T., Sinner M., Puls J., Sahn 1983: Verzuckerung von Starke In Ullmans Encyklopadie der technischen Chemie, Vrlag Chemie, Weinheim
15. Uher J, Grégr V., 1964 Průmyslová výroba lihovin. SNTL Praha
16. Velíšek J. 1999: Chemie potravin, 1 - 3 díl OSSIS TÁBOR