

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových
inženýrských studií

Měřicí systémy pro studium fermentačních procesů

Zpracování plodiny amarant

Autoreferát disertační práce

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových
inženýrských studií

Měřicí systémy pro studium fermentačních procesů Zpracování plodiny amarant

Ing. Jiří Jelínek

Studijní program: P 2612 Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 3901V025 Přírodovědné inženýrství

Pracoviště: Katedra měření

Fakulta mechatroniky a mezioborových
inženýrských studií

Technická univerzita v Liberci
Hálkova 6, 461 17 LIBEREC 1

Školitel: Doc. Ing. Miroslav Svoboda

Rozsah disertační práce

Počet stran: 144

Počet obrázků: 72

Počet tabulek: 8

Rozsah příloh disertační práce

Počet stran: 16

Počet obrázků: 6

Počet tabulek: 2

Abstrakt

Měřicí systémy pro studium fermentačních procesů Zpracování plodiny amarant

Ing. Jiří Jelínek

Evropské zemědělství je založeno na několika druzích obilovin (pšenice, ječmen, žito, oves) a dalších významných plodin (brambor, rýže, kukuřice). Z Jižní Ameriky v posledních letech proniká do Evropy rostlina amarant a postupně se stává zemědělskou plodinou. Některé výrobní postupy zpracování amarantu jsou často ve stádiích testů a výzkumných úkolů.

Pro využití amarantu a nových produktů vycházejících z amarantových surovin nelze vycházet jen z analytických stanovení obsahu jednotlivých látek. Pro řadu hodnocení byla volena metoda srovnávání s produkty z běžně užívaných plodin.

Cílem práce je zmapovat možnosti využití amarantu a měřením zdokumentovat specifické vlastnosti experimentálně vyráběných produktů.

Přínosem disertační práce je nově navržený postup výroby přípravku s vysokým obsahem bílkovin. Součástí práce je sestavení měřicích systémů pro dávkové a kontinuální měření fermentačních procesů, výroba laboratorního vybavení a návrh a tvorba hardware a software pro snadné porovnávání experimentálních dat.

Téma práce vychází z řešení dílčích etap projektů výzkumu a vývoje Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky B–C3/10/00 „Frakcionace amarantu a využití jeho aktivně zušlechtěných složek ke zlepšení výživy a zdraví populace“, FD–K2/73 „Komplexní využití biomasy amarantu“ a FI–IM/101 „Získávání bílkovin z netradičních zdrojů“ Univerzitou Hradec Králové a Univerzitou Karlovou, lékařskou fakultou v Hradci Králové.

V disertační práci prezentovaný princip měření a postup výroby přípravku s vysokým obsahem bílkovin byl podán k patentovému řízení a v současnosti je testována průmyslová výroba.

Klíčová slova: amarant, vláknina, mouka, škrob, cukr, bílkovina, fermentace

Abstract

Measuring systems for fermentative processes study Amaranth Processing and Utilization

Jiří Jelínek, MSc.

European agriculture is based on a few sorts of crop-plants (wheat, barley, rye, oat) and other important farm plants (potatoes, rice, maize). Lately there is a new kind of farm plant coming from South America to Europe and it is becoming more and more significant for European agriculture. This “new” plant is called Amaranth and its manufacturing is still in process.

There is a difficulty in assessing qualities of amaranth raw material. The pure analysis of every single component is not sufficient for amaranth processing. There was particularly used a method of comparing with well known and commonly used crop-plants to describe amaranth mass.

The object of our effort is to map possibilities of amaranth utilization and prove the specific qualities of amaranth products that are now in development.

This Dissertation thesis brings a newly designed way of preparation of high-protein nourishment. The integral part of this work is a composition of measuring systems in batch and continual mode for fermentative processes, development of laboratory device and designing of hardware and software for easy experiment-data assessment.

The theme of the thesis result from solving of partial phases of research project and development of Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic B-C3/10/00 “Amaranth fractionation and use of its actively refine-able components for improving of public nutrition and health”, FD-K2/73 “Complex amaranth biomass utilization” and FI-IM/101 “Alternative sources of proteins” provided by University of Hradec Králové and Faculty of Medicine of the Charles University.

Presented principle of measurement and production procedure of product with high content of protein was brought to patent-board and in present the industry production is tested.

Keywords: amaranth, fibre, flour, starch, sugar, protein, fermentation

Obsah

Úvod	2
1 Cíle disertační práce.....	3
2 Plodina amarant a přehled současného stavu	4
2.1 Pěstování a technologie zpracování amarantu.....	5
2.2 Současné laboratorní prostředky	5
3 Kinetika fermentačního procesu	6
3.1 Matematický popis	6
3.2 Simulace fermentačního procesu	9
4 Kontinuální měření fermentačních procesů	10
4.1 Charakteristika problematiky.....	10
4.2 Hardwarová část měřicího systému fermentorů	10
4.2.1 Uspořádání měřicího systému fermentorů	11
4.2.2 Inteligentní senzory fyzikálně chemických veličin.....	12
4.2.3 XBC interface.....	12
4.3 Softwarová část měřicího systému fermentorů	15
4.3.1 XBC Magic	15
4.3.2 XBC Graph.....	16
4.3.3 Síťová komunikace a příklady použití měřicího software XBC	17
4.4 Realizace měřicího systému fermentorů.....	18
5 Fermentace přípravků z amarantové vlákniny	20
5.1 Přípravky z amarantové vlákniny a parametry měření	20
5.2 Porovnání Amaranthfibre® a laktulózy	21
5.3 Porovnání Amaranthfibre–herb+Ca® a laktulózy	22
5.4 Zhodnocení výsledků kontinuálního měření	23
6 Orientační stanovení glykemického indexu	24
6.1 Glykemický index potravin.....	24
6.2 Měření rychlosti degradace škrobů	24
6.3 Zpracování výsledků měření koncentrací glukózy	25
6.4 Zhodnocení výsledků měření rychlosti degradace škrobů	26
7 Zpracování plodiny amarant	27
7.1 Extrakce amarantové bílkoviny	27
7.2 Komplexní zpracování amarantového zrna	28
Závěr a přínosy disertační práce	29
Literatura.....	30

Úvod

V posledních letech je stále více pozornosti věnováno potravinářství, vývoji efektivních výrobních postupů, analýze vlastností dílčích produktů a měřicí technice používané v této oblasti. V anglosaských zemích je pro tyto vědní disciplíny používán pojem „food science“. Inspirací moderních způsobů zpracování potravin využívajících poznatků z oblasti biologie a medicíny, jsou zemědělské postupy pocházející z různých částí světa. Všechny potravinářské technologie přirozeně čerpají z obnovitelných přírodních zdrojů. Obnovitelné přírodní zdroje jsou dnes předmětem výzkumů z oblastí energetiky nebo vývoje nových materiálů.

V 6. rámcovém programu Evropské unie (EU 6th Framework Programme) je kladen důraz na prohloubení znalostí o vlivu výživy a funkčních potravin, na zlepšení kvality života obyvatel Evropské unie – program bezpečné potravin. Je vypisována řada výzkumných projektů na přesné zmapování pochodů trávení a vlivů skladby potravin na život člověka.

Evropské zemědělství je založeno na několika druzích obilovin (pšenice, ječmen, žito, oves) a dalších významných plodin (brambor, rýže, kukuřice). Z Jižní Ameriky proniká do Evropy rostlina amarant a postupně se stává zemědělskou plodinou.

Takzvaně znovu objevená plodina amarant je pro své mimořádné složení a vlastnosti zkoumána v řadě výzkumných pracovišť. Vysoký obsah vlákniny, specifického škrobu a velmi hodnotné bílkoviny řadí amarant do skupiny potravinových zdrojů, jak pro běžné potravin, tak jako surovinu pro nové produkty (dietetika atp.).

Vývoj nových potravinářských výrobních technologií je motivován tlakem na efektivitu. Plodina amarant je ve srovnání například s pšenicí prozkoumána mnohem méně. Některé výrobní postupy jsou ve stádiích testů. Výzkum potravinářských technologií má ve Výzkumném ústavu potravinářském Praha dlouholetou tradici. Univerzita Hradec Králové v rámci spolupráce na projektech Ministerstva průmyslu a rozvoje realizuje výzkum vedoucí k postupnému využívání amarantu.

Pro využití amarantu a nových produktů vycházejících z amarantových surovin nelze vycházet jen z analytických stanovení obsahu jednotlivých látek. Pro řadu hodnocení byla volena metoda srovnávání s produkty z běžně užívaných plodin. Práce vede k návrhu systému umožňujícího provedení experimentu paralelně na dvou různých surovinách nebo stejné surovině za různých podmínek. Kontinuální sledování fyzikálně–chemických veličin i konečné hodnocení procesu umožňuje vyhodnocovat lépe a přesněji rozdíly v probíhajících reakcích.

1 Cíle disertační práce

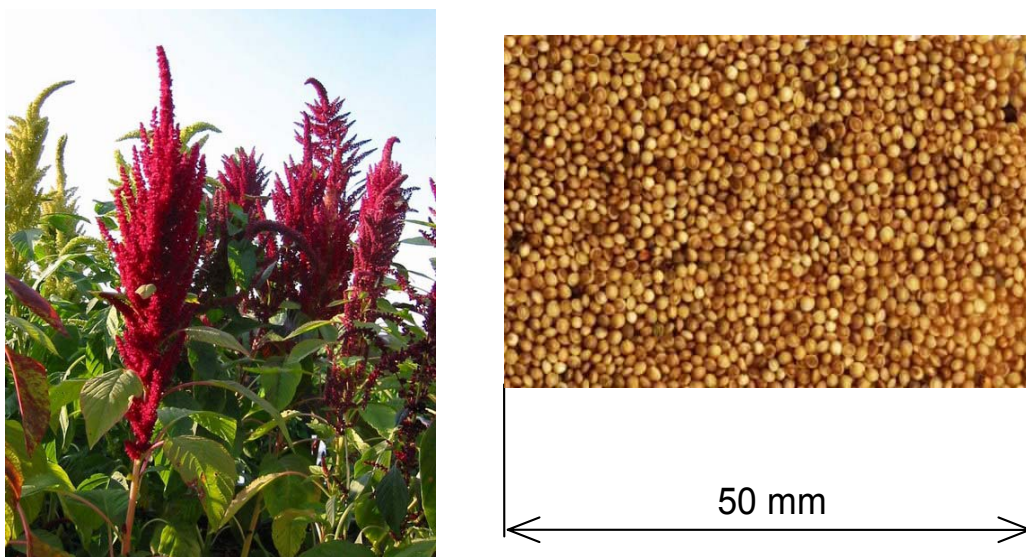
Téma práce vychází z řešení dílčích etap projektů výzkumu a vývoje Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky B–C3/10/00 „Frakcionace amarantu a využití jeho aktivně zušlechtěných složek ke zlepšení výživy a zdraví populace“, FD–K2/73 „Komplexní využití biomasy amarantu“ a FI–IM/101 „Získávání bílkovin z netradičních zdrojů“ Univerzitou Hradec Králové a Univerzitou Karlovou, lékařskou fakultou v Hradci Králové.

Cílem práce je zmapovat možnosti využití amarantu a měřením zdokumentovat specifické vlastnosti experimentálně vyráběných produktů.

Disertační práce řeší návrh měřicích systémů pro dávkové a kontinuální měření fermentačních procesů, výrobu laboratorního vybavení a návrh a tvorbu hardware a software pro snadné porovnávání experimentálních dat. Studuje vlastnosti enzymů, tj. katalyzátorů biochemických reakcí a řeší návrh postupu výroby přípravku s vysokým obsahem bílkovin.

2 Plodina amarant a přehled současného stavu

Amarant patří mezi nepravé obilniny (pseudoobilniny), v současné literatuře je nazýván „rostlinou třetího tisíciletí“. Nejedná se o výsledek práce genetických inženýrů, byl pěstován již starými Mayi, Aztéky a Inky. S pěstováním amarantu v Evropě se začalo před 10 lety. V přírodě bylo dosud objeveno dle botanické klasifikace šedesát druhů rostlin rodu *Amaranthus*. Většinou rostou planě nebo jako okrasné druhy a jen několik málo druhů je pěstováno pro sklizeň (obrázek 1).



Obrázek 1: Amarant a zrno amarantu

Amarant se již několik desítek let pěstuje ve větším rozsahu zejména v Jižní Americe, v Severní Americe, v Asii, v Austrálii a na Novém Zélandě. Některé odrůdy se v posledním desetiletí pěstují i v České republice. Velkou předností amarantu je jeho mimořádná odolnost vůči extrémním klimatickým podmínkám, zejména vůči suchu a nenáročnost na kvalitu půdy.

Amarantové zrno má velmi malé rozměry, v průměru 1 až 1,5 mm (široké rozmezí je 0,6 až 2,1 mm), malou váhu (1000 až 1500 zrn/g), barvy od bělavé do béžové, hnědavé až černé. U užitkových druhů se preferuje barva světlá (obrázek 1).

Rostlina amarant má slibný ekonomický potenciál též proto, že je zajímavou alternativou řešení problému zvýšení potřeby potravin pro některé země třetího světa. Rozšíření potravinářských technologií založených na využití amarantu je podmíněno ekonomickými bilancemi. Výhodnost pěstování je závislá na podnebí daného území. Některé specifické vlastnosti předurčují plodinu amarant k pěstování i v Evropě.

2.1 Pěstování a technologie zpracování amarantu

V České republice byl v letech 1992–1996 realizován agrotechnický výzkum Výzkumným ústavem rostlinné výroby v Praze, Výzkumným ústavem potravinářským Praha a Jihočeskou Univerzitou v Českých Budějovicích. Výsledkem výzkumu bylo vydání podrobné metodiky „Pěstování a využití amarantu“, kterou vydal Ústav zemědělských a potravinářských informací v Praze.

Hlavní, dosud asi nepřekonanou publikací, je práce vědeckého týmu vedeného profesorem Octavio Paredes–Lopézem, Ph.D. s názvem *Amaranth Biology, Chemistry and Technology*. Jsou zde soustředěny poznatky jak agrotechnické, tak částečně poznatky o složení zrna amarantu, jeho použití i náměty pro další výzkum.

2.2 Současné laboratorní prostředky

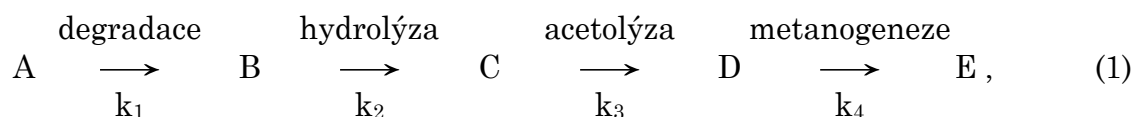
Laboratorní biochemický experimentální výzkum má ve srovnání s anorganickou chemií své specifické odlišnosti. Neznáme vždy naprosto všechny vlivy na zkoumaný proces. Navozené pochody jsou katalyzovány mnohem složitějšími látkami, které nazýváme enzymy. Biochemické reakce často neproběhnou se 100% vyčerpáním vstupních látek. Opakovatelnost experimentů a měření ve srovnání s anorganickou chemií je v laboratorních podmínkách mnohem komplikovanější. Současná finančně velmi nákladná laboratorní technika není zárukou naprosto spolehlivých výsledků provedených měření. Provedené experimenty bývají často opakovány a práce věnované této problematice se mnohdy opírají o statistické metody.

3 Kinetika fermentačního procesu

3.1 Matematický popis

Kinetiku fermentačního rozkladu vyjádříme v krocích: degradace, hydrolýza, acetolýza, metanogeneze.

Kroky lze zapsat následujícím vzorcem:



kde k_1, k_2, k_3, k_4 jsou rychlostní konstanty jednotlivých následných reakcí. V prvním přiblížení budeme u všech reakcí uvažovat mechanismus prvního řádu.

Za uvedeného předpokladu dostaneme následující systém diferenciálních rovnic:

$$\frac{dc_A}{d\tau} = k_1 c_A \quad (2)$$

$$\frac{dc_B}{d\tau} = k_1 c_A - k_2 c_B \quad (3)$$

$$\frac{dc_C}{d\tau} = k_2 c_B - k_3 c_C \quad (4)$$

$$\frac{dc_D}{d\tau} = k_3 c_C - k_4 c_D \quad (5)$$

$$\frac{dc_E}{d\tau} = k_4 c_D \quad (6)$$

Rovnice (2, 3, 4, 5, 6) zapíšeme jako maticovou rovnici (7):

$$\begin{bmatrix} \dot{c}_A \\ \dot{c}_B \\ \dot{c}_C \\ \dot{c}_D \\ \dot{c}_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ k_1 & -k_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & -k_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k_3 & -k_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & k_4 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c_A \\ c_B \\ c_C \\ c_D \\ c_E \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\dot{C} = A \cdot C \quad (8)$$

Rovnice (8) je vektorová diferenciální rovnice s následujícími počátečními podmínkami (9):

$$\begin{bmatrix} c_A(0) \\ c_B(0) \\ c_C(0) \\ c_D(0) \\ c_E(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{A0} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = C(0) = C_0 \quad (9)$$

Vektorová diferenciální rovnice (8) s okrajovou podmínkou (9) představuje lineární model. Z tohoto důvodu ji výhodně řešit Laplaceovou transformací.

Pro Laplaceův obraz vektoru $C(\tau)$ zavedeme označení:

$$c_L = \int_0^{\infty} c(\tau) \cdot e^{-s\tau} \quad (10)$$

Po Laplaceově transformaci na rovnici (8) dostaneme rovnici (11):

$$sC_L - C_0 = A \cdot C_L \quad (11)$$

Pro C_L platí rovnice (12):

$$C_L = (sI - A)^{-1} \cdot C_0 \quad (12)$$

I je jednotková matice a pro $(sI - A)$ platí rovnice (13):

$$(sI - A) = \begin{bmatrix} s+k_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -k_1 & s+k_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -k_L & s+k_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -k_3 & s+k_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -k_4 & s \end{bmatrix} \quad (13)$$

Matice v rovnici (13) je horní trojúhelníková matice. V tomto případě je možno použít zjednodušený algoritmus prvků její inverzní matice tak, že konečný výsledek pro Laplaceův obraz řešení vektorové diferenciální rovnice (8) lze zapsat rovnicí (14):

$$C_L = (sI - A)^{-1} C_0 = \begin{bmatrix} \frac{c_{A0}}{s + k_1} \\ \frac{k_1 c_{A0}}{(s + k_1)(s + k_2)} \\ \frac{k_2 k_1 c_{A0}}{(s + k_3)(s + k_2)(s + k_1)} \\ \frac{k_3 k_2 k_1 c_{A0}}{(s + k_4)(s + k_3)(s + k_2)(s + k_1)} \\ \frac{k_4 k_3 k_2 k_1 c_{A0}}{(s + k_4)(s + k_3)(s + k_2)(s + k_1)} \end{bmatrix} \quad (14)$$

K určení jednotlivých prvků originálu matice C použijeme zpětné Laplaceovy transformace s využitím Heavisideovy věty:

$$L^{-1} \left\{ \frac{f(s)}{F(s)} \right\} = \lim_{s \rightarrow s_n} \sum_{i=1}^n \frac{e^{s_n \tau} (s - s_n)}{F'(s)}, \quad (15)$$

kde s_n jsou kořeny rovnice $F(s) = 0$. S využitím rovnice (15) získáme časové profily pro jednotlivé koncentrace výchozí složky produktu a meziproduktů:

$$c_A = c_{A0} e^{-k_1 \tau} \quad (16)$$

$$c_B = \frac{c_{A0} k_1}{k_1 - k_2} (e^{k_1 \tau} - e^{-k_1 \tau}) \quad (17)$$

$$c_C = c_{A0} k_1 k_2 \left[\frac{e^{-k_1 \tau}}{(k_3 - k_1)(k_2 - k_1)} + \frac{e^{-k_2 \tau}}{(k_3 - k_2)(k_1 - k_2)} + \frac{e^{-k_3 \tau}}{(k_2 - k_3)(k_1 - k_3)} \right] \quad (18)$$

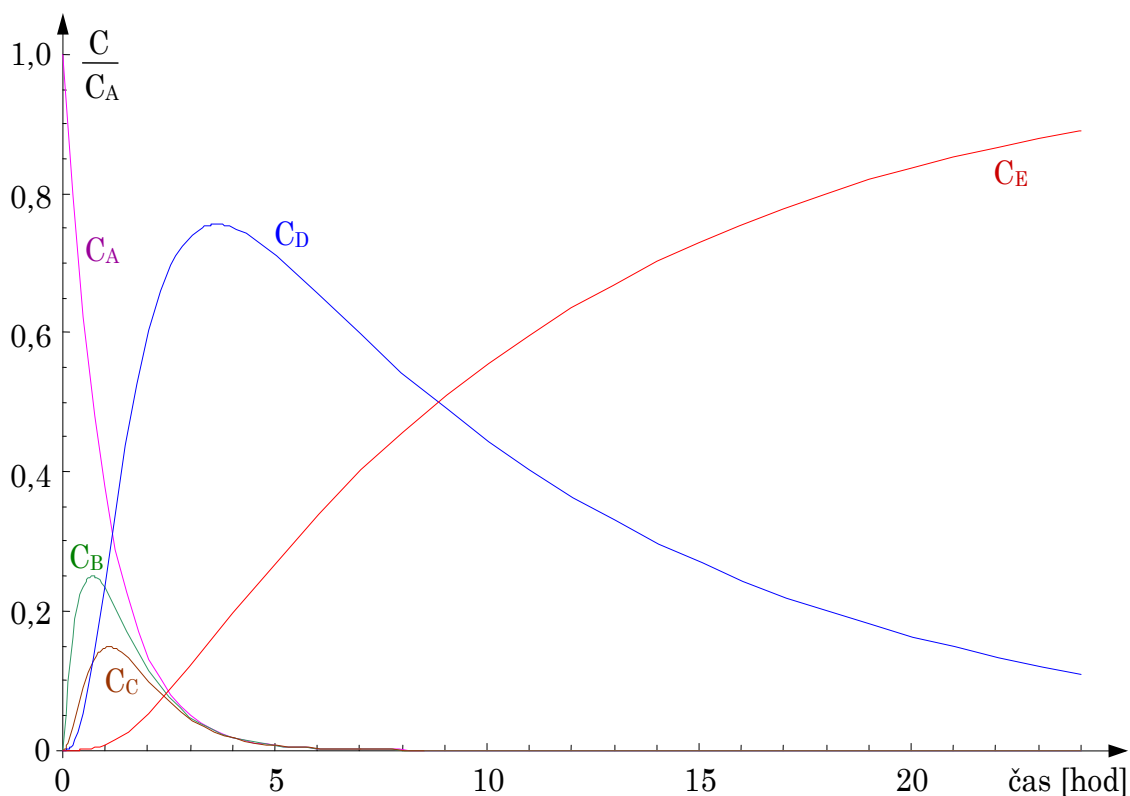
$$c_D = k_3 k_2 k_1 c_{A0} \left[\frac{e^{-k_4 \tau}}{(k_2 - k_4)(k_1 - k_4)(k_3 - k_4)} + \frac{e^{-k_2 \tau}}{(k_4 - k_2)(k_3 - k_2)(k_1 - k_2)} \right] + \left[\frac{e^{-k_3 \tau}}{(k_4 - k_3)(k_2 - k_3)(k_1 - k_3)} + \frac{e^{-k_1 \tau}}{(k_4 - k_1)(k_3 - k_1)(k_2 - k_1)} \right] \quad (19)$$

$$c_E = 1 + k_4 k_3 k_2 k_1 c_{A0} \left[\frac{e^{-k_4 \tau}}{-k_4 (k_3 - k_4)(k_2 - k_4)(k_1 - k_4)} + \frac{e^{-k_3 \tau}}{-k_3 (k_4 - k_3)(k_2 - k_3)(k_1 - k_3)} \right] + \left[\frac{e^{-k_2 \tau}}{-k_2 (k_4 - k_2)(k_3 - k_2)(k_1 - k_2)} + \frac{e^{-k_1 \tau}}{-k_1 (k_4 - k_1)(k_3 - k_1)(k_2 - k_1)} \right] \quad (20)$$

Rovnice (16, 17, 18, 19, 20) představují časový průběh koncentrace výchozího materiálu (amarantového zbytku), meziproduktů a konečného produktu (bioplynu) a umožňují simulační výpočet kinetických křivek.

3.2 Simulace fermentačního procesu

Grafický průběh jednotlivých koncentrací v závislosti na čase ukazuje následující obrázek (obrázek 2).



Obrázek 2: Časová závislost koncentrací výchozí látky, meziproduktů a výchozího produktu u čtyřstupňového modelu

Parametry výpočtu:

$$k_1 = 1$$

$$k_2 = 2$$

$$k_3 = 3$$

$$k_4 = 0,5$$

4 Kontinuální měření fermentačních procesů

4.1 Charakteristika problematiky

Kontinuální sledování fyzikálně chemických veličin je založeno na elektrických metodách měření neelektrických veličin. Důležitou částí problému je elektronické zpracování signálů z měřicích sond, jejich digitalizace a počítačové zpracování.

Z pohledu současného pokročilého stavu elektroniky je rychlost probíhajících změn nízká. Výrazné změny naměřených hodnot nastávají obvykle v řádech minut až hodin. Měření fyzikálně chemických veličin má však svá specifika, příkladem může být velmi vysoká impedance při měření elektrochemického napětí pomocí pH metru.

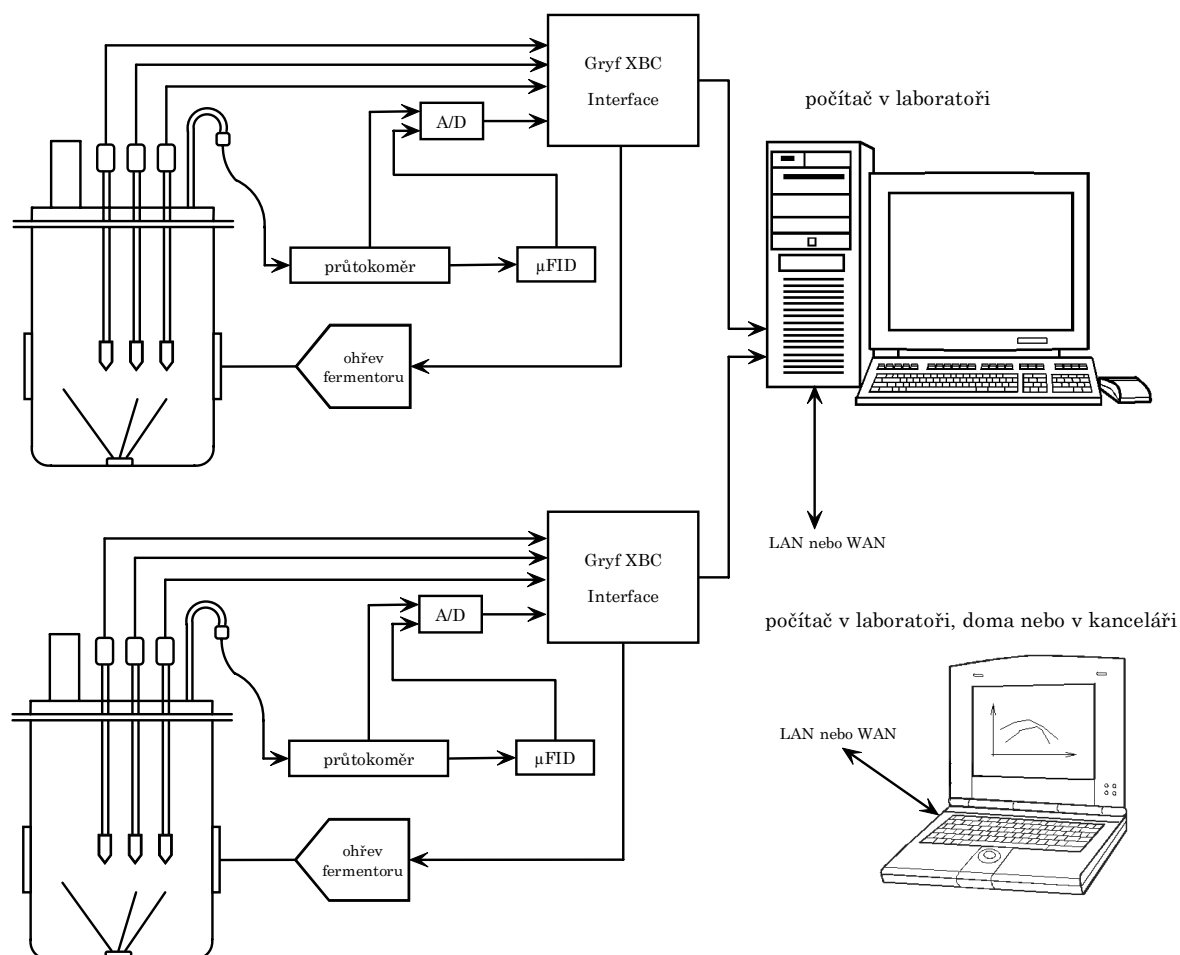
Počítač je při kontinuálním měření fyzikálně chemických veličin používán především k automatizaci současného odečtu z několika různých senzorů (např. senzor teploty, senzor pH, senzor redox potenciálu, senzor vodivosti, senzor koncentrace kyslíku, biochemický senzor určité složky roztoku a podobně). Další úlohou počítačové techniky (především software) je online i offline vizualizace naměřených hodnot v grafech.

4.2 Hardwarová část měřicího systému fermentorů

Měřicí systém tvoří dva identické fermentory se shodným systémem sond a dalších podpůrných zařízení. Fermentor je navržen jako nádoba o objemu 5 litrů z průhledného plastu (polymetylmatakrylát). Fermentor je vybaven míchadlem ze dna nádoby. Vyhřívací těleso je umístěno ve spodní části po obvodu těla fermentoru. Ve spodní části je umístěn vypouštěcí ventil. Víko fermentoru umožňuje pomocí příruby nádobu neprodyšně uzavřít. Je vybaveno třemi plynotěsnými otvory pro sondy, otvorem pro odvádění plynu a přípravkem umožňujícím plnění.

4.2.1 Uspořádání měřicího systému fermentorů

Měřicí systém je navržen jako duální (obrázek 3). Výzkum fermentačních procesů amarantové vlákniny je inspirován lékařským prostředím. Nové metody je vhodné srovnávat se známými postupy nebo s kontrolním experimentem.



Obrázek 3: Blokové schéma měřicího systému

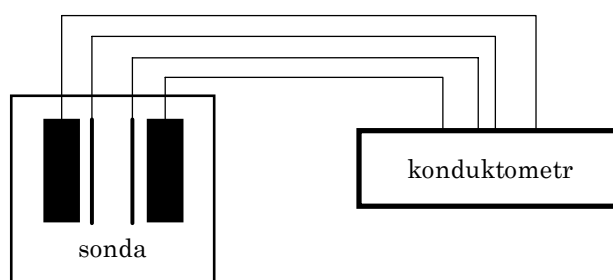
Duální provedení zachovává možnost využít jen jednu polovinu systému (jeden fermentor, jeden XBC interface). Systém lze doplňovat o manuálně ovládané prvky, příkladem může být kumulativní měření objemu produkovaného plynu.

4.2.2 Inteligentní senzory fyzikálně chemických veličin

Sondy jsou konstruovány jako přístroje s velmi nízkou spotřebou elektrické energie (pro bateriové aplikace). Výstup je realizován pomocí datového rámce shodného s RS 232. Napěťová úroveň signálů je 3,3 V. Další specifické vlastnosti sond jsou odlišné například od výrobků velkých společností (např. Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH). Programování sond umožňuje použít tzv. time-slot a velmi zjednodušit (zrychlit) komunikaci počítače se sondami během sběru dat. Tato metoda pochází z bezdrátových komunikací. Nevýhodou tohoto přístupu je složitější softwarová část.

Sonda vodivosti

Vodivost roztoku je obvykle měřena dvěma elektrodami. Pro měření vodivosti ve fermentoru byla navržena speciální sonda, která je obdobou čtyřvodičové metody měření odporu. Čtyři elektrody jsou nanesené na jedné ploše nevodivého materiálu (obrázek 4).

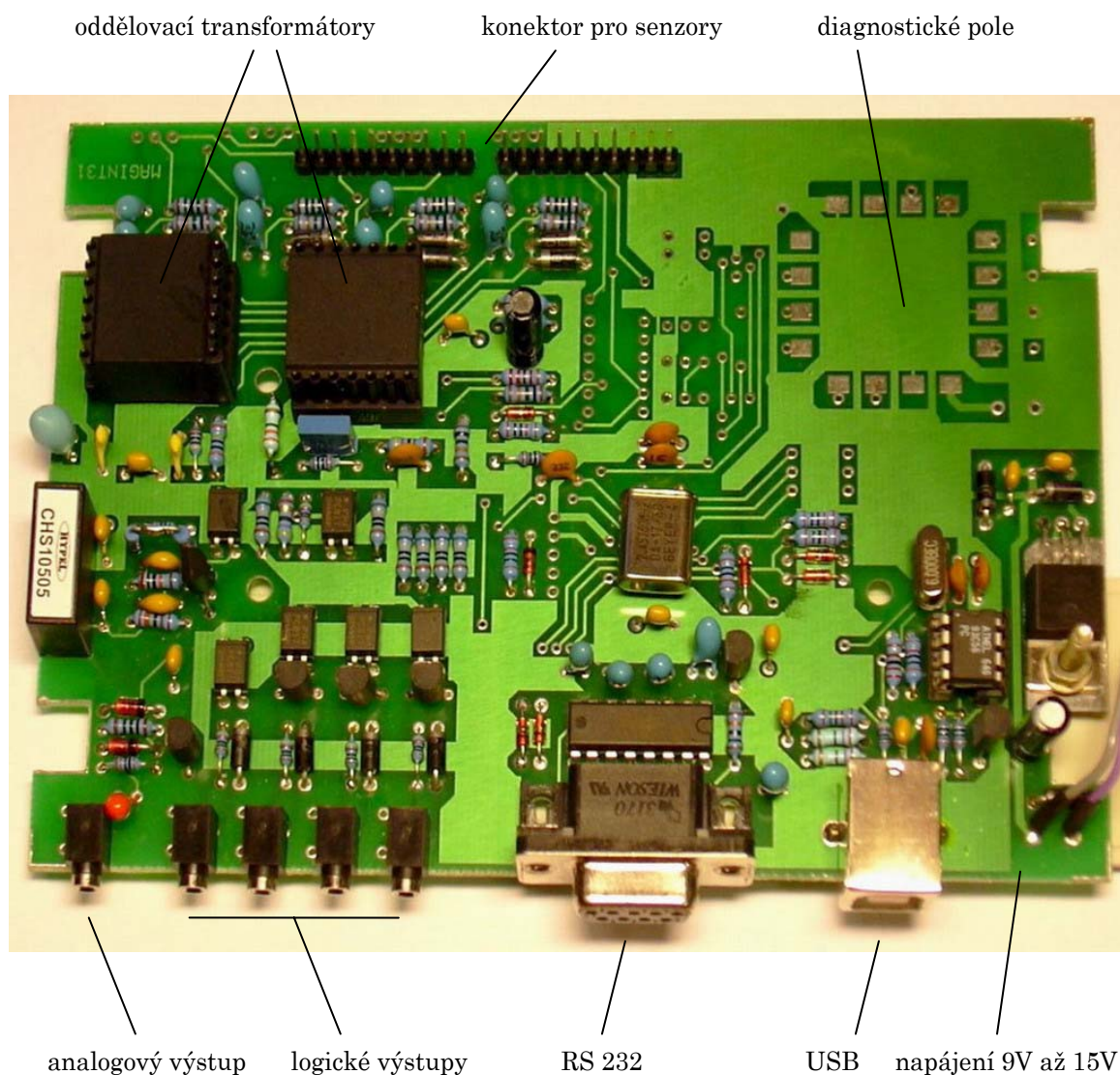


Obrázek 4: Sonda vodivosti

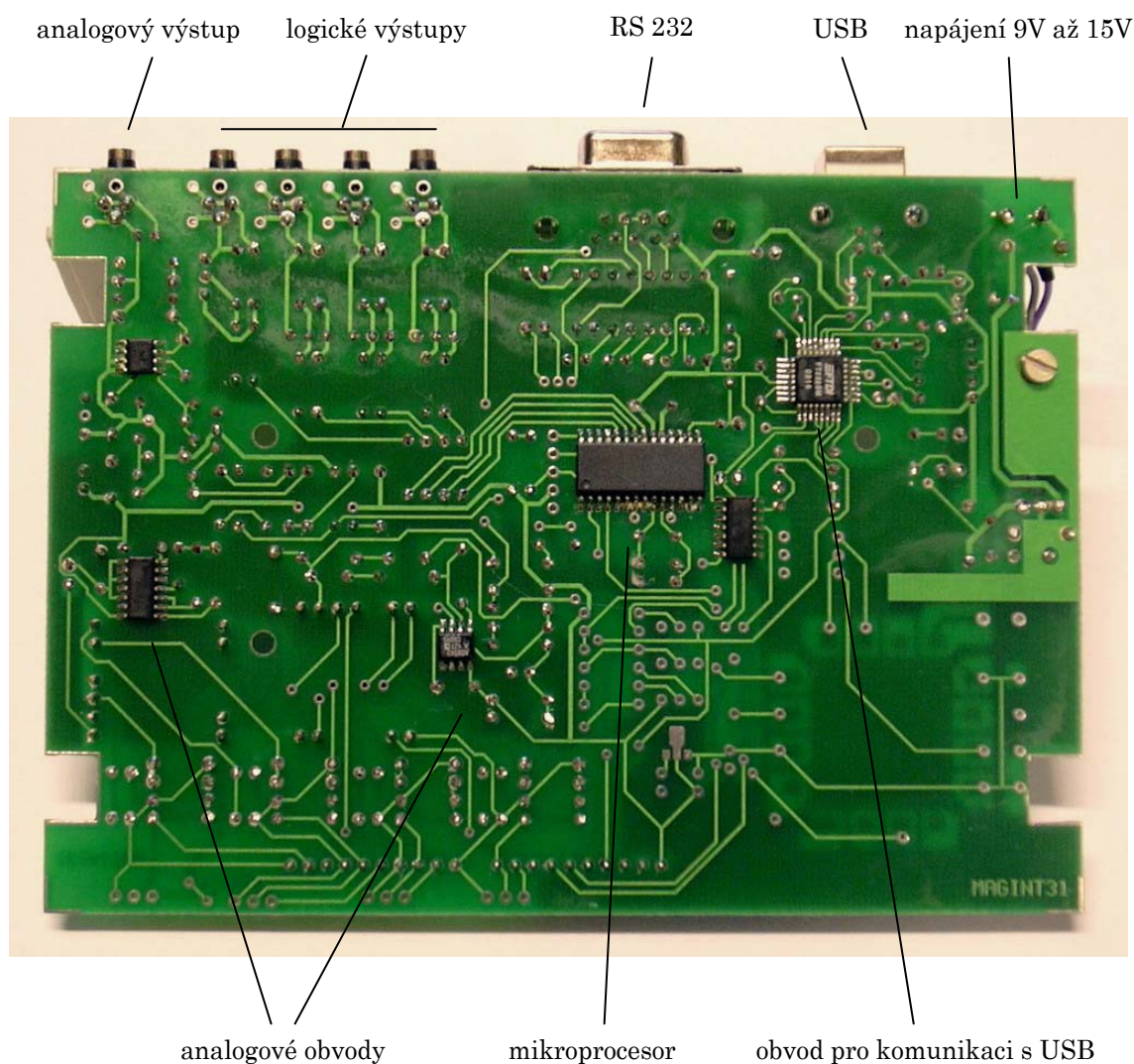
4.2.3 XBC interface

Elektronický přístroj XBC interface umožňuje připojit inteligentní sondy fyzikálně chemických veličin vyráběné firmou Gryf ke standardnímu počítači (PC). Samotné připojení je realizováno sběrnici USB nebo dvoubodovým rozhraním RS 232. Přístroj disponuje čtyřmi galvanicky oddělenými měřicími vstupy, čtyřmi logickými vstupy a výstupem pro spojitě řízení. Přes každý měřicí vstup může být připojen senzor od firmy Gryf, který měří obvykle dvě veličiny. Měřicí vstup lze též převést na dva analogové vstupy. Důležitou funkcí je galvanické oddělení a napájení sond.

Přístroj je navržen jako most mezi počítačem, rozhraním USB a sondami firmy Gryf. Vychází z myšlenky umožnit software spuštěnému v počítači komunikovat se sondou přímo. Senzory zasílají naměřené hodnoty v předem nastaveném time-slotu. Přístroj umožňuje sběrnicovou komunikaci mezi senzory (rozhraní Gryf XB) a mezi masterem (počítačem připojeným pomocí sběrnice USB), přestože jednotlivé spojení jsou dvoubodová. Součástí XBC je mikroprocesorem realizované zařízení se čtyřmi logickými a jedním analogovým výstupem. Elektronika přístroje je umístěna na jenom dvouvrstvě plošném spoji. Je kombinována technologie povrchové a klasické montáže. Výroba přístroje byla realizována od funkčních vzorků až po výrobní prototyp (obrázek 5 a 6).



Obrázek 5: Plošný spoj XBC interface – vrstva 1, klasická montáž součástek



Obrázek 6: Plošný spoj XBC interface – vrstva 2, povrchová montáž SMD

Analogové vstupy

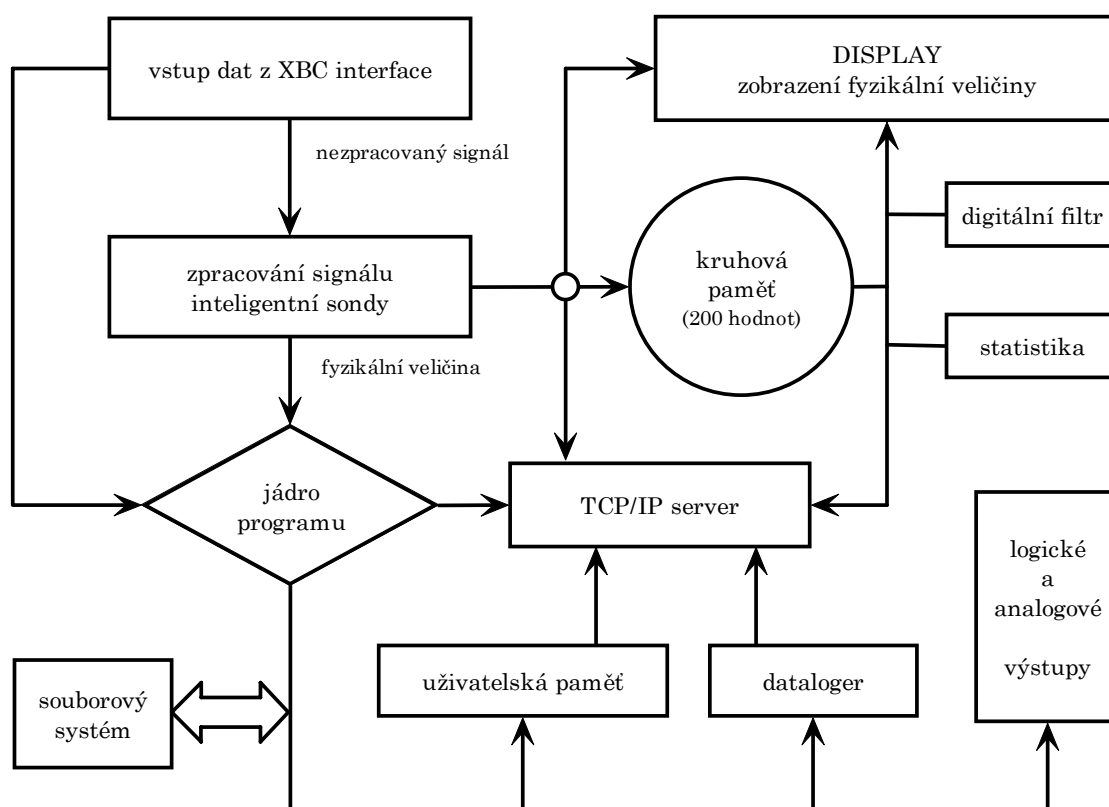
Pro připojení sond vyvinula firma Gryf tzv. UNImetr. Přístroj je vybaven dvěma analogovými vstupy (0 V až 10 V nebo 0 mA až 20 mA). Výstupem je rozhraní RS 232 v úrovních 3,3 V. Přístroj UNImetr je připojen k XBC interface jako jeden inteligentní senzor.

4.3 Softwarová část měřicího systému fermentorů

Při tvorbě programu byly použity principy objektového programování. Jednotlivé objekty (části programu) používají své vlastní datové struktury a struktury pro výměnu dat definované v jádru programu. Na rozdíl od navrženého měřicího systému pro dávkové měření popsaného v disertační práci je tento software rozdělen na dvě části.

4.3.1 XBC Magic

XBC Magic (název užívaný firmou Gryf) je softwarový dataloger (obrázek 7) komunikující přes XBC interface s inteligentními senzory (s měřicími hlavicemi sond fyzikálně chemických veličin). Pomocí XBC Magic jsou prováděny kalibrace senzorů, konfigurování nových senzorů atd.

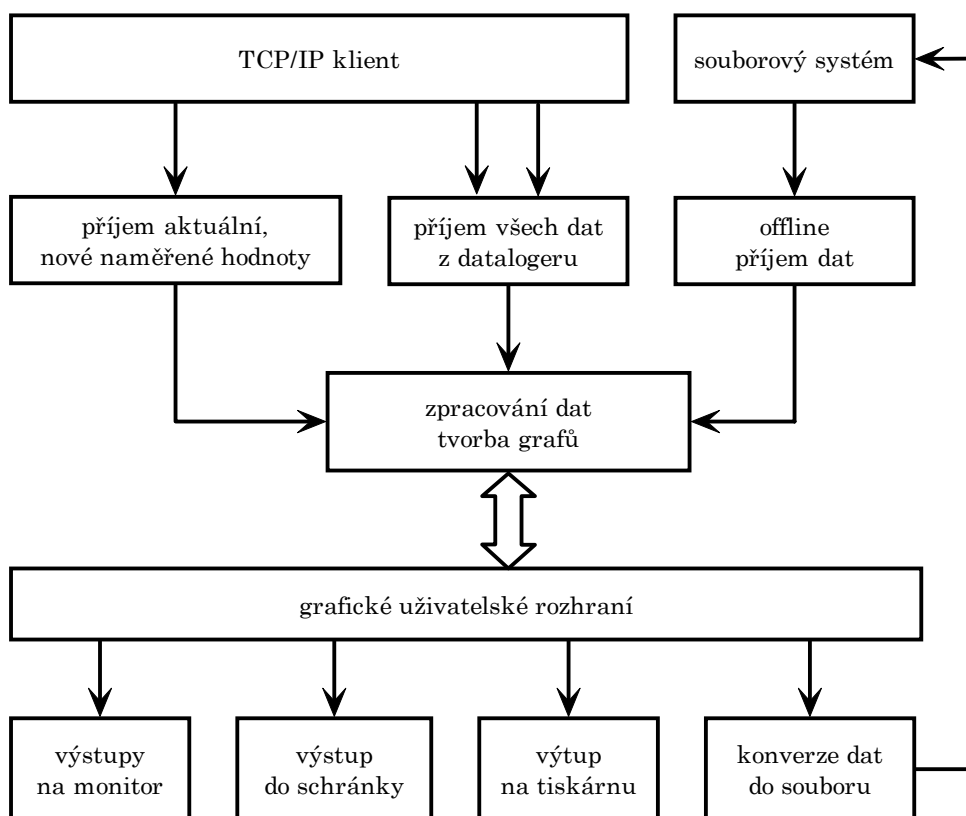


Obrázek 7: Blokové schéma programu XBC Magic

4.3.2 XBC Graph

XBC Graph je online/offline vizualizační software komunikující s XBC Magic přes síťové (internetové) rozhraní – pomocí TCP/IP.

XBC Graph je software vyvinutý speciálně pro vizualizaci dat z měřicího systému XBC. Vzhledem ke způsobu komunikace s XBC Magic nejsme omezeni při volbě vývojového prostředí a dokonce ani při volbě operačního systému. Vzhledem ke zkušenostem a spolupráci s pracovníky firmy Gryf je zvoleným vývojovým prostředím též Microsoft Visual Studio C++. XBC Graph (obrázek 8) využívá služeb TCP/IP serveru realizovaného programem XBC Magic.



Obrázek 8: Blokové schéma programu XBC Graph

Důležitou funkcí programu XBC Graph je možnost připojit se na více TCP/IP serverů současně. Při konfiguraci grafů a volbě zobrazovaných veličin jsou dostupné všechny senzory a měřené veličiny společně, přestože jednotlivé instance XBC Magic mohou být spuštěny na různých počítačích.

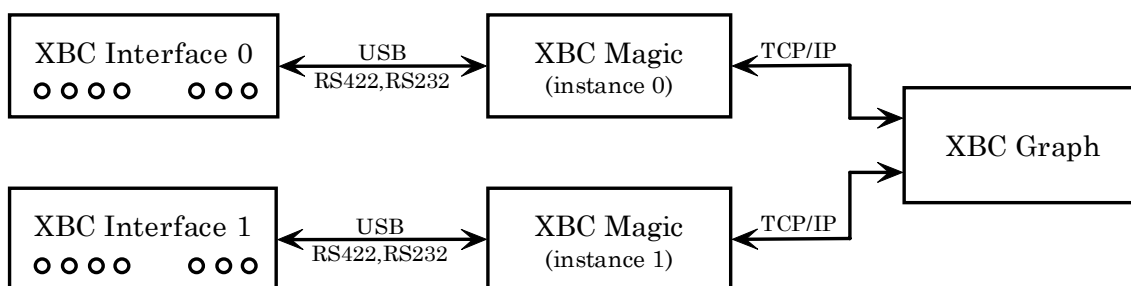
4.3.3 Síťová komunikace a příklady použití měřicího software XBC

Celý XBC software je tvořen z částí, které vzájemně komunikují a předávají si naměřená data. XBC Magic tvoří v současnosti s XBC interface jeden nedělitelný celek. Nové verze software XBC Magic budou pracovníky firmy Gryf dále vyvíjeny podle požadavků zákazníků. Zde je hlavní přínos navržené síťové koncepce, tj. rozdělení software měřicího systému na část zajišťující přímou komunikaci se senzory (kalibrace, atd.) a část s propracovaným grafickým prostředím zaměřenou na vizualizaci naměřených dat. XBC Graph může být vyvíjen samostatně, v budoucnu i jiným programátorem nebo týmem pracovníků.

Síťový protokol lze dále rozšiřovat při zachování kompatibility poměrně jednoduchým způsobem. Nové služby mohou být implementovány jako servery na nově otevřených TCP/IP portech, dříve vytvořené servery mohou být podporovány dále pro starší verze XBC Graph (či pro jiné programy vytvářené zkušenými uživateli).

XBC Magic má v současnosti implementované tři síťové servery a to implicitně na portech 43101, 43102, 43103.

První dva porty (43101 a 43102) zpřístupňují dataloger (funkce „*on-line dataloger*“) a třetí (43103) umožňuje zasílat každý datagram přijatý od senzorů na stav a většinu nastavení programu. Vyvinutý program XBC Graph komunikuje současně se dvěma instancemi XBC Magic pomocí protokolu TCP/IP (obrázek 9).



Obrázek 9: Blokové schéma hardware a software měřicího systému XBC

Použitý moderní způsob propojení přináší mnoho výhod. Jednotlivé části takto navrženého software mohou být samostatně vyvíjeny a opravovány. Každá část může být spuštěna na jiném počítači (s odlišným operačním systémem).

4.4 Realizace měřicího systému fermentorů

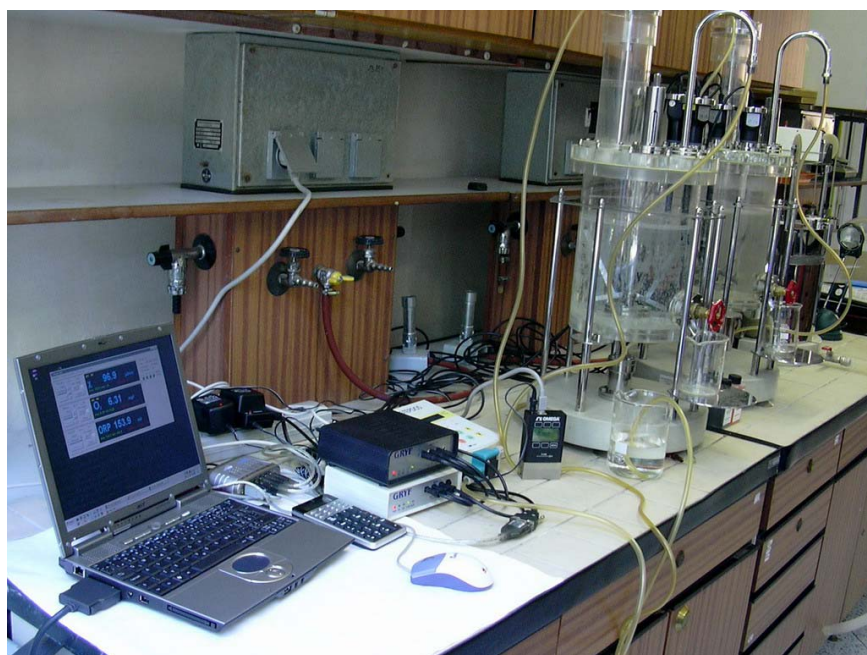
Měřicí systém dvou identických fermentorů byl sestaven na pracovišti Univerzity Hradec Králové. Nádoba o objemu 5 litrů (obrázek 10) je zhotovena z průhledného plastu (polymetylmatakrylát). Nádobu uzavírá víko speciální konstrukce (obrázek 11) umožňující pomocí příruby nádobu neprodyšně uzavřít a současně umožnit zavést tři sondy s čidly fyzikálně chemických veličin.



Obrázek 10: Nádoba fermentoru



Obrázek 11: Víko fermentoru



Obrázek 12: Testování sestavy fermentorů s čidly



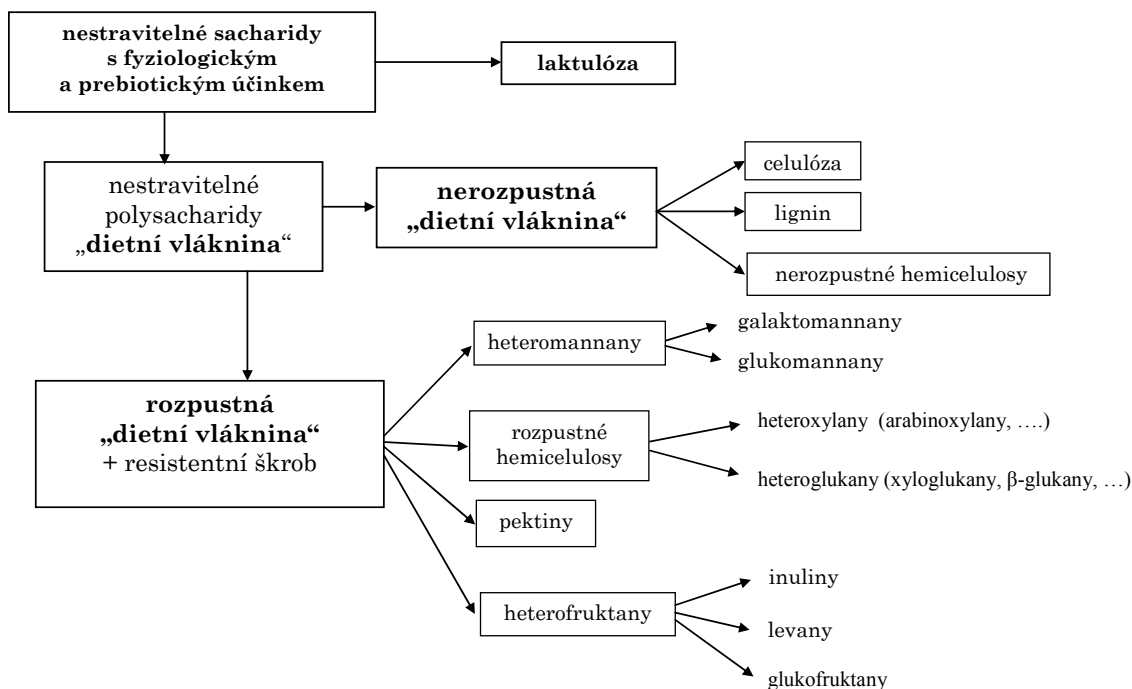
Obrázek 13: Instalace topných těles na nádoby fermentorů

5 Fermentace přípravků z amarantové vlákniny

5.1 Přípravky z amarantové vlákniny a parametry měření

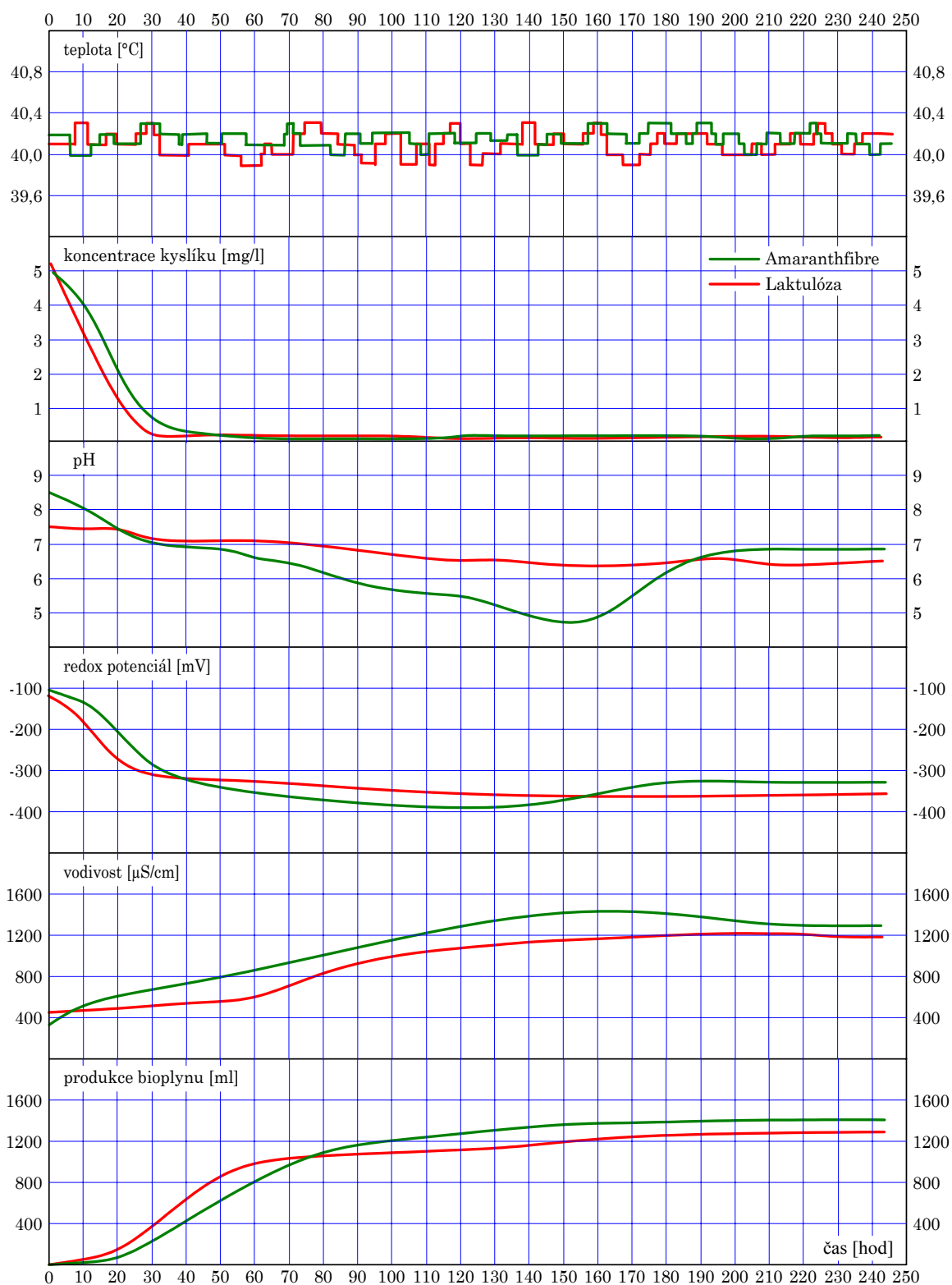
Firma AMR Amaranth a. s. vyvíjí ve spolupráci s lékaři spoustu potravinových doplňků. Experimentálně byly zkoumány především přípravky Amaranthfibre® (vláknina ze zrna) a Amaranthfibre-herb+Ca® (vláknina z listu amarantu). Pomocí anaerobní fermentace byly přípravky laboratorně, tzv. in vitro, porovnány s laktulózou, tj. látkou se všeobecně známými parametry. Přípravek laktulóza infuzia (laktóza+galaktóza 66,7g/l) je referenční substrát, používaný medicínsky ke stejným účelům. Inokulum je směsná kultura anaerobních a fakultativně anaerobních bakterií, schopná fermentovat komplexní organické látky přes hydrolýzu, acidogenezi a acetogenezi až k methanogenezi, tedy až k úplné mineralizaci. Test byl proveden za teploty 40°C. Průtok bioplynu byl měřen za teploty testu a byla prováděna jeho analýza.

Výsledky porovnání produkce bioplynu, průběhu pH, obsahu kyslíku, vodivosti při fermentaci amarantových vláknin s laktulózou u zkoumaných vzorků jsou graficky znázorněny v odstavcích (5.2 a 5.3). Následující obrázek (obrázek 14) popisuje jednotlivé druhy vláknin v potravinách.

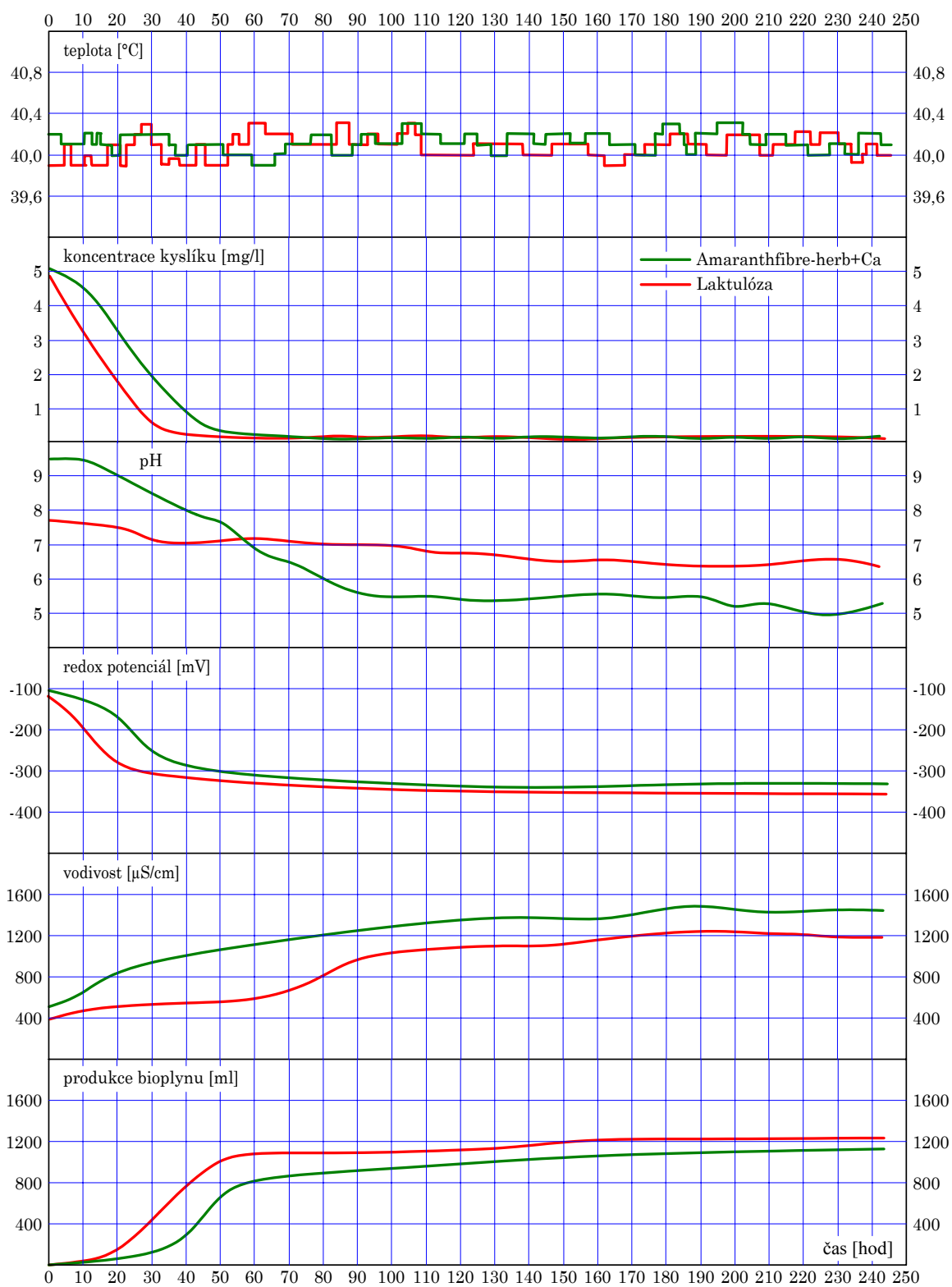


Obrázek 14: Druhy vláknin v potravinách

5.2 Porovnání Amaranthfibre® a laktulózy



5.3 Porovnání Amaranthfibre-herb+Ca[®] a laktulózy



5.4 Zhodnocení výsledků kontinuálního měření

Kontinuálním měřením anaerobní fermentace při teplotě 40°C byly srovnány vzorky vlákniny ze zrna amarantu (přípravek Amaranthfibre®) a z listu amarantu (přípravek Amaranthfibre-herb+Ca®). Referenční látka laktulóza byla aplikována shodným způsobem (shodný referenční substrát).

Z pokusů vyplývá mírně odlišná anaerobní fermentace obou vzorků vlákniny z amarantu. Rozdílný průběh je patrný zejména u počáteční fáze.

Vláknina z listů (biomasy) amarantu vykazuje zpočátku větší latenci (v rozsahu 25 hodin) a hydrolýza je pozvolnější. List amarantu obsahuje více nerozložitelných složek, vývin bioplynu je celkově slabší, samotná fermentace probíhá vyšší rychlostí než laktulóza.

Vláknina ze zrna amarantu dosahuje vyššího stupně rozkladu (78,6%) ve srovnání s vlákninou z listů (64%) a dokonce též ve srovnání s laktulózou (70,5%).

Pokles pH u vlákniny ze zrna amarantu obecně nebyl výrazný a byl zřejmě způsoben pouze rozpouštěním CO₂. Při dalším rozkladu, kdy se část CO₂ opět spotřebovává, se pH částečně vyrovnává (viz. grafické zpracování 5.2). K úplnému vzestupu pH nedošlo vlivem vznikajících organických kyselin.

U Amaranthfibre-herb+Ca zůstává nižší pH v sledovaném časovém úseku. U laktulózy se je pokles pH menší a bez výkyvů.

Výsledek měření obsahu kyslíku a oxidačně redukčního potenciálu koresponduje se započítáním anaerobního fermentačního procesu. V substrátu laktulózy je kyslík spotřebován rychleji a fermentace začíná dříve. U Amaranthfibre-herb+Ca je vidět s porovnáním s laktulózou horší fermentaci.

Průběh fermentace významně závisí na mikrobiálním prostředí a na aktivitě použitého inokula, proto je třeba získané výsledky brát jako orientační. Experiment demonstruje použitelnost sestaveného měřicího systému pro kontinuální sledování biochemických procesů.

6 Orientační stanovení glykemického indexu

6.1 Glykemický index potravin

Glykemický index je parametr potravin, kterému je věnována stále větší pozornost. Samotné měření glykemického indexu vychází z předpokladu, že konzumací jakékoliv potraviny dojde ke zvýšení hladiny krevní glukózy, tzv. postprandiální glykémii. Výsledná hodnota glykemického indexu konkrétní testované potraviny, která obsahuje 50 g sacharidů, je porovnáním poměru plochy pod vzestupnou částí křivky této postprandiální glykémie vůči ploše pod křivkou 50 g bílého chleba nebo samotné glukózy (50 g). Čím více se průběh křivky zkoumané potraviny blíží křivce glukózy nebo bílého chleba, tím je glykemický index potraviny vyšší.

Referenční hodnotu GI = 100 má samotná glukóza. Glykemický index může být ojediněle číslo vyšší než 100 (např. pivo GI = 110). Obvyklé hodnoty jsou nižší (pšeničná mouka GI=85, kukuřice GI = 35).

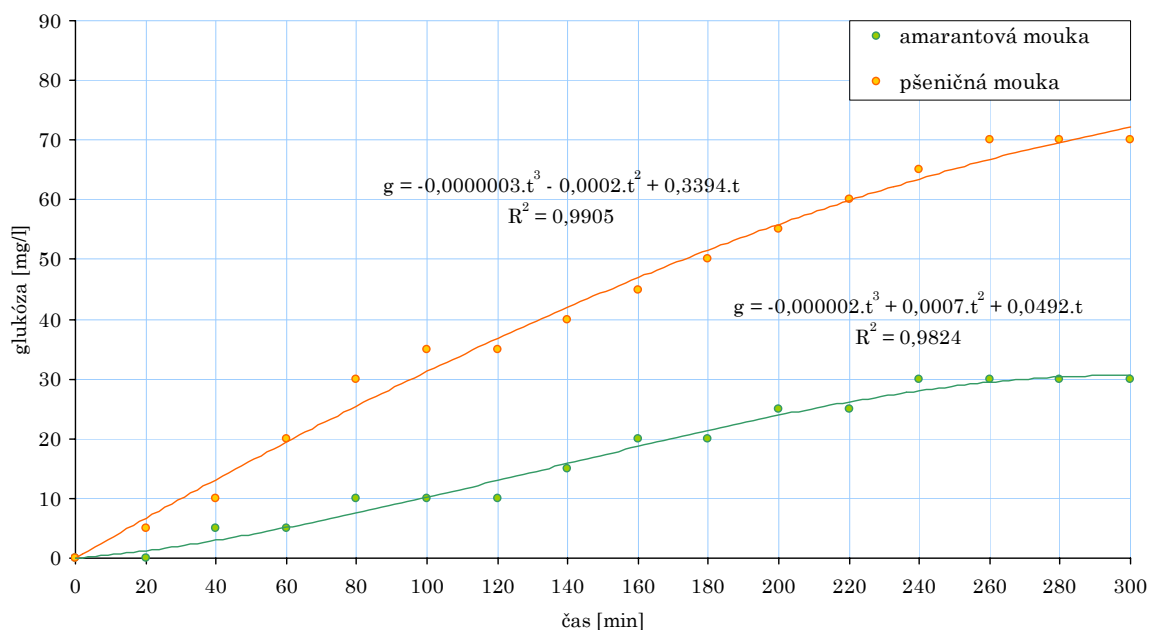
6.2 Měření rychlosti degradace škrobů

Při experimentálním vývoji technologie komplexního zpracování amarantového zrna byla zjištěná rozdílná rychlost degradace škrobů ze zrna amarantu a škrobu získaného vodní extrakcí z amarantového popu. Zajímavé je, že z klinických studií vyplývá srovnatelný glykemický index amarantového popu a pšeničné mouky. Potraviny vyrobené z amarantového zrna vykazují glykemický index srovnatelný z kukuřicí.

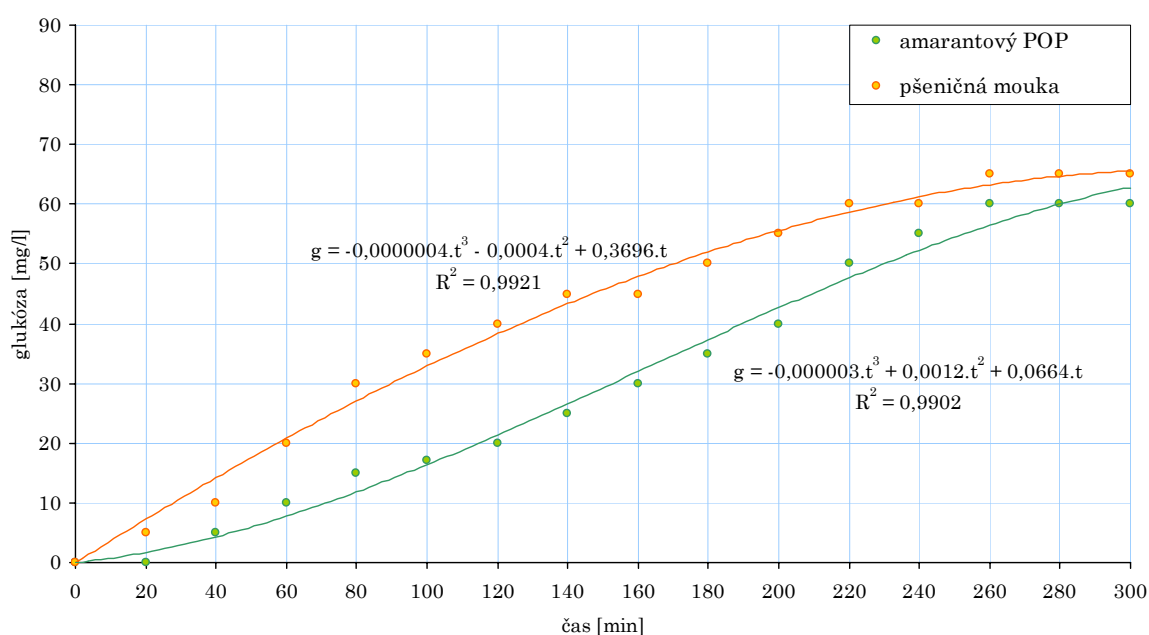
Pomocí měřicího systému dvou fermentorů můžeme podobně jako u posuzování fermentace vlákniny provést porovnávání rychlosti enzymatické degradace škrobů. Kontinuálním měřením vybraných veličin (teplota, pH, koncentrace kyslíku) a měřením koncentrace glukózy (měřeno diskontinuálně pomocí indikačních papírků) během procesu degradace, je možné porovnat dvě různé potraviny.

6.4 Zpracování výsledků měření koncentrací glukózy

Koncentrace glukózy byla měřena diskontinuálně pomocí indikačních papírků. Indikační papírky jsou rychlou, ale pouze přibližnou metodou měření. Vzhledem k malému počtu odečtených hodnot a nízké přesnosti metody (± 5 mg/l) je zapotřebí provést samostatné zpracování výsledků měření.



Obrázek 15: Rychlost vzniku glukózy z amarantové mouky a pšeničné mouky



Obrázek 16: Rychlost vzniku glukózy z amarantového popu a pšeničné mouky

6.5 Zhodnocení výsledků měření rychlosti degradace škrobů

Proces probíhal v obou reaktorech souběžně za konstantní teploty. Ostatní veličiny byly průběžně monitorovány. Příklad je proveden na kontrolním médiu, tj. na pšeničné mouce s glykemickým indexem 85. Zkoumaná je amarantová mouka s glykemickým indexem 35. Měřením v časovém intervalu 300 min je dokumentován pomalejší rozklad škrobů v amarantové mouce o 45 – 48 %.

Z naměřených a zde uvedených dat lze přibližně stanovit glykemický index, samotné vypracování přesné metody vyžaduje další měření a testování. Porovnáme-li průběh v ostatních veličinách, vidíme u amarantové mouky poněkud větší aciditu a větší spotřebu kyslíku. Rozdíly však nejsou podstatné.

Škrob z amarantového popu je degradován ve srovnání ze škrobem vyrobeným vodní extrakcí z amarantové mouky podstatně rychleji. Tento rozdíl je způsoben tepelnou úpravou amarantového popu. Samotný glykemický index amarantového popu se pohybuje podle druhu úpravy v okolí GI=60.

Další sledované veličiny dokumentují rozdílné složení substrátů. Vyšší obsah tuku a bílkovin amarantu může být zdrojem tvorby organických kyselin a příčinou poklesu pH.

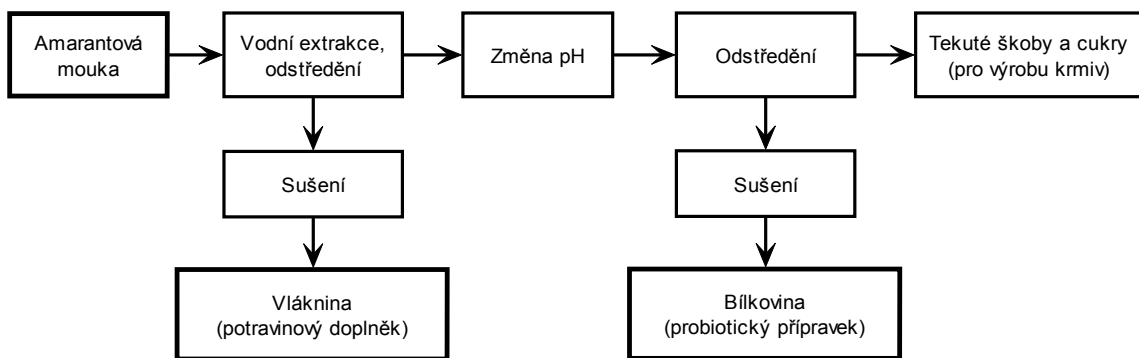
Samotnou tepelnou úpravou dochází k částečnému štěpení škrobů. Degradace pomocí enzymu pak probíhá rychleji než u tepelně nezceňené amarantové mouky.

Experimentálně byly testovány enzymy (popsané v disertační práci v kapitole 4.6) za vyšších teplot (60°C až 80°C). Bylo zjištěno, že pokud je proces veden za vyšších teplot není nutné aplikovat enzym BAN480L. Při testování potravin bude pravděpodobně pro zvýšení shody s klinickými testy vhodné vést proces při teplotě 40°C a použít též enzym k rozkladu vyšších polysacharidů Celluclast 1.5L.

7 Zpracování plodiny amarant

7.1 Extrakce amarantové bílkoviny

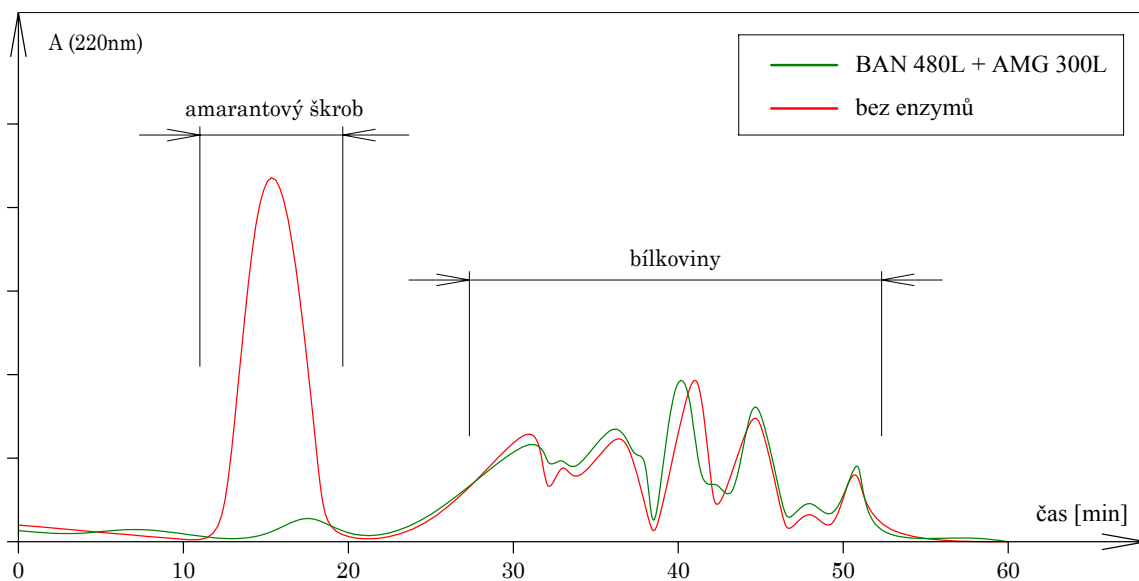
Na obrázku (obrázek 17) je znázorněn postup extrakce amarantové bílkoviny. Amarantová mouka nebo frakce obsahující bílkovinu a škrob se smíchá s vodou. Proces je veden za teploty od 40°C do 85°C a kyselosti roztoku pH 5 až pH 7.



Obrázek 17: Extrakce amarantové bílkoviny

Laboratorní ověření kvality extrakce amarantové bílkoviny

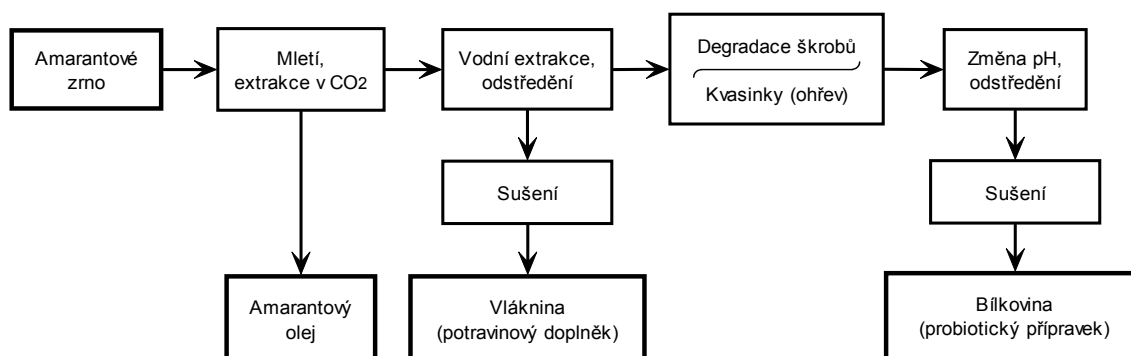
Laboratorní ověření kvality extrakce amarantové bílkoviny spočívá v analýze a porovnání složení vzorku před a po enzymatické reakci (obrázek 18).



Obrázek 18: GPC vzorku po vodní extrakci a vzorku po degradaci škrobů

7.2 Komplexní zpracování amarantového zrna

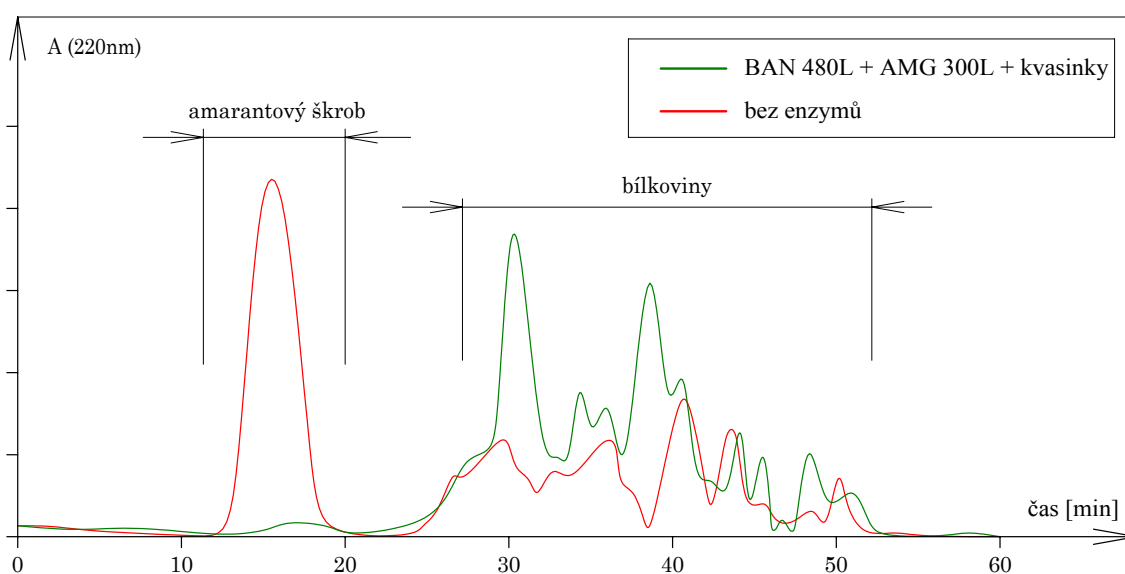
Degradovaný amarantový škrob a nenarušená amarantová bílkovina může sloužit k přípravě potravinového doplňku na bázi kvasničné biomasy. Tímto způsobem dosáhneme komplexní frakcionace amarantového zrna s minimem dalších produktů a odpadu. Přidaná kvasničná kultura, za optimálních fyzikálně chemických podmínek vytváří bílkovinou biomasu bohatou na esenciální aminokyseliny a vitamíny. Postup zpracování je patrný z blokového schématu (obrázek 19) navržené technologie.



Obrázek 19: Technologie zpracování amarantového zrna

Laboratorní měření získané bílkovinné směsi

Měření pomocí gelové chromatografie (obrázek 20) potvrzuje odbourání škrobů a vznik kvasničné bílkoviny.



Obrázek 20: GPC vzorku po vodní extrakci a bílkovinného koncentrátu

Závěr a přínosy disertační práce

Byla provedena rozsáhlá literární studie, ze které vyplynulo, že při zpracování amarantu vzniká řada cenných produktů, majících široké uplatnění v potravinářství: jako doplněk výživy, v kosmetice a jako podpůrné léčivo (amarantový olej je v USA v kategorii klinicky odzkoušených léků).

Překvapivým výsledkem literární studie je zjištění, že komplexnímu zpracování amarantové biomasy nebyla dosud věnována dostatečná pozornost. Zejména se jedná o anaerobní rozklad zbytkové amarantové hmoty na produkci čistého bioplynu. V práci byl popsán matematický kinetický model anaerobní fermentace. Kontinuálním měřením byl průběh zkoumaných fermentací zdokumentován. Nejpomalejším krokem je metanogeneze, tedy poslední fáze anaerobního rozkladu, výsledky jsou v souladu s většinou literárních odkazů.

Provedené experimenty zdokumentované kontinuálním měřením přispěly k návrhu a realizaci nových postupů výroby potravinových doplňků *Amaranthfibre*[®] a *Amaranthfibre-herb+Ca*[®] ve formě kapslí. Samotný způsob zjišťování fermentovatelnosti vlákniny a též realizované laboratorní zařízení je předmětem přihlášky vynálezu a patentového řízení PV 2006–156.

K sestavení měřicího systému byl využit hardware vyvíjený a vyráběný firmou Gryf. Ve spolupráci vznikl systém využívající inteligentních senzorů, přístroj XBC interface umožňující současné kontinuální měření fyzikálně-chemických veličin. K přístroji XBC interface v současné době vyvíjí firma Gryf software pod obchodním názvem XBC Magic. Nově vyvinutý vizualizační software pro XBC Magic využívá síťové TCP/IP rozhraní. Díky tomu lze kontinuálně měřené veličiny sledovat též vzdáleně přes počítačovou síť (například z kanceláře). Navržený způsob je též vhodný k vývoji nových verzí software. Např. novou verzí XBC interface dodanou firmou lze použít s vyvinutou vizualizační částí XBC Graph.

V odstavci 8.5 jsou zhodnoceny výsledky měření rychlosti degradace škrobů z amarantové mouky v souvislosti s glykemickým indexem. Byl potvrzen předpoklad významně rychlejšího štěpení škrobu připraveného z amarantového popu.

Důležitou částí práce je návrh nového bezodpadového postupu zpracování amarantu. Produkty jsou amarantový olej, amarantová odtučněná mouka a vysoce kvalitní kvasničná bílkovina vhodná například pro sportovce. Způsob oddělení bílkovinné frakce je předmětem druhé přihlášky vynálezu a patentového řízení PV 2006–130.

Literatura

- [1] Baltensperger D.D. *Amaranth Grain Production in Nebraska* [online]. [cit. 24.8.2005]. Dostupné z: <<http://www.ianr.unl.edu/pubs/fieldcrops/nf35.htm>>.
- [2] Berger A. *Cholesterol-lowering properties of amaranth grain and oil in hamsters*. Canada: Int J. Vitam Nutr Res. 2003 73(1):39–47.
- [3] Boone D. *Propionate Degradation in Methanogenic Environments* [online]. [cit. 20. 09. 2006]. Dostupné z: <<http://methanogens.pdx.edu>>.
- [4] Bressani R. *Amaranth: The nutritive value and potential uses of the grain and by-products*. [online]. [cit. 29. 8. 2005]. Dostupné z: <<http://www.unu.edu/Unupress/food/8F102e/8F102E08.htm>>.
- [5] Bressani R. *Grain amaranth. It's chemical composition and nutritive value*. In: Proc. Fourth Amaranth Symp. University Minnesota, St Paul. 1990.
- [6] Burkhard K. Berndt H.J. *Využití rozhraní PC pod Windows. Měření, řízení a regulace pomocí standardních portů PC*. Ostrava: HEL, 2000. ISBN 80–86167–13–5.
- [7] Dembowski K., Heinige K., Schemied L. *PC v tabulkách*. Brno: UNIS Publishing s.r.o., 1997.
- [8] Dohányos M., Zábranská J. *Biologické čištění odpadních vod*. strana 355–388. Praha: SNTL 1991.
- [9] Dostálek P., Michalová A., Škeřík J., Hutař M., Mitáček T. *Netradiční plodiny, bulletin ekologického zemědělství*. Šumperk: PRO–BIO, 2000.
- [10] Dragounová, A. *Stane se amaranth rostlinou třetího tisíciletí?* Hanácké noviny 6. 10. 1999.
- [11] Exner, J. *Studenti se bojí globálního oteplování, mají proč* [online]. Tenze – Studentské noviny pro sociálně–kritické myšlení. [cit. 1. 6. 2005]. Dostupné z: <http://www.linxxnet.de/lavka/cz_dokumente/1117815745.pdf>
- [12] Farnworth E.R. *Handbook of Fermented Functional Foods*. New York: CRC Pres, 2003. ISBN 0–8493–1372–4.
- [13] Feřtek, T. *Větrníky*. Reflex. Praha: 2004, roč. 15, č. 46, s. 86–90. ISSN 0862–6634
- [14] Fiedler M. *Speciální matice a jejich použití v numerické matematice TKI*. Praha: SNTL, 1981.
- [15] Frank, O. *Amaranth Seed Oil*. Deutsch: SÖFW–Journal 4–2005.
- [16] Gasparič J. *Analýza cizorodých látek v biologickém materiálu – jeden z úkolů bioanalytické chemie*. Chemické listy 85, strana 359–376. Praha: VSCHT, 1991. ISSN 0009–2770.

- [17] Gutierrez–Lopez Gustavo F., Barbosa–Canovas Gustavo V. *Food Science and Food Biotechnology*. Washington State University: CRC Press LLC, 2003. 338 p. ISBN 1566768926.
- [18] Haasz V., Roztočil J., Novák J. *Číslicové měřicí systémy*. Praha: ČVUT 2000.
- [19] Habán M. *Produkcia fytomasy speciálních a léčivých rostlín* [online]. [cit. 31. 3. 2005]. Dostupné z: <<http://www.skbiom.sk>>
- [20] Hollzbecher Z., Churáček J. a kol. *Analytická chemie*. Praha: SNTL 1991.
- [21] Horáková M., Lischke P., Grünwald A. *Chemické a fyzikální metody analýzy vod*. Bratislava: Alfa, 1989.
- [22] Hyšplerová L. *Anaerobní rozklad organických odpadů a vznik bioplynu*. Hradec Králové: Pedagogické dny, 1996.
- [23] Chudoba J., Dohányos M., Wanner, J. *Biologické čištění odpadních vod*. Praha: SNTL, 1991.
- [24] Jain, S.K., Hauptli, H. *Grain amaranth*. Agronomy Prog. Rept. 107, Agric. Exp. Station, University of California, 1980.
- [25] Jarošová, J. *Jak pěstovat amarant*. Časopis Úroda 7/1997, str.19–23, Praha.
- [26] Jelínek J. *Fotografie jaderné elektrárny*. Dánko: 2003.
- [27] Jiříček I., Rábl V. *Vodní energie* [online]. [cit. 31. 3. 2005]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/ktt/zdrene/4.0_Vodn%ED_energie.pdf>.
- [28] Kaláč, P. *Funkční potraviny*. České Budějovice: DONA, 2003.
- [29] Kaštánek F. *Bioinženýrství*. Praha: Academia, 2001. 334 s. ISBN 80–200–0768–7.
- [30] Klápštová K., Krátký Č.J. *Encyklopedie bohů a mýtů předkolumbovské Ameriky: Mexiko a Střední Amerika*. Praha: Nakladatelství Libri. 1. vydání., 2001. 156 s. ISBN 80–7277–065–9.
- [31] Kohout, P., Pavlíčková, J. *Amaranth vaříme a pečeme z pokladu starých Inků*. Praha: Medica Publishing, 2000.
- [32] Kolomazník K., Kodriková K., Bobálová J., Adamek M. *Kinetika a modelování enzymových procesů*. Zlín: Universita Tomáše Bati, 2004.
- [33] Kotalíková M. *Racionální výživa a její význam pro plnohodnotný život člověka* [online]. [cit. 6. 12. 2005]. Dostupné z: <http://home.zf.jcu.cz/public/departments/koz/vyz/pred_11.pdf>.
- [34] Kubíček M. *Technické a programovací prostředky*. Praha: VŠCHT, 2000.
- [35] Lanconelli C. *Lanconelli Open Systems*. [online]. [cit. 9. 5. 2006]. Dostupné z: <<http://www.lancos.com>>.

- [36] Lotter D. *Amaranth is ideal crop to add to a small farmer's*. [online]. May 12, 2005. [cit. 20.6.2005]. Dostupné z: <http://www.newfarm.org/international/pan-am_don/may05/index.shtml>.
- [37] Michalová A. *Opomíjené obiloviny a pseudoobiloviny v Evropě*. Pěstování a využití některých opomíjených a netradičních plodin v ČR. Praha: VÚRV Praha-Ruzyně, 2001.
- [38] Myers M.L. *Amaranth: New Crop Opportunity* [online]. [cit. 23. 11. 2005]. Dostupné z: <<http://www.hort.purdue.edu>>.
- [39] Pal M., Khoshoo T.N. *Grain amaranth*. Evolutionary Studies in World Crops, p. 129. Cambridge: University Press.
- [40] Paredes-López O. *Amaranth Biology Chemistry and Technology*. Boca Raton: CRC Press, 1994.
- [41] Pedersen B., Knudsen B. K. E., Eggum B. O. *The nutritive value of amaranth grain*. In: 3. Energy and fiber of raw and processed grain. Plant Foods Hum. Nutr. 40: 61–71, 1990.
- [42] Petr, J. *Amarant – plodina 21.století*. Časopis Úroda 1/1997, str. 22–23, Praha.
- [43] Petříková V. *Biomasa – obnovitelný zdroj energie* [online]. [cit. 20.5.2005]. Dostupné z: <<http://biom.cz/index.shtml?x=48073>>
- [44] Robert L. *Grain Amaranth*. Columbia: Published by the Jefferson Institute, 2001, MO. 4 p. 999.
- [45] Rydlo P. *Průmyslové komunikační sítě v distribuovaných řídicích systémech*. Studijní text. TU Liberec, 2000.
- [46] Sedláček J., Slaba J. *Delphi v kostce*. Praha: BEN, 1997.
- [47] Sedláček M. a kol. *Metody rozboru kalů a pevných odpadů*. Praha: SZN, 1978.
- [48] Segura-Nieto M., Rodriguez-Nester C., Olguin-Martinez L. *Identification of methionine rich proteins from Amaranthus hypochondriacus seed*. Presented at the Int. Symp. Biotechnol. Crop improvement in Latin America (CQI 10), November 1 to 7, 1992.
- [49] Skoog D.A., Leary J.J. *Principles of Instrumental Analysis*. D. van Nost. Comp., New York: Saunders College Publishing, 1992
- [50] *Specifikace komunikačního protokolu AIBus-2*. Plzeň: Tedia, 1998.
- [51] Stallknecht G. F., Schulz-Schaeffer J.R. *Amaranth Rediscovered* [online]. [cit. 24.8.2005]. Dostupné z: <<http://newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/V2-211.html>>.

- [52] Stražil Z. *Energetické hodnocení vybraných klasických a netradičních alternativních plodin jako zdroje různých energetických paliv*. Sborník příspěvků "Kalorimetrický seminář 2000", Zvíkovské Podhradí, 29. května 1. června 2000, p. 49–53.
- [53] Svoboda L., Voneš P., Konšal T., Mareš M. 1001 tipů a triků pro Delphi. Computer Press, Brno 2002. ISBN 80–7226–529–6.
- [54] Svoboda M. *Měřicí technika II*. Liberec: Přednášky TU Liberec.
- [55] Tanenbaum A.S. *Computer Networks*. Prentice Hall 2002. Stevens W. R. TCP/IP Illustrated volume 1, Addison-Wesley 1994. ISBN 0131651838.
- [56] Váňa J., Slejška A. *Bioplyn z rostlinné biomasy*. Praha: ÚZPI, 1998.
- [57] Vaněček, M. *Přeměna sluneční energie v energii elektrickou*. Československý časopis pro fyziku. Praha: Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, 2002, roč. 52, č. 2, s. 92–98. ISSN 0009–0700.
- [58] Zábranská J., Pokorná D., Dohányos M. *Stanovení kyseliny akrylové a nižších mastných kyselin C1–C6 plynovou chromatografií*. Hydrochémia 87, strana 295–304. Bratislava: ČSVTS, 1987.
- [59] Zábranská, J. a kol. *Laboratorní metody v technologii vody*. Skriptum. Praha: VŠCHT, 1997.
- [60] Zadák Z. *Význam dietní vlákniny ve výživě* [online]. [cit. 6. 12. 2005]. Dostupné z: <http://nova.medicina.cz/odborne/clanek.dss?s_id=602>.
- [61] 1st World Conference and Exhibition of Biomass for Energy and Industry. Sevilla: 2000. ISBN 1902–9131–58.
- [62] Ahlborn Mess – und Regelungstechnik GmbH [online]. [cit. 29. 9. 2006]. Dostupné z: <<http://www.ahlborn.com>>.
- [63] *Amarant* [online]. Dietologie 2003, Článek 30000011 [cit. 24. 8. 2005]. Dostupné z: <<http://www.dietologie.cz>>.
- [64] *Amarant ve zdravé výživě* [online]. [cit. 24. 8. 2005]. Dostupné z: <<http://www.fzv.cz/web/fzv-radi/lexikon/amarat>>.
- [65] *Amarant / Laskavec ocasatý, ohnutý, červený, aj.* [online]. [cit. 23. 11. 2005]. Dostupné z: <<http://dadala.hyperlinx.cz/lexi/lexirA.html>>.
- [66] AMR AMARANTH a.s. [online]. [cit. 10. 1. 2004]. Dostupné z: <<http://www.amarant.cz>>.
- [67] Analog Devices, Inc. [online]. [cit. 28. 8. 2006]. Dostupné z: <<http://www.analog.com>>.
- [68] Atmel Corporation [online]. [cit. 28. 8. 2006]. Dostupné z: <<http://www.atmel.com>>.

- [69] *Aurora Scan Software for Helios*. User Manual. Unicam Instruments, 1999.
- [70] *Benchmark pH/ISE Meters, Models 410A, 420A, 520A, 525A, 710A, 920A*. Instruction Manual. ORION Research, Inc. 1997.
- [71] *Biomasa pro energii* [online]. [cit. 1. 6. 2005]. Dostupné z: <<http://encyklopedie.biom.cz/wiki/index.php/Biomasa>>
- [72] *Conductivity Meters, Models 425 and 150*. Instruction Manual. ORION Research, Inc. 1998.
- [73] *Frakcionace amarantu a využití jeho aktivně zušlechťených složek ke zlepšení výživy a zdraví populace*. Závěrečná zpráva. Ev. č. pr. B-C3/10/00. AMR AMARANTH a.s. Hradec Králové.
- [74] Future Technology Devices International Ltd. [online]. [cit. 23. 8. 2006]. Dostupné z: <<http://www.ftdichip.com>>.
- [75] GRYF HB spol. s.r.o. *Měřicí přístroje* [online]. [cit. 6. 12. 2005]. Dostupné z: <<http://www.gryf.cz>>.
- [76] *HW server představuje – RS-232* [online]. [cit. 2. 9. 2006]. Dostupné z: <<http://www.hw.cz/projects/rs232>>.
- [77] HYPEL Průmyslová elektronika [online]. [cit. 21. 6. 2006]. Dostupné z: <<http://www.hypel.cz>>.
- [78] *Komplexní využití biomasy amarantu*. Závěrečná zpráva. Ev. č. pr. FD-K2/73. AMR AMARANTH a.s. Hradec Králové.
- [79] *Konstrukce fermentoru* [online]. [cit. 29. 9. 2006]. Dostupné z: <http://www.agro-eko.cz/vyrobek_podstranka.php?vyrobek_odstavec=12>.
- [80] Microchip Technology Inc. [online]. [cit. 23. 8. 2006]. Dostupné z: <<http://www.microchip.com>>.
- [81] Microsoft Corporation. *Microsoft MSDN Library* [online]. [cit. 11. 4. 2006]. Dostupné z: <<http://msdn.microsoft.com>>.
- [82] Novozymes. *Products and Solutions* [online]. [cit. 26. 9. 2006]. Dostupné z: <<http://www.novozymes.com/en>>.
- [83] Omega Engineering, Inc. [online]. [cit. 16. 6. 2006]. Dostupné z: <<http://www.omega.com>>.
- [84] *Přeměna sluneční energie v energii elektrickou* [online]. [cit. 31. 3. 2005]. Dostupné z: <<http://www.aton.cz/cz/technika/fotovoltaika>>.
- [85] *Příručka pro regionální využití biomasy*. Praha: Česká energetická agentura, 2000.
- [86] Silicon Microstructures, Inc. [online]. [cit. 17. 7. 2006]. Dostupné z: <<http://www.si-micro.com>>.

- [87] STMicroelectronics [online]. [cit. 23. 8. 2006]. Dostupné z: <<http://www.st.com/stonline>>.
- [88] *Temperature Sensors* [online]. [cit. 2. 9. 2006]. Dostupné z: <http://www.dataacquisitionweb.com/sensors/temperature_sensors>.
- [89] Texas Instruments. *Interface Circuits for TIA/EIA-232-F* [online]. Design Notes. 2002. p. 22. [cit. 15. 8. 2006]. Dostupné z: <<http://focus.ti.com/lit/an/slla037a/slla037a.pdf>>.
- [90] *Unicam Helios Gamma & Delta*. User Manual. Unicam Instruments, 1999.
- [91] USDA Nutrient Database for Standard Reference. *Nutrition content of Amaranth* [online]. [cit. 24.8.2005]. Dostupné z: <<http://cgi.fatfree.com>>.
- [92] *Vykurovanie peletami*. [online]. [cit. 31. 3. 2005]. Dostupné z: <<http://www.biomasa.sk/page195@0.htm>>.
- [93] *Získávání bílkovin z netradičních zdrojů*. Průběžná zpráva. Ev. č. pr. FI-IM/101. AMR AMARANTH a.s. Hradec Králové.
- [94] Jelínek J. *No-Remnant Degradation (not only) of Amaranth Grain Proposed Thanks to a Newly Designed Measuring Device*. Ecological Chemistry And Engineering. Scientific Journal. Poland: Opole University (ve zpracování redakcí časopisu). ISSN 1231-7098.
- [95] Jelínek J., Svoboda M., Hyšplerová L., Kolář K. *The Comparison of the Fermentative Processes*. Proceedings Ecopole'06. Poland: Opole University (v tisku).
- [96] Jelínek J., Svoboda M., Hyšplerová L., Kolář K. *The Protein Concentrates From Amaranth Grains*. Proceedings Ecopole'06. Poland: Opole University (v tisku).
- [97] Jelínek J. *Measuring System for Fermentative Processes Study, Amaranth Processing and Utilization*. K7 vědecko populární časopis Fakulty mechatroniky a mezioborových inženýrských studií Technické univerzity v Liberci, 04/2006. ISSN 1214-7370.
- [98] Jelínek J., Hyšplerová L., Kolář K., Zadák Z. *The comparison of the fermentative processes*. Health Ingredients Metabolism Analys, page 230. Pardubice: Univerzity of Pardubice, 2006. ISBN 80-7194-855-1.
- [99] Jelínek J. *Amarant – zdroj kvalitní vlákniny*. K7 vědecko populární časopis Fakulty mechatroniky a mezioborových inženýrských studií Technické univerzity v Liberci, 04/2005. ISSN 1214-7370.
- [100] Jelínek J. *Využití amarantu v potravinářství*. K7 vědecko populární časopis Fakulty mechatroniky a mezioborových inženýrských studií Technické univerzity v Liberci, 03/2005. ISSN 1214-7370.
- [101] Jelínek J. *Využití amarantu v energetice*. K7 vědecko populární časopis Fakulty mechatroniky a mezioborových inženýrských studií Technické univerzity v Liberci, 02/2005. ISSN 1214-7370.

- [102] Jelínek J. *Amarant – rostlina, kterou možná neznáte*. K7 vědecko populární časopis Fakulty mechatroniky a mezioborových inženýrských studií Technické univerzity v Liberci, 01/2005. ISSN 1214-7370.
- [103] Jelínek J., Hyšplerová L., Kolář K. *System for Fibre Fermentative Process Study*. Target nutritional therapy. Pardubice: Univerzity of Pardubice 2005. ISBN 80-7194-748-2.
- [104] Jelínek J., Hyšplerová L., Kolář K. *System for Fermentative Process Study Project Objective*. Proceedings ECOPole' 05. Poland: Opole University, 2005. ISBN 978-83-917511-3-8.
- [105] Jelínek, J. *Measuring System for Fermentative Process Study*. Project Objective. Technology Fair of the Future (14-18 June). Brazil: Sao Paulo, 2004.
- [106] Jelínek, J. *Amaranth as a Energy Crop – The Utilization of Amaranth Biomass*. Project Objective, Proceedings ECOPole' 04. Poland: Opole University, 2004. ISBN 83-917511-2-0.
- [107] Zadák Z., Tichá A., Hyšpler R., Jelínek J. *Amaranth Fibre – Determination of Dietary Fibre Fermentation in Large Bowel by detection of Methane Concentration in Expired Air*. New Functional Ingredients and Foods 2003, Copenhagen, Denmark, Poster P1-G16, Elsevier Science.
- [108] Štemberk P., Jelínek J., Tichá A., Hyšplerová L., Kolář K. *Determination of Flavonoids in Extracts of Amaranth Biomass*. International Biotech and Lab Automation Europe 2003, Exposition 24-26.11, London.
- [109] Jelínek, J. *Measuring System for Fermentative Process Study*. Project Objective, str. 365 – 368. 6th International Workshop on Electronics, Control, Measurement and Signals ECMS 2003. Liberec: TU Liberec, 2003. ISBN 80-7083-708-X.
- [110] Štemberk P., Tichá A., Jelínek J., Hyšplerová L., Královský J. *Stanovení rutinu v extraktech z amarantové biomasy*. Nature antioxidants. Pardubice: Univerzity of Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-549-8.
- [111] Jelínek J., Hyšplerová L. *Laboratory Measurement and Processing of Results of Basic Physical-Chemical Data*. Process Control 2003. Bratislava: Slovak University of Technology, 2003. ISBN 80-227-1902-1.
- [112] Štemberk, P., Jelínek, J., Tichá, A., Hyšplerová, L., Kolář, K. *Determination of Flavonoids in Extracts of Amaranth Biomass*. Proceedings ECOPole' 03. Poland: Opole University, 2003. ISBN 83-917511-1-2.

Měřicí systémy pro studium fermentačních procesů
Zpracování plodiny amarant

Autoreferát disertační práce

Ing. Jiří Jelínek

Technická univerzita v Liberci
Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Rozsah: 36 stran

Náklad: 20 výtisků

říjen 2006