

# IZOMERACE LAKTOSY NA LAKTULOSU V ALKALICKÉM PROSTŘEDÍ

Ing. Ivan BOHAČENKO, CSc., Ing. Jitka PINKROVÁ

e-mail: Ivan.Bohacenko@vupp.cz, Jitka.Pinkrova@vupp.cz



VÝZKUMNÝ ÚSTAV POTRAVINÁŘSKÝ PRAHA, Radiová 7, 102 31 Praha 10 - Hostivař

## LAKTULOZA (O-β-D-galaktopyranosyl-(1,4)-D-fruktofuranosa)

- sladivost blízká glukose, asi 60 % sladivosti sacharosy
- v přírodě se nevyskytuje, vzniká izomerací laktosy v alkalickém prostředí
- v zažívacím traktu savců není absorbována (nepřítomnost sacharolytických enzymů)
- je však metabolizována bifido- a acidofilními baktériemi za vzniku kyseliny mléčné; při štěpení laktosy v tlustém střevě se vytváří prostředí příznivě stimuluje jejich rozvoj a současně se potlačuje růst nežádoucích alkalifilních proteolytických intestinálních baktérií; vznikající kyselina mléčná podporuje střevní peristaltiku a příznivě působí na snížení sérového cholesterolu a profylaxi parodontosy
- využití - v potravinářství jako prebiotikum (podporuje rozvoj bifidobaktérií), někdy také jako nízkokalorické sladidlo
- v medicíně jako projímadlo (laxativní účinky) nebo při léčbě jaterní (porthosystemické) encefalopatie.

## METODICKÝ PŘÍSTUP

V průběhu izomerace byly sledovány:

- časová změna obsahu laktosy a laktulosy
- časová změna pH reakční směsi
- výtěžnost izomeračního procesu dle vzorce

$$V = \frac{100 \cdot a}{b - c}$$

, kde je  
 V ... výtěžnost (%) v čase t  
 a ... obsah laktulosy (%) v čase t  
 b ... počáteční obsah laktosy (%)  
 c ... obsah laktosy (%) v čase t

## EXPERIMENTÁLNÍ PROVEDENÍ

Jako proměnné byly zvoleny:

- teplota reakce (°C)
- výchozí koncentrace vodného roztoku laktosy (%)

### izomerace s přidavkem hydroxidu vápenatého

17% vodný roztok laktosy, upravený přidavkem Ca(OH)<sub>2</sub> na pH = 10,5, byl za stálého míchání zahříván ve vodní lázni při teplotách 70 nebo 90 °C

### izomerace na ionexech

Bylo provedeno vsádkovým způsobem.

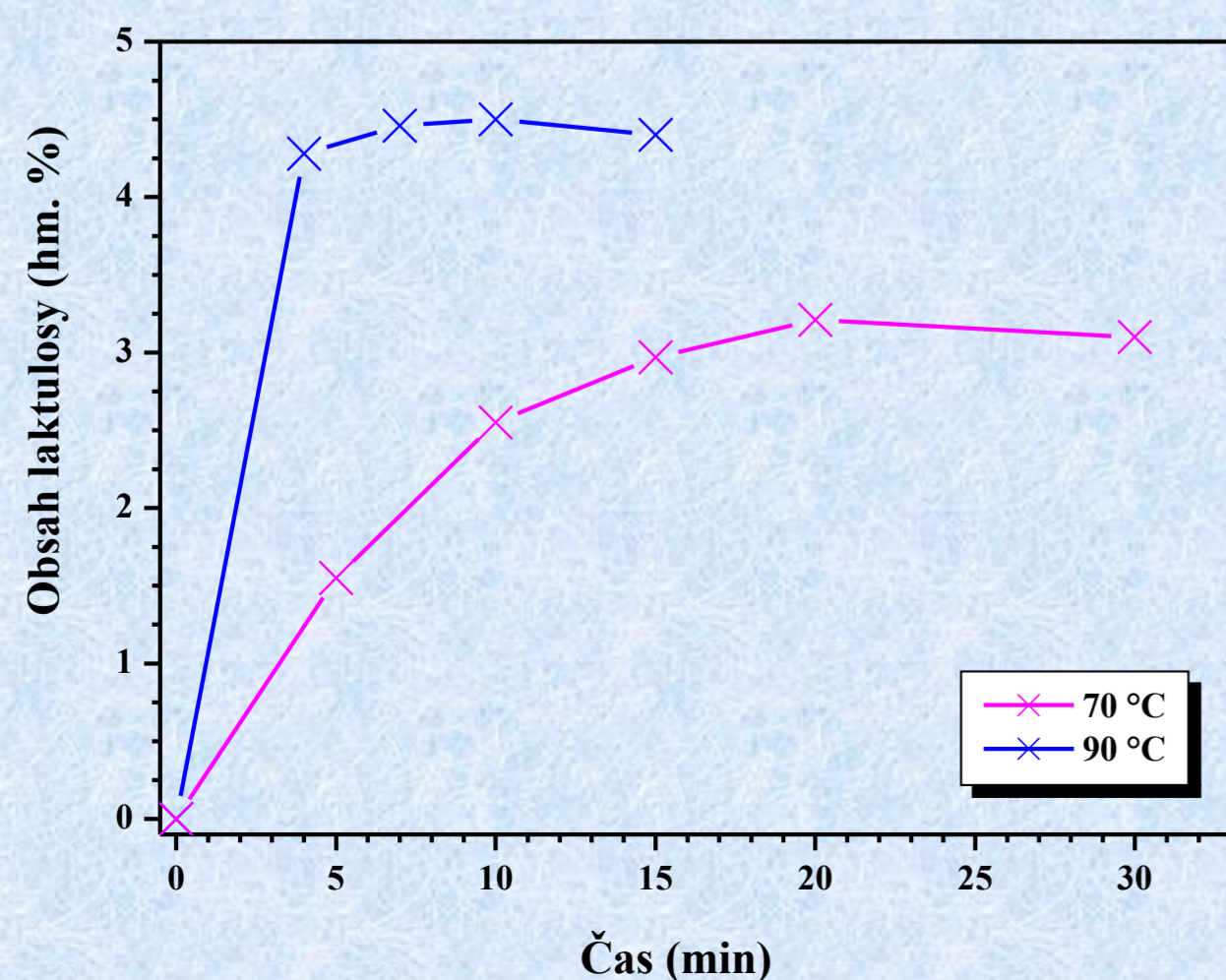
K 10 nebo 15% vodnému roztoku laktosy byl přidán silně bazický anex A400 MB v poměru [anex (g) : počáteční laktosa (g) = 1] a směs zahřívána na třepací vodní lázni při teplotách 40; 50 a 60 °C.

### stanovení obsahu laktosy a laktulosy

Bylo provedeno metodou HPLC s refraktometrickou detekcí (pumpa Waters 515, In-line degaser AF fy Waters, RI detektor Waters 2414, termostat kolon LCO 101 ECOM, CSW 32 - Data Apex).  
 mobilní fáze: demi. H<sub>2</sub>O, průtok: 0,3 ml/min, teplota kolony: 80 °C  
 předklonky Watrex - HEMA-BIO 1000 Q a SB (10 mm, 50 x 4 mm)  
 analytická kolona Watrex - Ostion LGKS 0800 Ca form (250 x 8 mm)

Tab. I: Výtěžnost laktulosy při izomeraci 17,5% roztoku laktosy s přidavkem Ca(OH)<sub>2</sub> při teplotách 70 a 90 °C

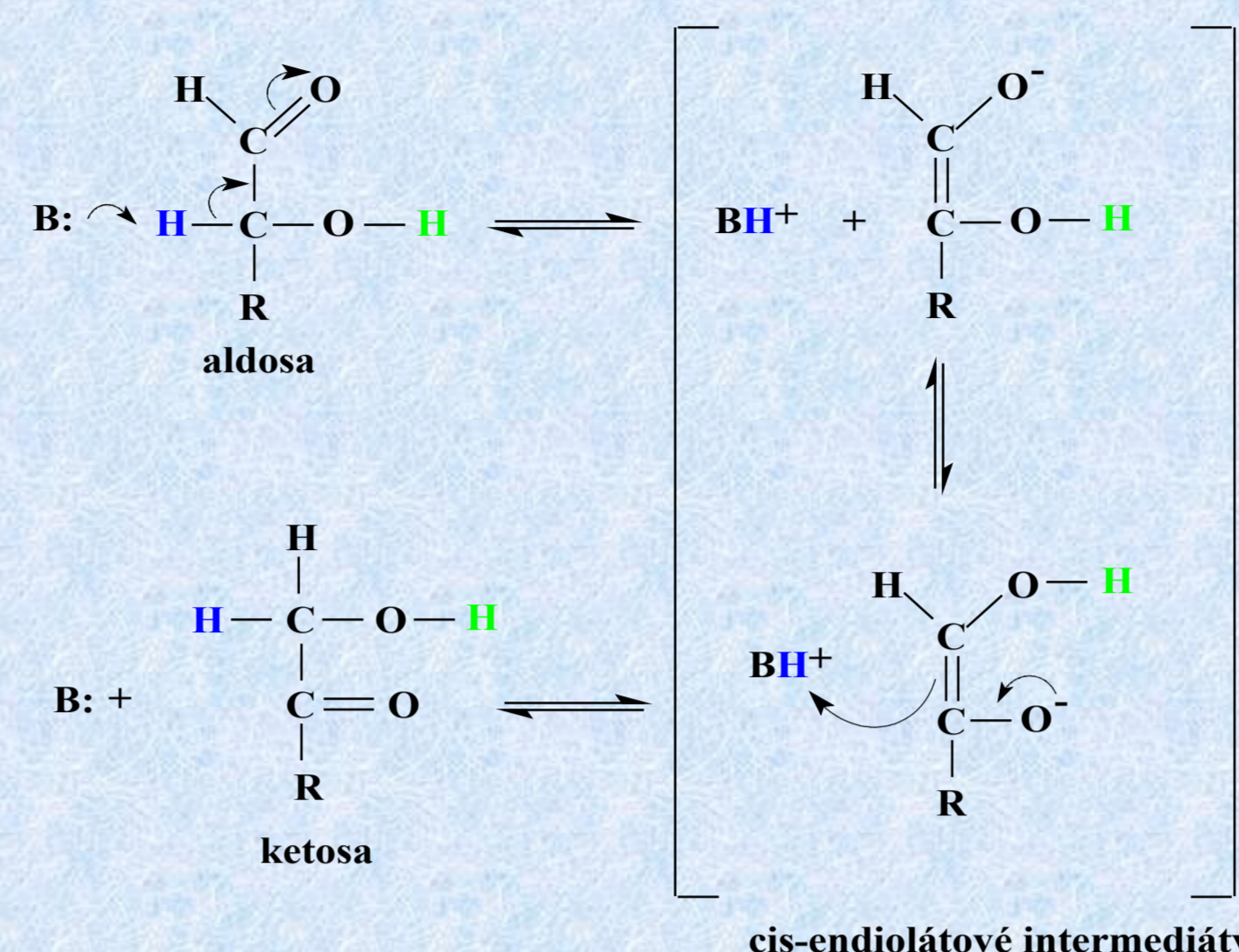
Čas (min)	Výtěžnost (%)	
	70 °C	90 °C
4	-	77,5
5	87,1	-
7	-	78,4
10	85,0	72,0
15	79,4	65,4
20	73,3	-
30	65,8	-



Obr. 1: Změna obsahu laktulosy v průběhu izomerace roztoku laktosy s přidavkem Ca(OH)<sub>2</sub> při teplotách 70 a 90 °C

## IZOMERACE LAKTOSY NA LAKTULOSU V ALKALICKÉM PROSTŘEDÍ

Principem je vzájemná konverze aldosa a ketosa v alkalickém prostředí, probíhající přes intermediární endiolátové anionty (Lobry de Bruyn-Alberda van Ekensteinova transformace).

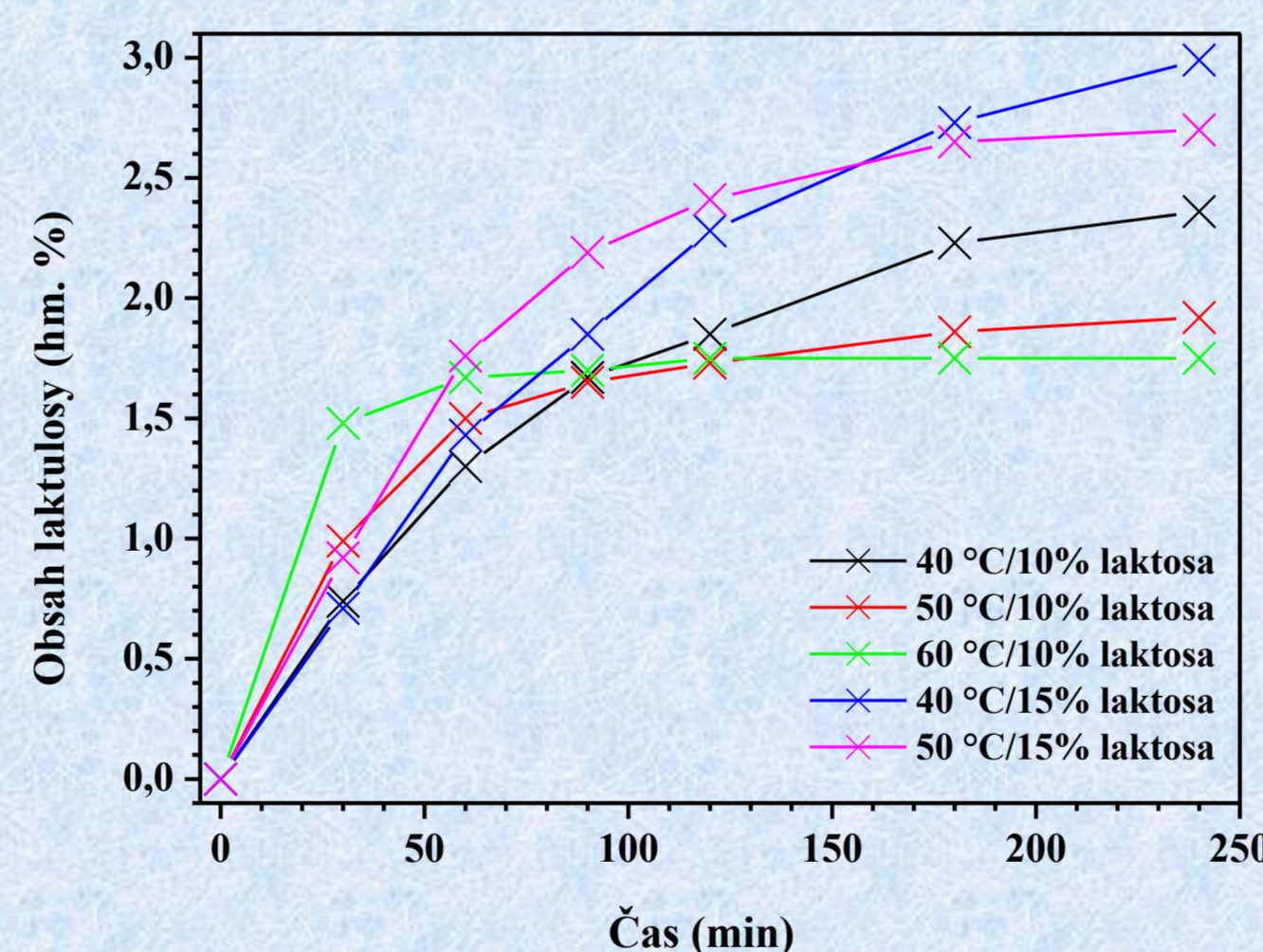


V praxi se izomerace vodných roztoků laktosy provádí při zvýšených teplotách (40 - 90 °C) a vysokém pH (9,0 - 10,5) *přidavkem*

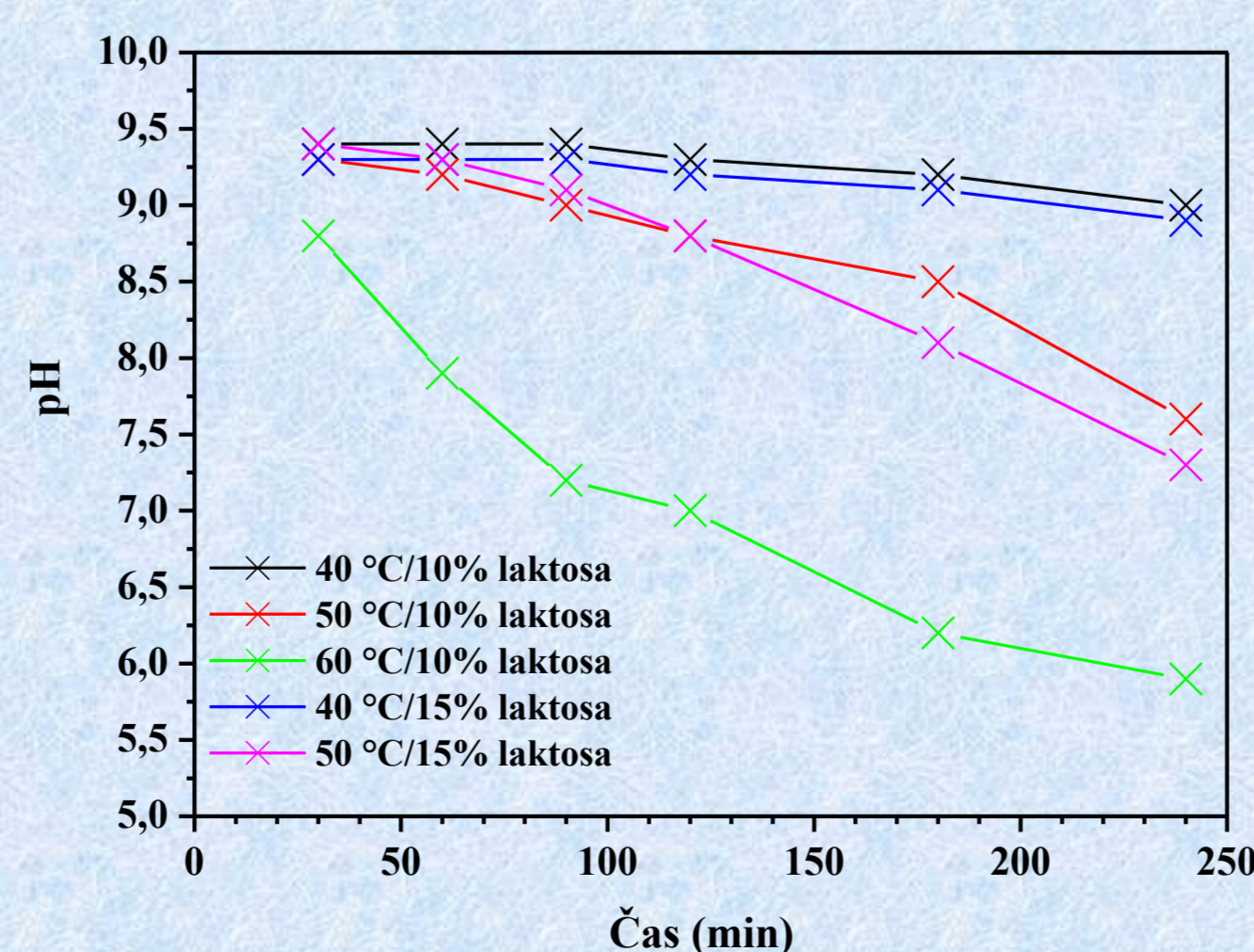
- anorganických hydroxidů (sodný, draselný, vápenatý, hlinitý),
- jiných bazických látek (např. tetraboritan sodný, terciární aminy, siřičitan sodný),
- silně bazických anexů.

Tab. II: Výtěžnost izomerace 10 a 15% roztoků laktosy na ionexu při teplotách 40; 50 a 60 °C

Čas (min)	Výtěžnost (%)					
	10% roztok laktosy			15% roztok laktosy		
	40 °C	50 °C	60 °C	40 °C	50 °C	60 °C
120	42,9	37,4	39,6	41,8	35,1	
180	46,6	38,4	39,2	45,4	37,9	
240	47,1	39,3	38,2	48,8	38,5	



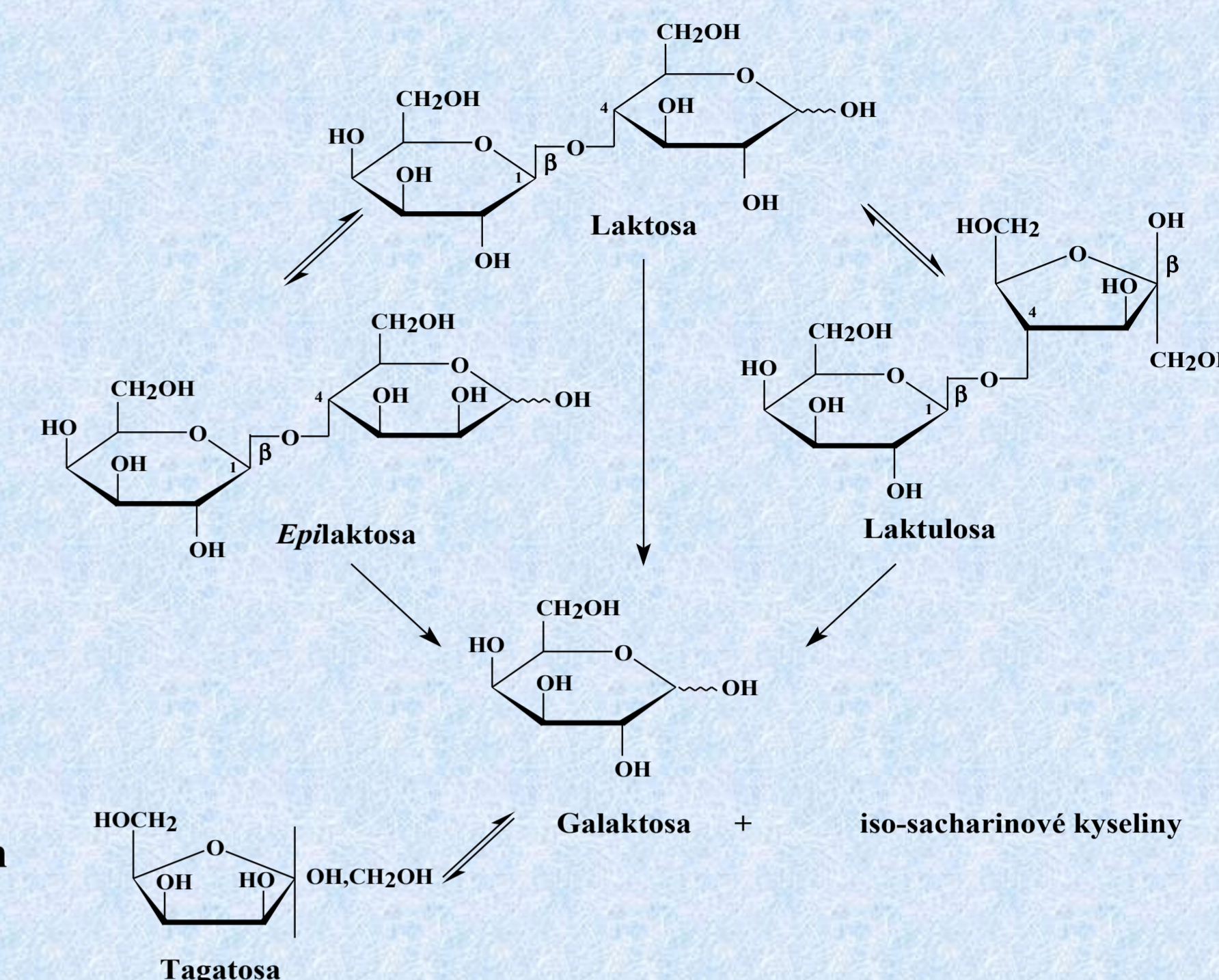
Obr. 2: Časová a teplotní závislost obsahu laktulosy v průběhu izomerace na ionexu



Obr. 3: Časová závislost pH reakční směsi na teplotě a koncentraci laktosy

Projekt řešen za podpory MZe NAZV, grant č. QF 4011

V případě izomerace laktosy vzniká jako hlavní produkt laktuloza a jako vedlejší produkty galaktosa a velmi malá množství iso-sacharinových kyselin, epilaktosy a tagatosy.



## VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

### Izomerace s přidavkem Ca(OH)<sub>2</sub>

- průběh konverze laktosy je rychlý, při teplotě 70 °C je max. obsah laktulosy 3,2 % dosažen po 20 minutách, při teplotě 90 °C je max. obsah 4,5 % dosažen již po 10 minutách (viz Obr. 1). V dalším průběhu izomerace obsah laktulosy klesá v důsledku zvýšení vedlejších rozkladných reakcí.
- ve výše uvedených časových intervalech 20 a 10 minut je též dosahováno relativně vysokých výtěžností laktulosy; a to 73,3 % při teplotě 70 °C a 72,0 % při teplotě 90 °C. Dále výtěžnost v obou případech rychle klesá (viz Tab. I).
- v průběhu izomerace rychle stoupá zabarvení reakční směsi. Při 70 °C je její konečná barva sytě hnědá, při 90 °C tmavě hnědá.

### Izomerace na ionexu

- průběh konverze laktosy je pomalejší, k nevýznamným přírůstkům laktulosy (menším než cca 0,3 %) dochází až od 180 minuty izomerace (viz Obr. 2).
- produkce laktulosy (viz Obr. 2 a 3) závisí na
  - **reakční teplotě**; ve 180 minutě je nejvyšší (2,23 %) při 40 °C, při 50 °C činí 1,86 % a při 60 °C 1,75 %,
  - **výchozí koncentraci laktosy**; při použití 15 % laktosy je za stejných podmínek reakce o cca 0,5 - 0,8 % vyšší produkce než při použití 10 %,
  - **pH reakční směsi**; k nejvyšším přírůstkům laktulosy dochází při pH vyšším než 8,0, tj. do 180 minuty u teplot 40 a 50 °C,
  - teplota 60 °C je zřejmě nad hranici teplotní stability používaného ionexu, neboť pH reakční směsi a přírůstky laktulosy se prakticky nemění již od 60 min.
- výtěžnost laktulosy slabě klesá s teplotou reakce, od 47,1 % při 40 °C na 38,2 % při 60 °C a nezávisí prakticky na výchozí koncentraci laktosy (viz Tab. II).
- reakční směs zůstává v průběhu i na konci všech variant experimentů bezbarvá.

## ZÁVĚR

### IZOMERACE S PŘÍDAVKEM Ca(OH)<sub>2</sub>

**Výhody:** krátká doba izomerace, vyšší produkce a výtěžnost laktulosy

**Nevýhody:** vysoké reakční teploty, nežádoucí vysoké zabarvení a zasolení finálního produktu, vyžadující následné odbarvení a demineralizaci

### IZOMERACE NA IONEXECH

**Výhody:** nižší reakční teploty, bezbarvý, nezasolený a částečně deionizovaný finální produkt, nevyžadující následnou rafinaci

**Nevýhody:** delší doba izomerace, nižší produkce a výtěžnost laktulosy, regenerace použitého ionexu