

Dr Németh Áron, adjunktus, BME-ABÉT, F-Labor

# BIOMÉRNÖKI TERVEZÉSI ÉS SZÁMÍTÁSI GYAKORLAT

# Process Simulation - Flowsheeting

- ⊙ „Not only Bio but engineering also...”
- ⊙ Folyamatszimuláció def.:  
vegyipari/biotechnológiai műveletekből  
felépülő technológiák szimulációja
- ⊙ ~tervezés, de „csak” szimuláció -> mire jó?
- ⊙ Nagyobb projektek előkészítésekor  
*Megvalósíthatósági Tanulmány = Feasibility  
Study*

# Process Simulation - Flowsheeting

- Hogy működik?
- Minden műveletre a spec. Modell alapján M&E mérleget állít fel => egész technológia M&E balance
- Ehhez hozzákapcsolva a költségelemeket=>gazdasági becslések (pl.: befektetés, megtérülés, termék önköltségi ára stb...)
- M&E+Env.props.=>*Környezetvédelmi Hatástanulmány*
- *Technológia fejlesztés+transzfer*

# SuperPro Designer

⊙ <http://www.intelligen.com>

⊙ ->demo (limit) - >ÖNÁLLÓ feladat ->EMAIL!  
**Megajánlott pontszám!!**

**-kiadott feladat v.**

**-önállóan kitalált és megoldott**

**( tetszőleges Proc Unit, listát kérni)**

**ZH: -4x2ea->4feladat, LAPTOP?**

**-50%tól elégs.**

**+minden Feladat min 40%**

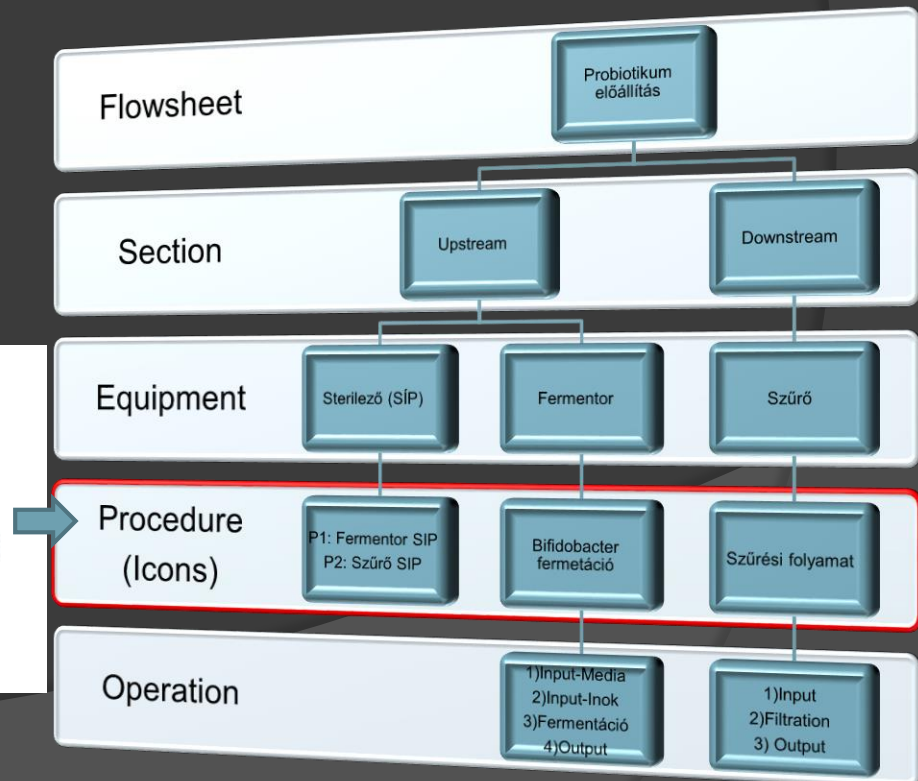
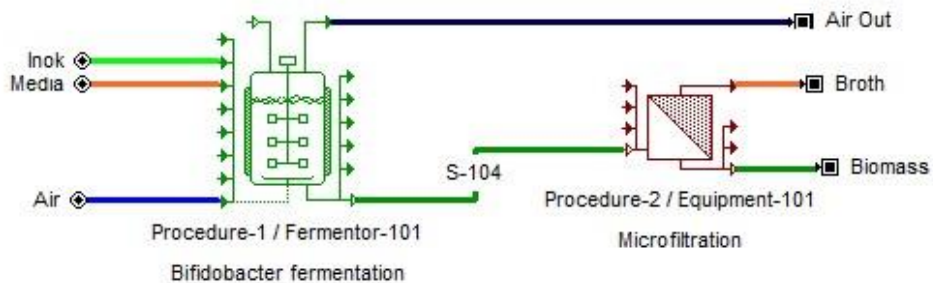
⊙ ->manual

⊙ ->examples

- recbgal előállítás
- recInsulin ea
- Biodiesel
- Cheese
- WWT (GE)
- Pharma (COM)

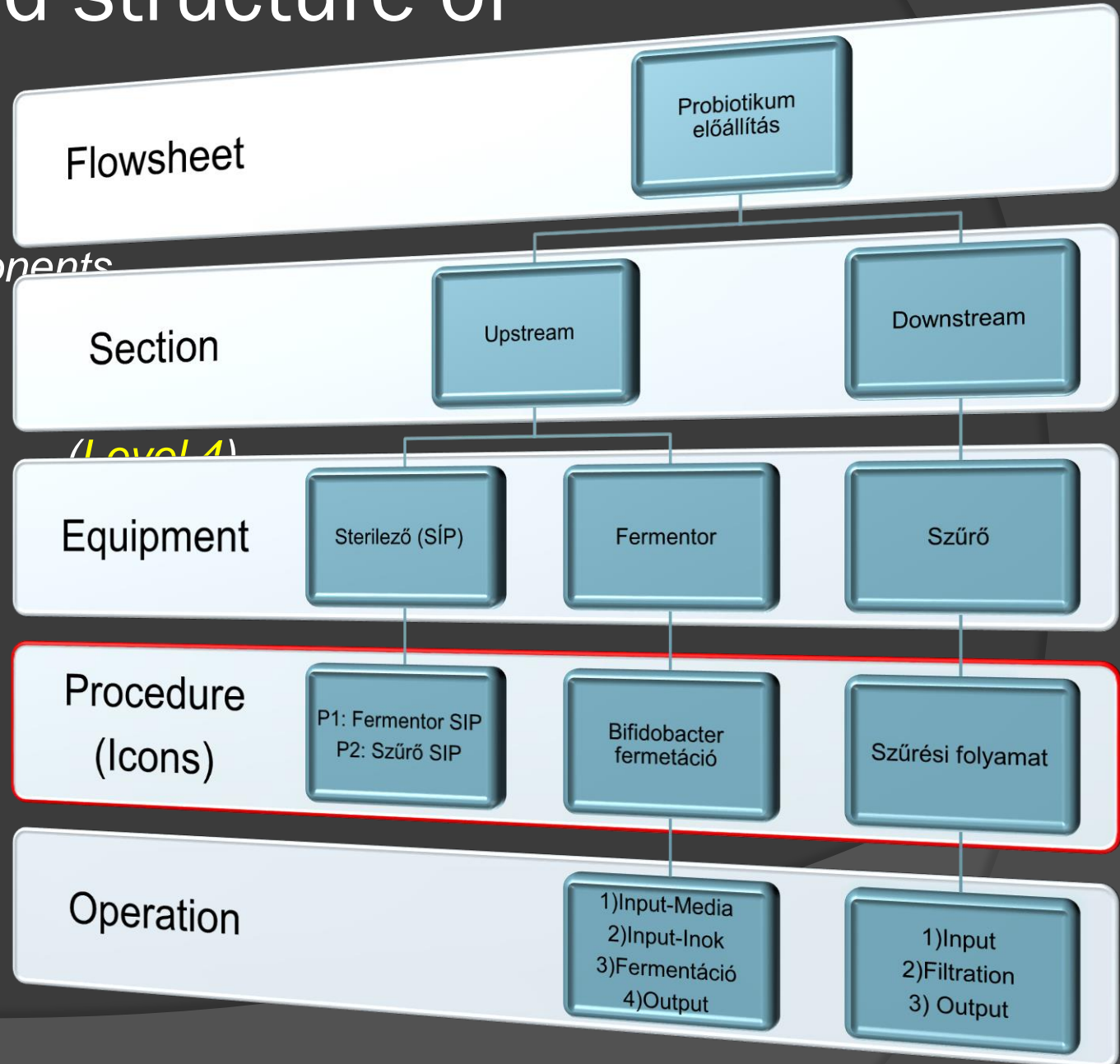
# Setup and structure of flowsheets

1. Unit Procedure (Level 2)
2. Connect mode
3. Register Components
4. Operational (Level 1)
5. Equipment (Level 3)
6. Section (Level 4)
7. Flowsheet (Level 5)



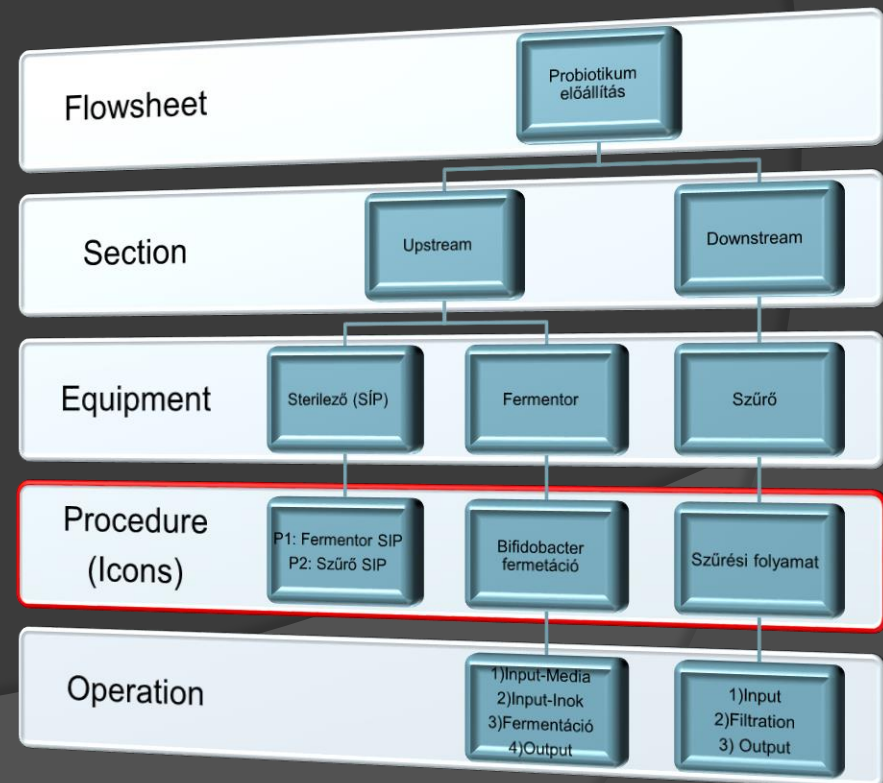
# Setup and structure of

1. Unit Procedure
2. Connect mode
3. Register Components
4. Operational
5. Equipment
6. Section
7. Flowsheet

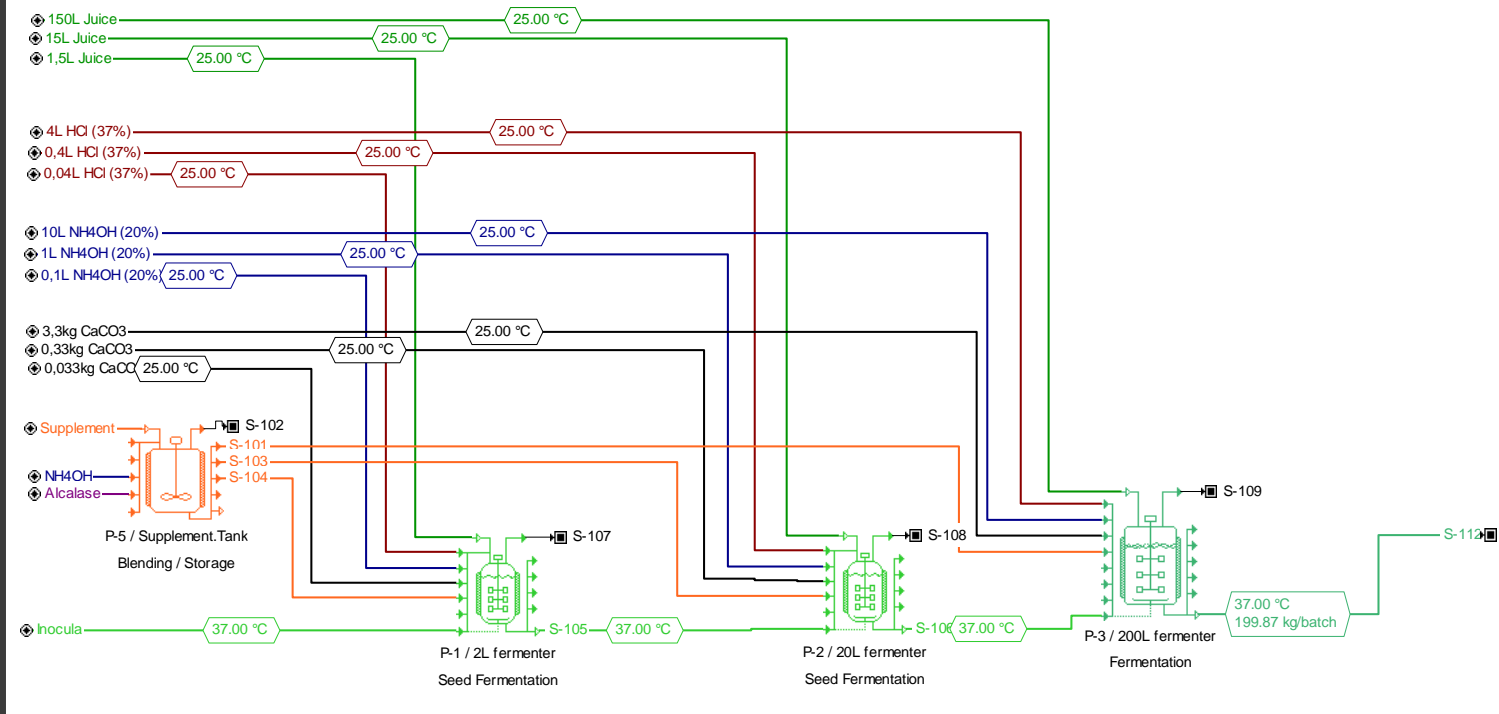


# Setup and structure of flowsheets

1. Unit Procedure (Level 2)
2. Connect mode
3. Register Components
4. Operational (Level 1)
5. Equipment (Level 3)
6. Section (Level 4)
7. Flowsheet (Level 5)
8. Solve M&E balance
9. Perform Economic Calculations
10. Generate Reports
11. Start different scenarios (Pl.:scale up)



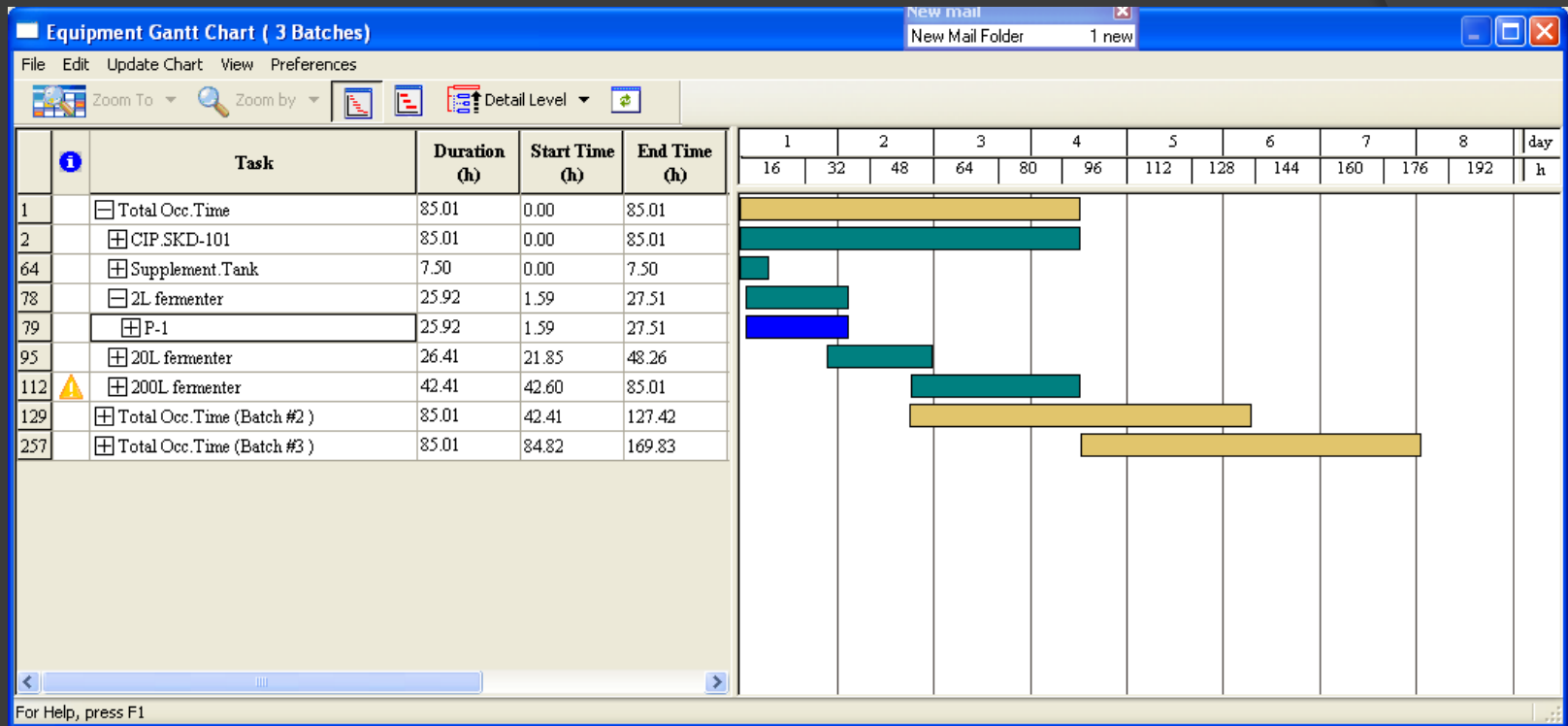
# Tricks



1. Látszólag vezeték, valójában anyagáram => 1x használható
2. Anyagmérlegeket old meg, de számított sűrűségből térfogatokkal is kalkulál=>mindig ellenőrizni
3. „can not handle back propagation”=túlhatározott modell, vagy balról jobbra, vagy visszafelé (de csak egy irányba) kell tudnia számolni
4. pH-t nem tud számolni/kezeln->labor eredmények alapján sav/lúg fogyás
5. Eszközökben levegő van default->feltöltéskor emittálni kell(het)
6. Hiányzó műveletek helyett **Generic box** (reaction&separation)
7. SCHEDULING->Gant chart, Master/slave relationship



# Tricks



8. Resource charts – inventory charts (Supply) – logisztika
9. Design: Edit label, Name tag, Info tag, Edit Elbows, Pick up style/Apply, egyéb feliratok (pl. Section)

# Example No.2.

## 2. feladat (A .spf file elküldendő a [naron@f-labor.mkt.bme.hu](mailto:naron@f-labor.mkt.bme.hu) email címre)

Töltsön be egy fermentorba 99kg 1%-os glükóz oldatot és 1kg 1%-os biomassza (oltó)anyagot. Végezzen kinetikus fermentációt 36h-án át 60°C-on, 0,5VVM levegőztetéssel ( $K_m=35$  mg/L,  $\mu_{max}=0,1$  1/h,  $Y_{x/S}=0,2$  g/g,  $Y_{CO_2/S}=0,8$  g/g). A levegőt kompresszor szolgáltatassa, amelyik a fermentációval paralel működik, és a levegő mennyiségét automatikusan számoltatja a fermentáció igényének megfelelően. A fermentáció után ürítse ki a fermentort, és tisztítsa ki 2h-n át 50°C-os 0,5M NaOH-val (120L/m<sup>3</sup>). A kompresszort helyezze „upstream” szekcióba, a fermentort pedig a „main” szekcióba.(2pont)

1. Kérdés: Mennyi a ciklus idő? (1pont)

2. Kérdés: Mennyi a megtérülési idő, ha a fermentlevet 100\$/kg áron értékesíti, miközben a glükózt 1\$/kg áron veszi, és az emittált levegő tisztítása 0,1\$/kg áron történik?

3. Kérdés: Milyen arányú a két szekció között a költségmegoszlás? (1pont)

# Economic Evaluation

- > Operating Cost (OpEx)                      \$/yr
  - > Capital Expenses (CapEx)                  \$
- Details: *see flowsheet*

$$\text{Payback Time (yr)} = \frac{\text{CapEX}(\$)}{\text{Revenue} \left( \frac{\$}{\text{yr}} \right) - \text{OpEx} \left( \frac{\$}{\text{yr}} \right)}$$

# Case Study

## Process simulation for comparing different approaches for lactic acid production

Áron Németh<sup>1</sup> and Béla Sevelle<sup>1</sup>

Budapest University of Technology and Economics,  
Faculty of Chemical Technology and Biotechnology,  
Department of Applied Biotechnology and Food Science  
Fermentation Pilot Plant Laboratory

Budafoki út 8, Budapest, Hungary, H-1111 <http://f-labor.mkt.bme.hu>



**Abstract:** In bio-transformations usually catalysts are enzymes, but in some cases microorganisms, too. This is the situation in biological lactic acid production i.e. sugar bioconversion into lactic acid. Our research group is close to the final report of a 4 year long research project on technological improvements for a sweet sorghum based biorefinery with lactic acid production. In this presentation the investigated bio-transformations are compared with the help of process simulation to support a decision which process to choose: either a more complex process with a commonly used mesophilic strain requiring lower cost media, or a much simpler process of a thermo-tolerant strain with more complex media. Simulations are also supplemented with the possibility of *in house* yeast extract production, since both scenario need (but in different amount) costly yeast extract. However, significant applicable yeast biomass can be produced from different (technological) waste-streams with decreased sugar content. Since the input data are obtained from the experimental work of our consortia (from crop cultivation through harvesting until processing) we intended to set up a liable model to be the basis of a feasibility study for the first Hungarian biorefinery.

### Introduction: Why Sweet sorghum?

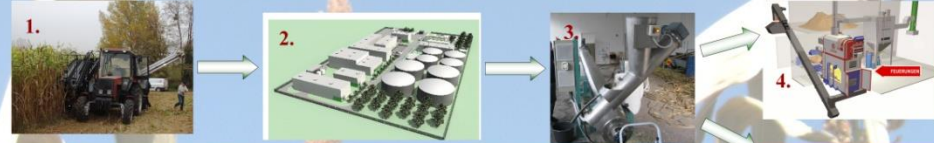
- high green yield
- high sugar cont. (12-14%)
- unpretentious
- ideal for biorefineries: bagasse->energy  
juice->high-value products

### Why Lactic acid?

- optical purity
- high yield - comparative to chem.
- probiotic strains - byproduct
- wide applications (PLA, solvents..)

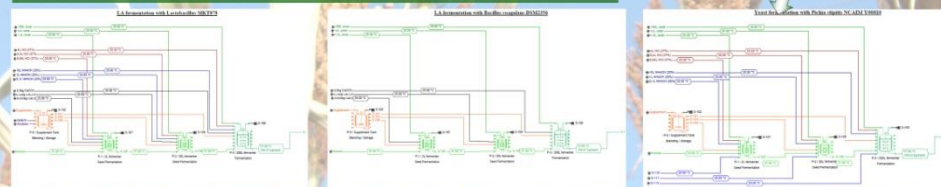
### Methods:

Our scaled-up fermentation experiments were implemented into Intelligen's process simulating software (SuperPro Designer).



### Process:

- 1.: Harvesting sweet sorghum
- 2.: Biorefinery plant including:
- 3.: Extration
- 4.: Bagasse-pellet burning OR alternative biotech. way (YE)
- 5.: Sorghum juice fermentation (LA + YE)



	Mesophilic Lactic ac. Ferm.	Thermophilic Lactic ac. Ferm.	Yeast (extr) Ferm.
Temperature	37°C	55°C	30°C
pH control	Combined (CaCO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> OH)	Combined (CaCO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> OH)	usual
C-source	Inverted (hydrolyzed)	Non-inverted	Inverted
N-source	Gluten, reduced Fe	YE	Example: pepton
Yield	High	High	High
Productivity	High	High	High



**Conclusion:** Although, mesophilic way is much more complex due to several operations (pH change, inversion etc) in larger scale with *in house* YE it is more rentable than thermotolerant way.

### Acknowledgement

Our work was supported by the scientific program of TECH\_08\_A/2-2008-0401 NTP project.

Authors are very indebted for Hungarian Academy of Science (HAS-MTA), as well as for Jazminapakóca Kft (<http://f-labor.mkt.bme.hu/jazminapakoca>) for supporting participation on Biotrans 2013.








The project is supported by the European Union.

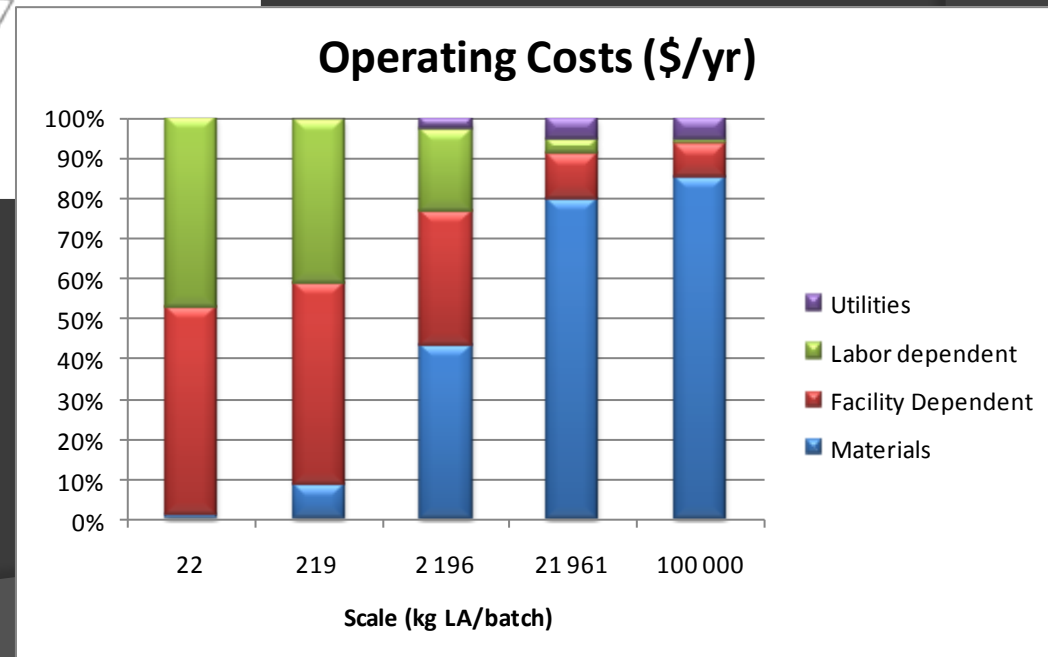
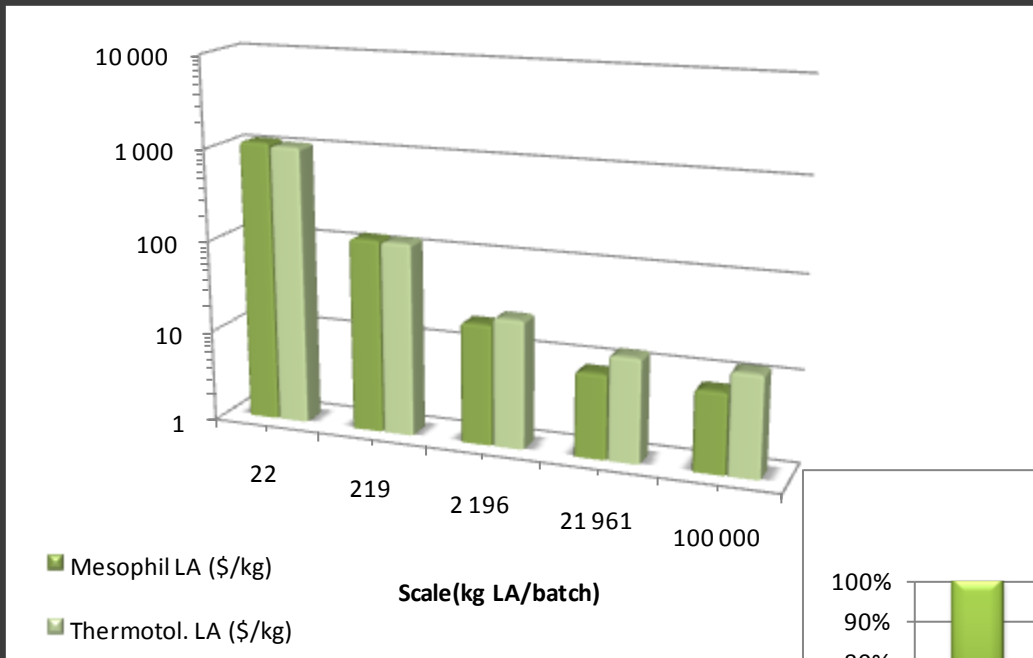


National Development Agency

# Case Study

	Mesophilic Lactic ac. Ferm.	Thermophilic Lactic ac. Ferm.	Yeast (extr) Ferm.
	37°C	55°C	30°C
pH controll	Combined (CaCO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> OH)	Combined (CaCO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> OH)	usual
C-source	Inverted (hydr.) 	Non-inverted 	Inverted
N-source	Gluten, reduced YE 	YE 	Example: pepton
Yield Productivity			

# Case Study



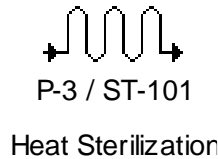
# Sterilization

Hőpenetrációs görbe!

**hőpusztulás a fűtés alatt:**

**hőpusztulás a hőtartás alatt:**

**hőpusztulás a hűtési szakasz alatt:**



$$\ln \frac{N_0}{N_1} = \int_0^{t_1} k dt = \nabla_{\text{fűtés}}$$

$$\ln \frac{N_1}{N_2} = k_{\text{tartás}} \cdot (t_2 - t_1) = \nabla_{\text{tartás}}$$

$$\ln \frac{N_2}{N_v} = \int_{t_2}^{t_v} k dt = \nabla_{\text{hűtés}}$$

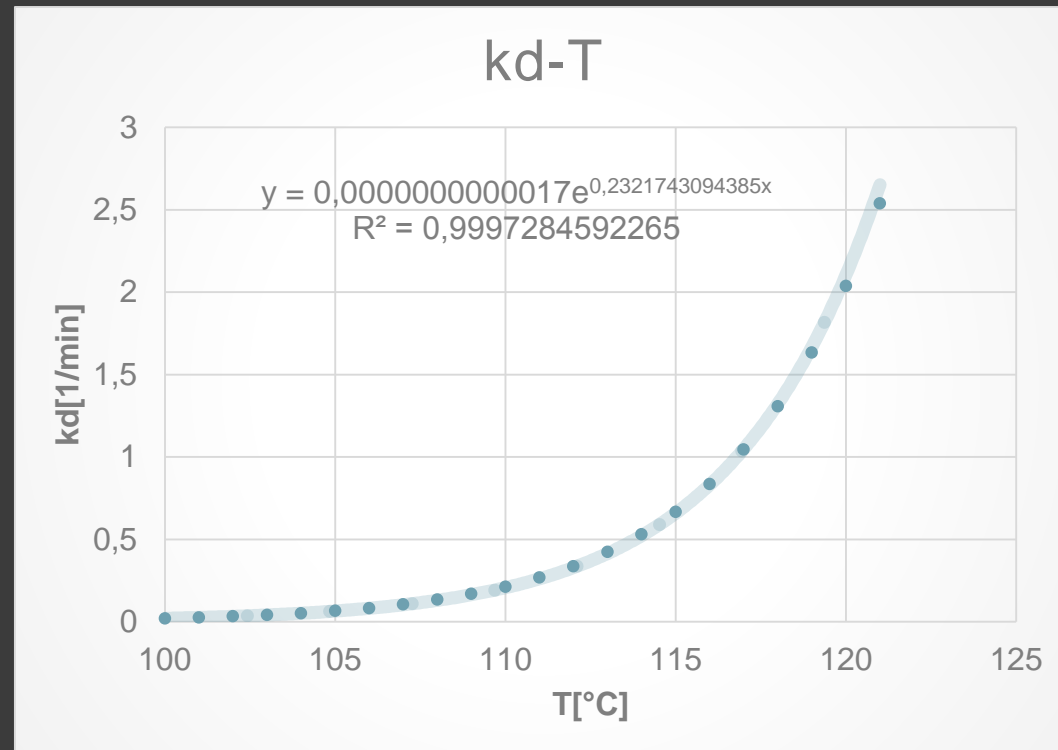
$$\nabla = \nabla_{\text{fűtés}} + \nabla_{\text{tartás}} + \nabla_{\text{hűtés}}$$

$$\ln \frac{N_0}{N_v} = \ln \left( \frac{N_0}{N_1} \frac{N_1}{N_2} \frac{N_2}{N_v} \right) = \ln \frac{N_0}{N_1} + \ln \frac{N_1}{N_2} + \ln \frac{N_2}{N_v}$$

Például batch:	0,20	0,75	0,05
conti	0,01	0,97	0,02

# Sterilization

temp	$k_d$
100	0,019
101	0,025
102	0,032
103	0,04
104	0,051
105	0,065
106	0,082
107	0,105
108	0,133
109	0,168
110	0,212
111	0,267
112	0,336
113	0,423
114	0,531
115	0,666
116	0,835
117	1,045
118	1,307
119	1,633
120	2,037
121	2,538





8. Feladat (A .spf file elküldendő a nemeth\_aron@freemail.hu email címre)

Tervezzen szakaszos üzemű „energiatakarékos” fermentációs üzemet, ahol a kijövő meleg (40°C-os) fermentlé hőcserélőben előfűti a fermentorba töltendő tápközeget (5kg glükóz 1%-os oldatban). A fermentort gőzzel ki kell sterilizálni, és benne  $K_m=35$  mg/L,  $\mu_{max}=0,1$  1/h,  $Y_{X/S}=0,2$  g/g,  $Y_{CO_2/S}=0,4$  g/g valamint  $Y_{citromsav/s}=0,4$  g/g paraméterekkel leírható 48h-ás fermentáció zajlik (inokulum 10kg 1%-os sejtszuszpenzió). A reaktort kiürítés után ki kell tisztítani, amely művelthez 10L/m<sup>2</sup> mosóvíz szükséges. 1. Kérdés: Hány kW az üzem maximálisan felvett elektromos teljesítménye? 2. Kérdés: Mennyi az üzem önköltségi ára a fermentlére vonatkoztatva?

### Önálló Feladat 3.

Végezzen diaszűrést egy enzimfermentáció 100kg fermentlevének feldolgozására! A fermentlé 10% mikrobatömeget és 1% aktív enzimet tartalmaz. A tisztítás során a termék valahány%-a inaktíválódik (nézzen utána a szakirodalomban), és a diaszűrés során, először koncentrálja be a fermentlevet az 1/5-ére, majd a megmaradt térfogat 1x, 3x 5x és 10x-esével végezzen diaszűrést. Mind a 4 esetben jegyezze fel a kapott tiszta termékkoncentrációt és a tisztaáram össztömegét, valamint a termék veszteséget. Ábrázolja őket Excellben! Beadandó: EER report, Excelles diagram, az optimális diaszűrés térfogat.