

מפסולת צמחית לאתנול?

ד"ר יורם גרשמן, אוניברסיטת חיפה-אורנים

פרופ' הדס ממן, אוניברסיטת ת"א

פרופ' חסן עזייזה, מו"פ אגודת הגליל

Gerchman.Yoram@gmail.com

פסולת צמחית בישראל

❖ כמויות שנתיות של פסולת צמחית (טון)

ענף	שטח	כמות פסולת לדונם	כמות פסולת כללית (טון)
הדרים	145,000	0.20	29,000
כרם	75,000	0.27	20,250
נשירים וסופטרופים	300,000	0.40	120,000
זיתים	210,000	0.10	21,000
סה"כ גזם מטעים רגיל	730,000		190,250
גזם עקירות מטעים	10,000	4.00	40,000
בתי צמיחה	100,000	1.00	10,000
סה"כ פסולת צמחית			330,250

פסולת צמחית כמפגע

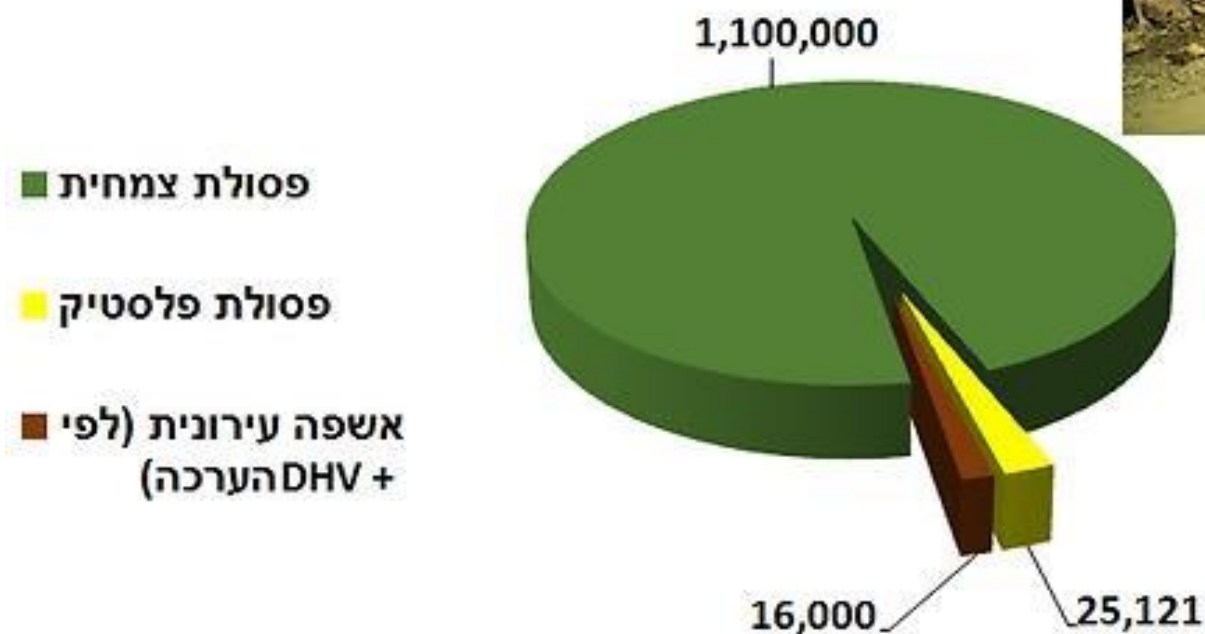
מפגעים הנוצרים כתוצאה מטיפול לקוי בפסולת צמחית

- המפגע העיקר הוא שריפה של פסולת צמחית. חקלאים בוחרים לסלק מצבורים של גזם ממטעים או מחממות ע"י שריפתם מאחר וזו הדרך המהירה והקלה להיפטר מכמויות פסולת גדולות. שריפה של פסולת צמחית מחממות או ממטעים גורמת למפגעי ריח, עשן ולזיהום אוויר.
- פסולת צמחית מכילה לרוב שאריות של חומרי הדברה. שריפה של השאריות הללו גורמת לפליטה של חומרים רעילים ומסרטנים.
- שריפות בלתי מבוקרות עלולות להתפשט ולגרום לדליקות בשטחים פתוחים.
- ערמות לא מטופלות של פסולת צמחית מהוות פוטנציאל לשריפות אקראיות או הצתות בזדון.
- ערמות לא מטופלות של פסולת צמחית עלולות להוות מקור אילוח לפגעים לצומח.
- ערמות לא מטופלות של פסולת צמחית גורמות למפגע נופי ואסתטי.

פסולת צמחית כמפגע

23.11.17

סוגי פסולת נשרפת בש"פ-
התפלגות לפי זרמים (טון/שנה)



<https://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-5046974,00.html>

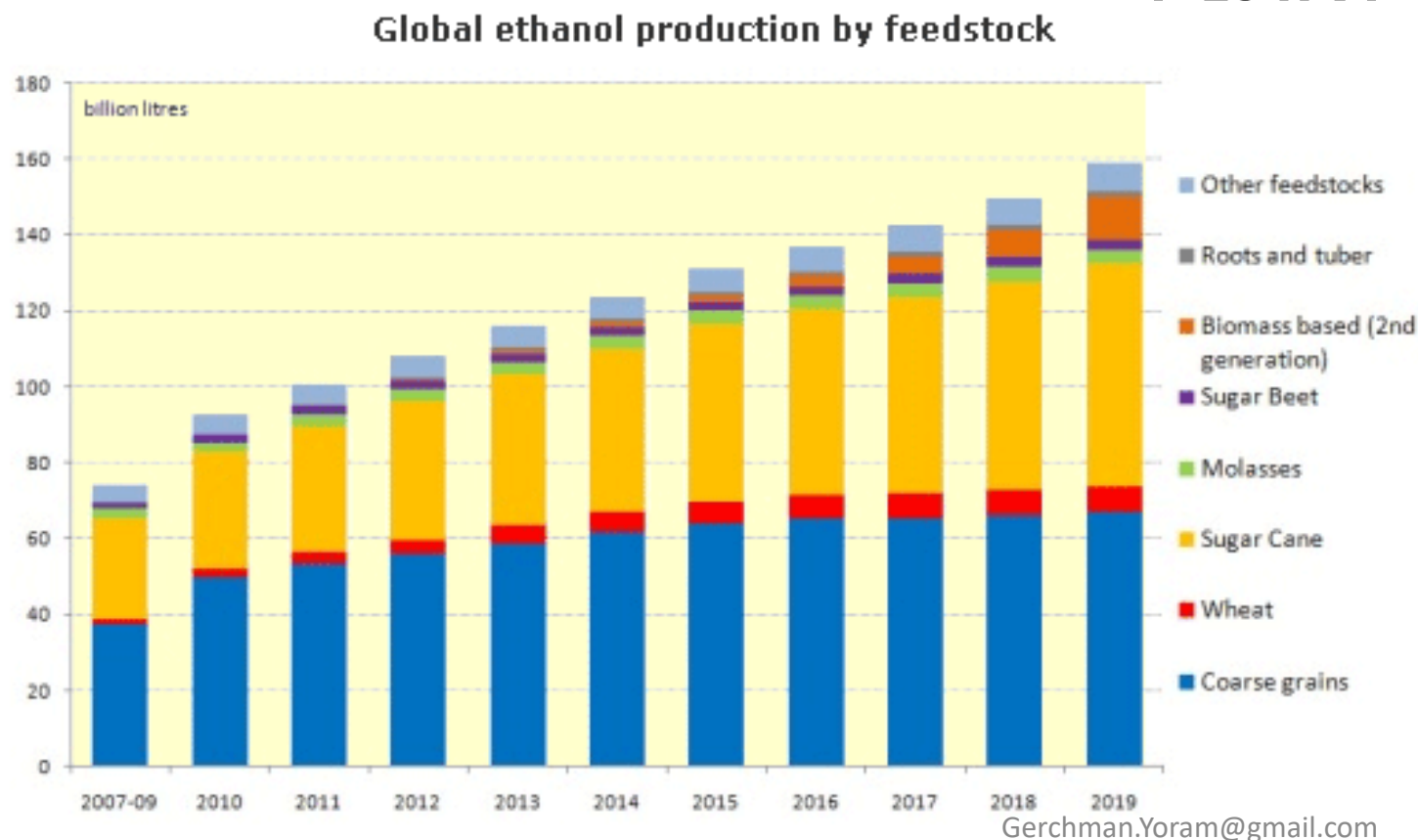
ממפגע למשאב?

- חומר (פסולת) צמחי הוא עשיר בצלולוז = פולימר של גלוקוז

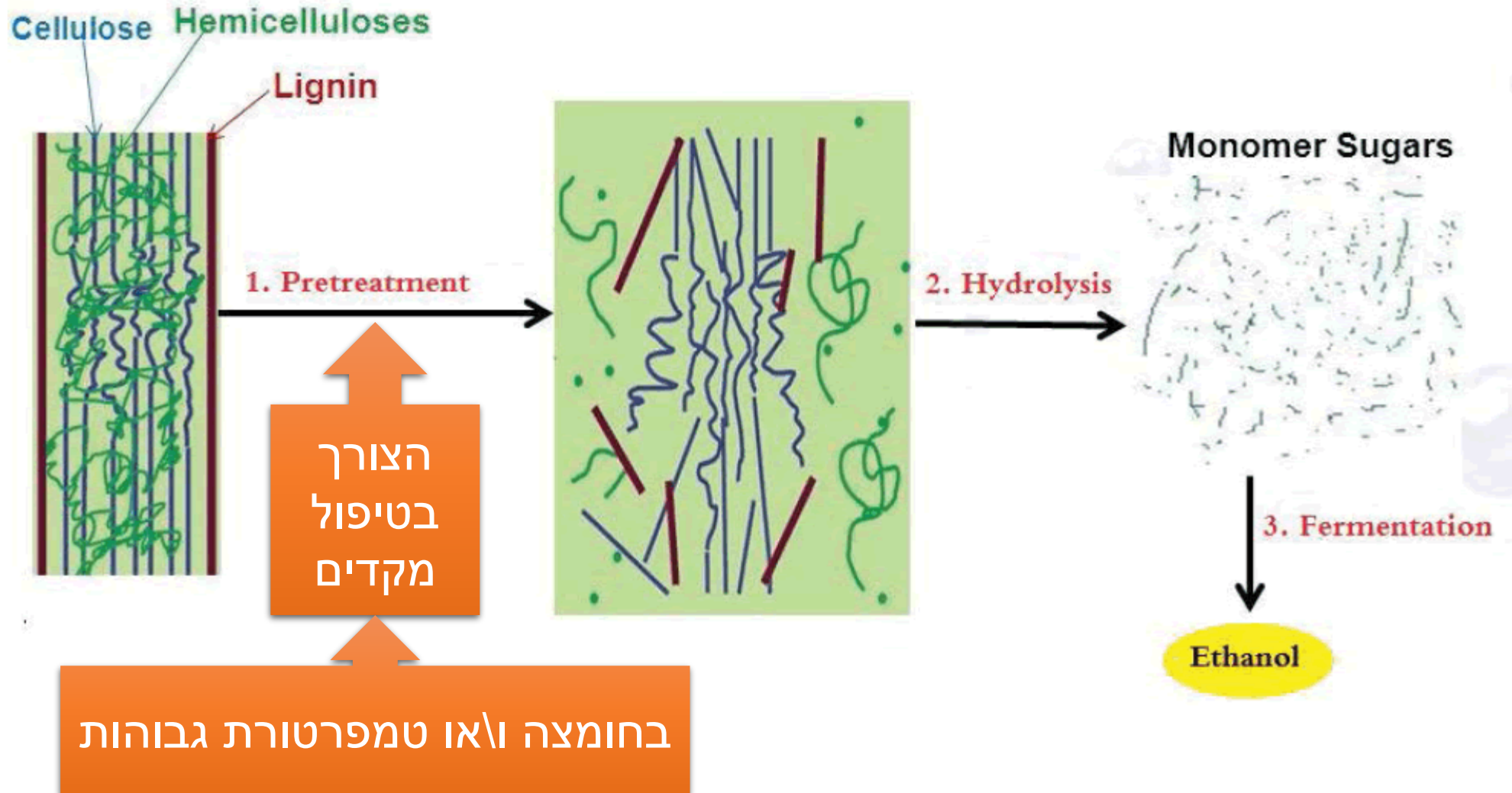
- גלוקוז אפשר להתסיס לאתנול

- אתנול דור שני

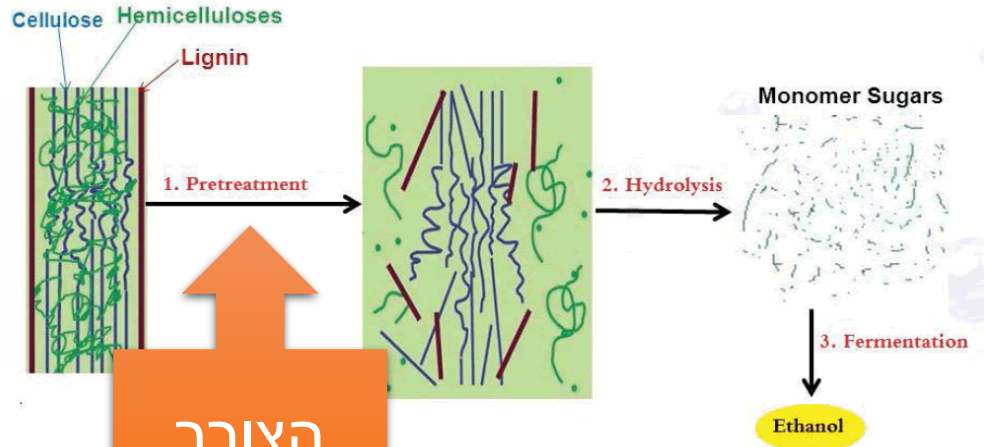
עדיין נדיר יחסית



הבעיה ביצור אתנול מפסולת צמחית

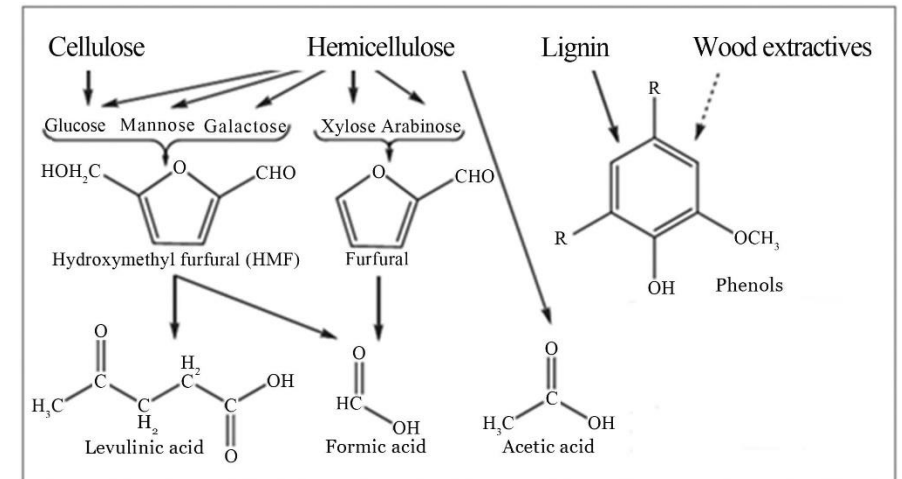


הבעיות בטיפולם מקדימים מקובלים



הצורך
בטיפול
מקדים

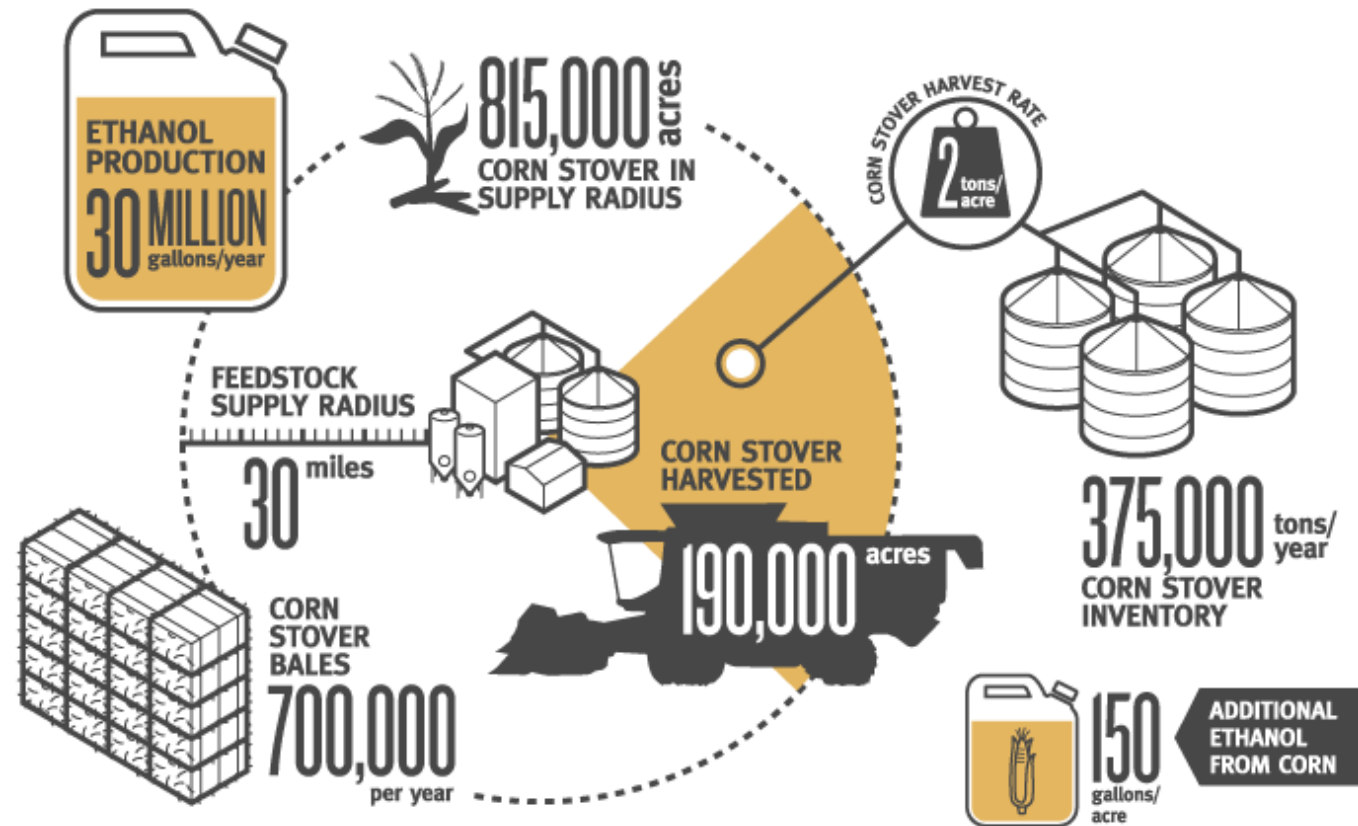
בחומצה ולא טמפרטורות
גבוהות



מפעלי דור שני – גדולים ויקרים

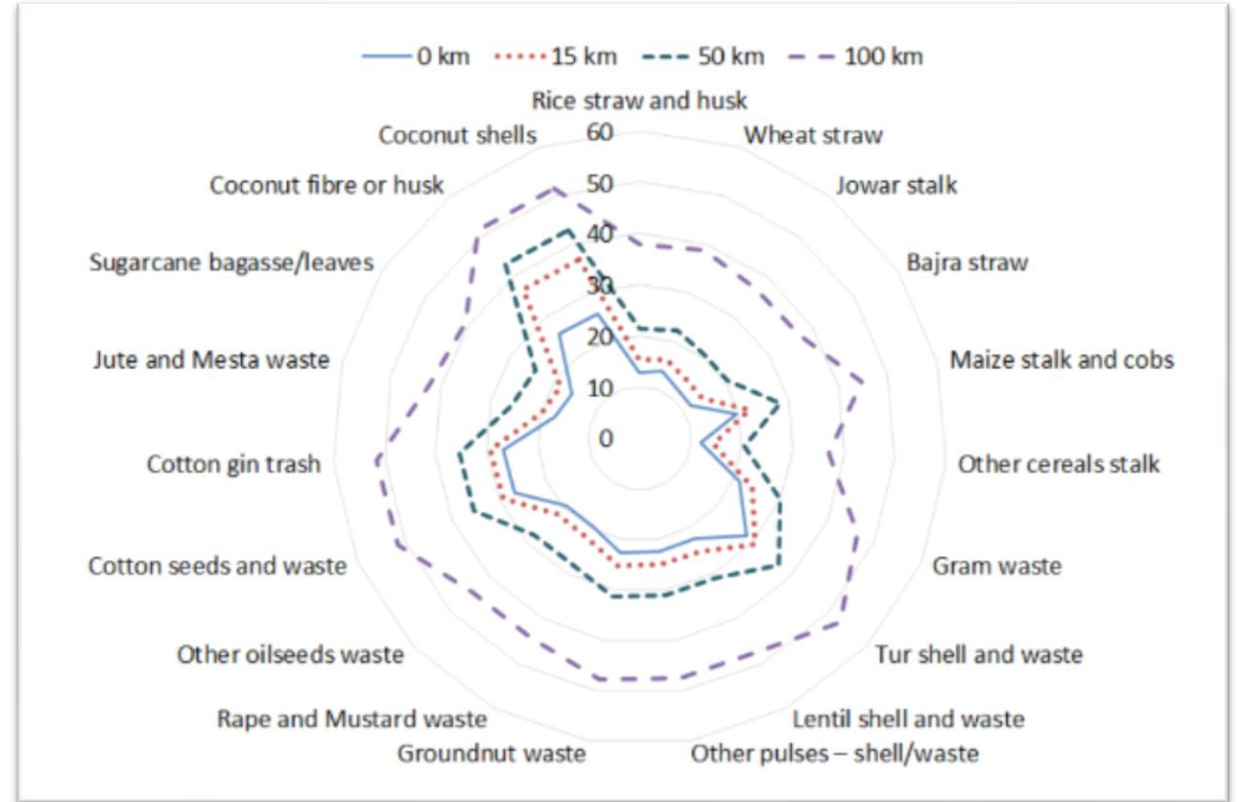


Dupont, Nevada, Iowa
~\$250,000,000



מקבל רק "קש תירס", והרבה...

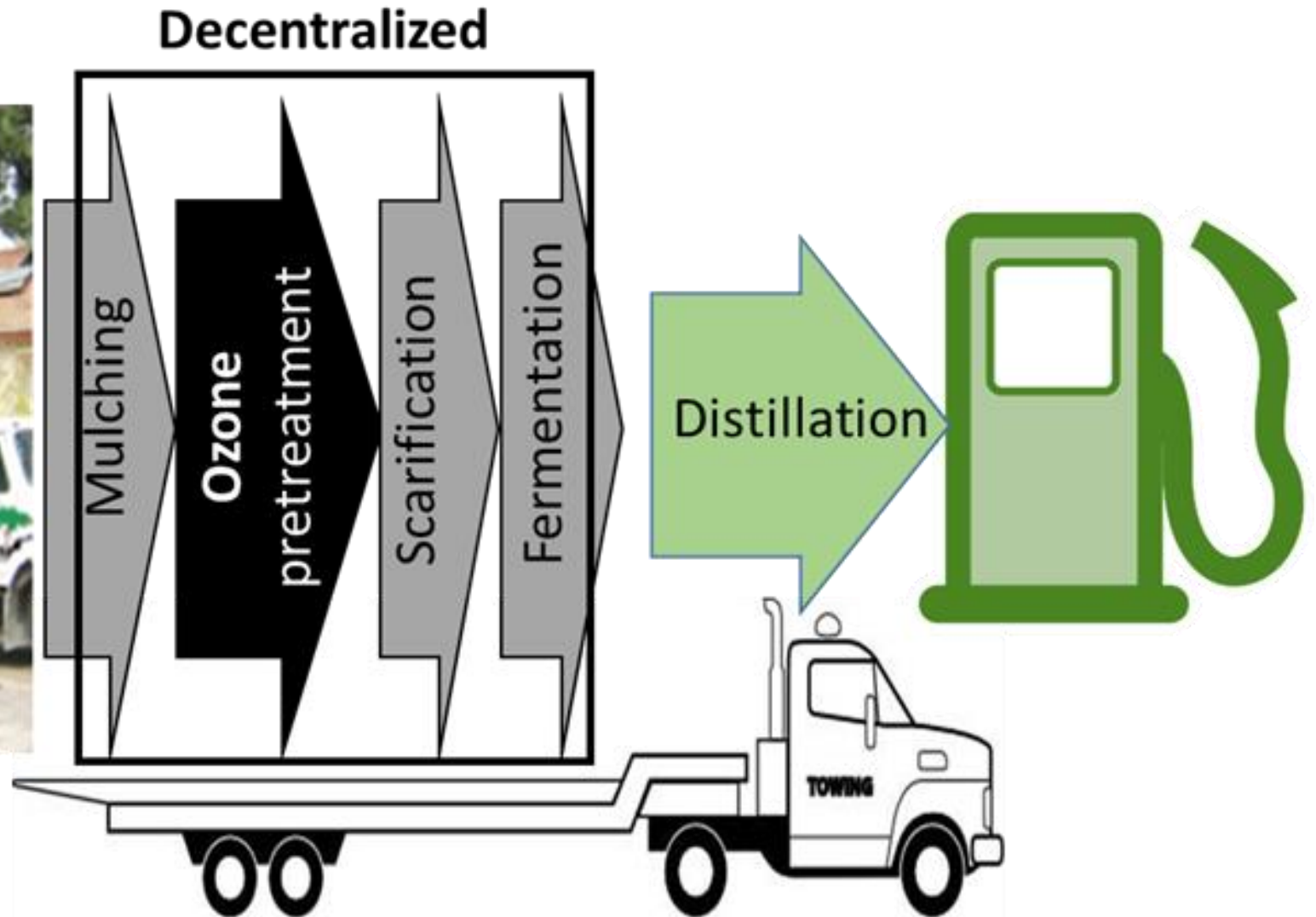
הצורך בהובלה מהשדה למפעל



טיפול מבוזר?



Municipal trimmings

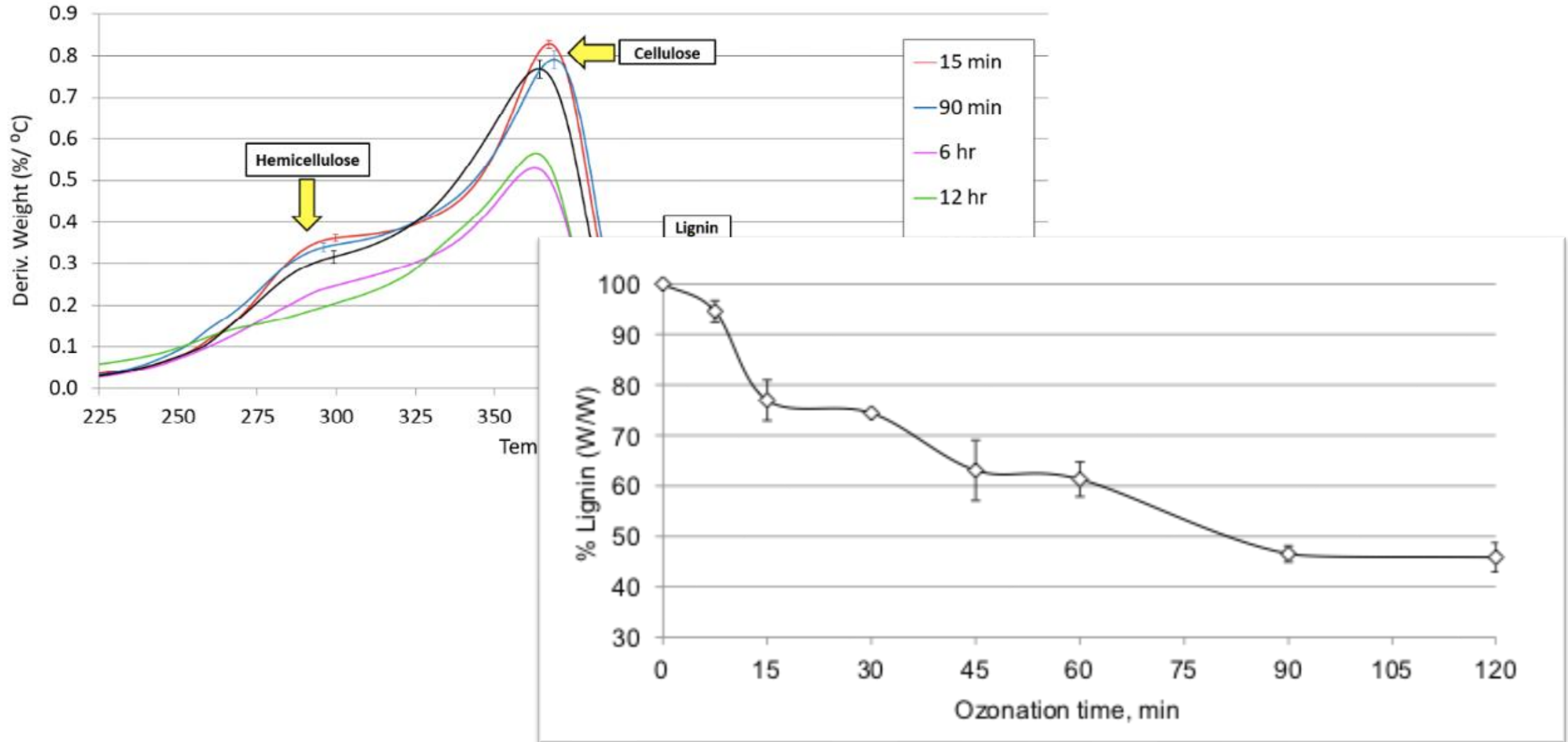


טיפול קדם 1: אוזונציה (עם הדס ממן)

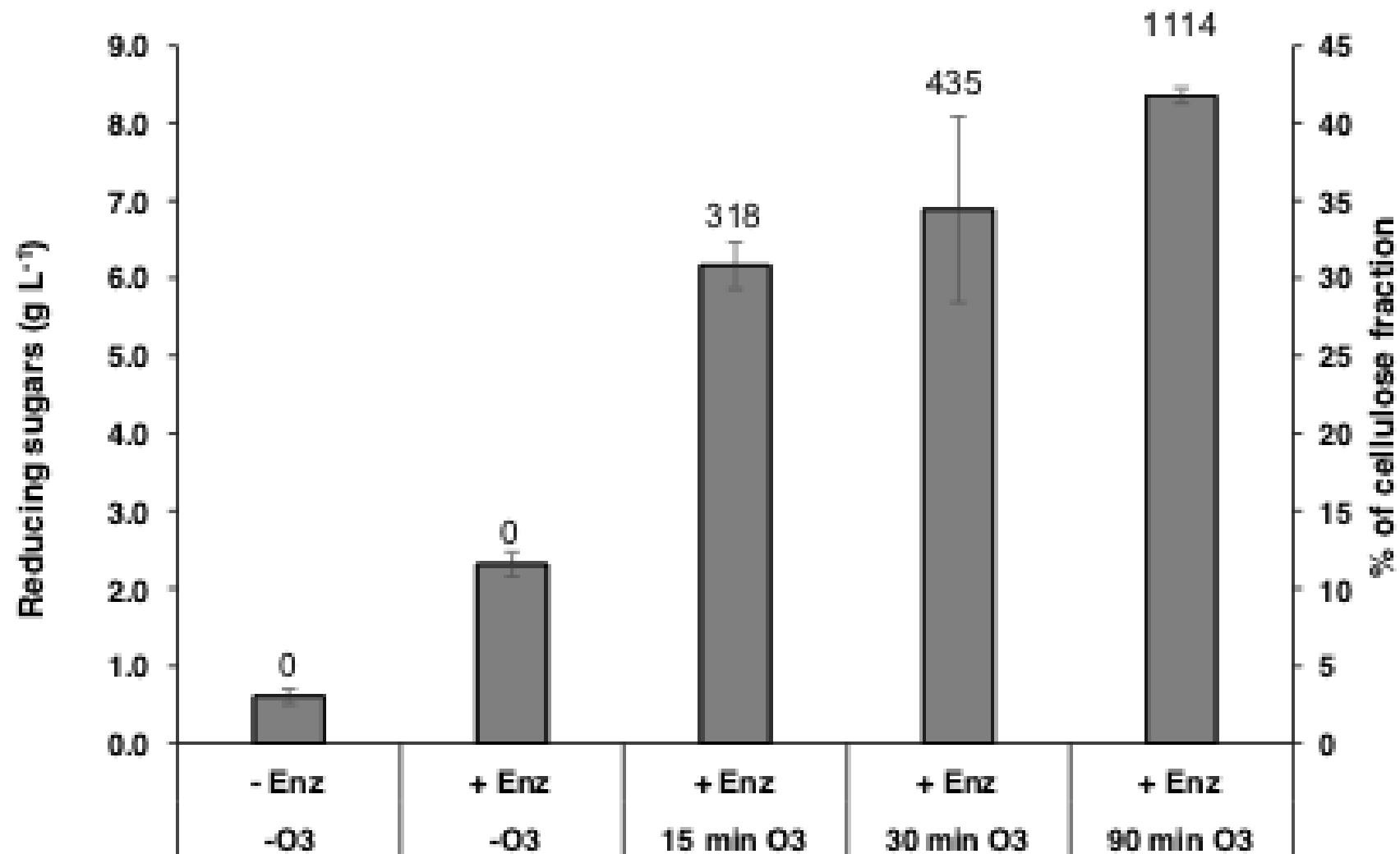
Compound	$k/ M^{-1}S^{-1}$	Reference
Phenol	1300	Hoigne & Bader, 1983
Ethanol	0.37	Hoigne & Bader, 1983
Glucose	0.45	Hoigne & Bader, 1983

O₃ half-life ($t_{1/2}$):
In water – 20 min
In air – 2 days

אוזונציה של גזם עירוני מעורב במים



ופירוק אנזימטי של הצלולוז



מאזן אנרגיה - חיובי

Pretreatment costs	0 min	15 min	30 min	90 min
^a Transferred ozone dose, mgO ₃ L ⁻¹	0	343	510	1135
Biomass (mg L ⁻¹)	40,000	40,000	40,000	40,000
mgO ₃ per mg Biomass	0	0.0086	0.0128	0.0284
KgO ₃ per Ton biomass	0	8.6	12.8	28.4
O ₃ production (kW×hr per kg O ₃)	10	10	10	10
Energy, per Ton biomass				
kW×hr	0	85.8	127.5	283.8
MJ	0	309	459	1,022
^b Price energy, \$/kW×hr	0	0.12	0.12	0.12
Cost of energy, \$ per Ton biomass	0	10.3	13.1	33.4
^c Cellulose to glucose conversion ratio (%)	12	31	34	42
^d Kg Glucose from 1 Ton biomass	60	155	170	210
^e Kg Ethanol from 1 Ton biomass	24.5	63.2	69.4	85.7
Liter ethanol from 1 Ton biomass	31	80.1	87.8	108.5
Energy as ethanol (MJ/ton biomass)	734.4	1,897.2	2,080.8	2,570.4
Net energy balance (MJ/metric ton)	734	1,611	1,689	1,567

אוזונציה מבוזרת

טיפול קדם 2: מיקרוגל (עם חסן עזיזה)



Olive Mill Solid Waste

Soil amendment w/ or w/o
pre-composting

<https://waste2agriculture.wordpress.com/tag/composting/>

Mix:

- 70% OMW from 3-phase mill
- 10% wheat straw
- 10% chicken manure
- 10% olive pruning

“Good practices for the
agronomic use of olive mill
wastes” EU *life* project

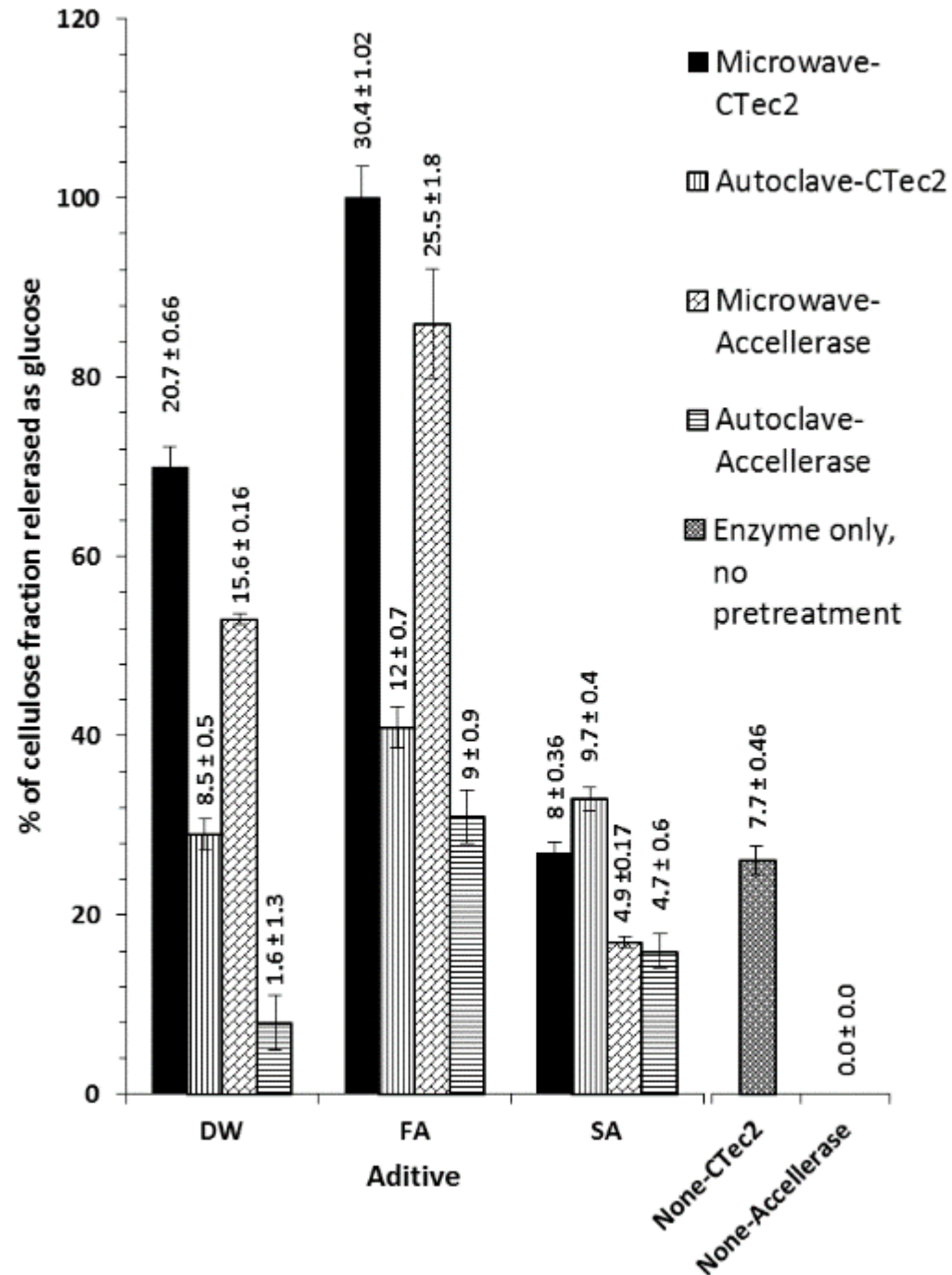
Ethanol?



Enemansa, Vilarta de SJ, near
Ciudad Real



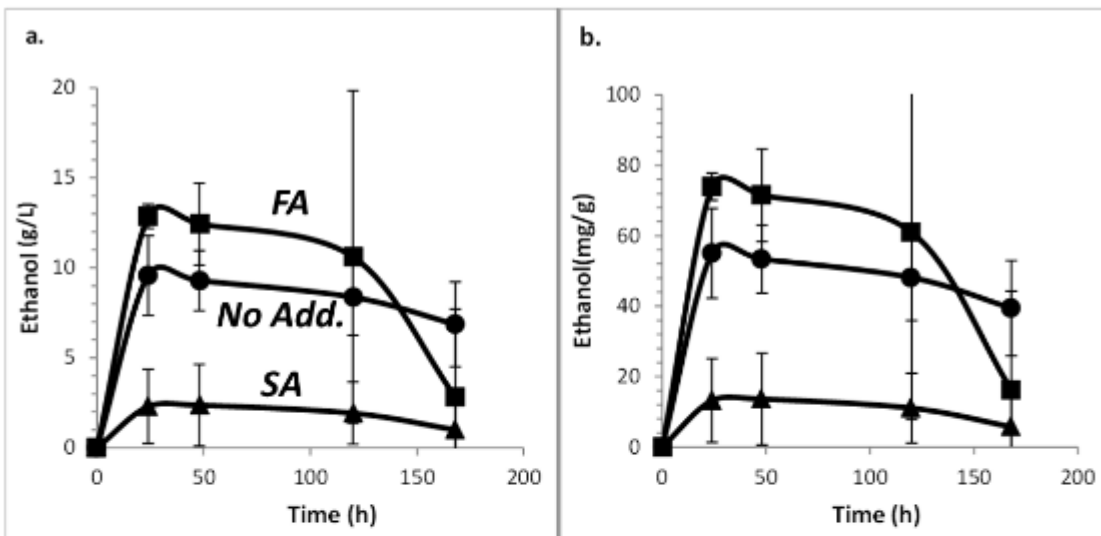
Release of glucose by enzyme saccharification



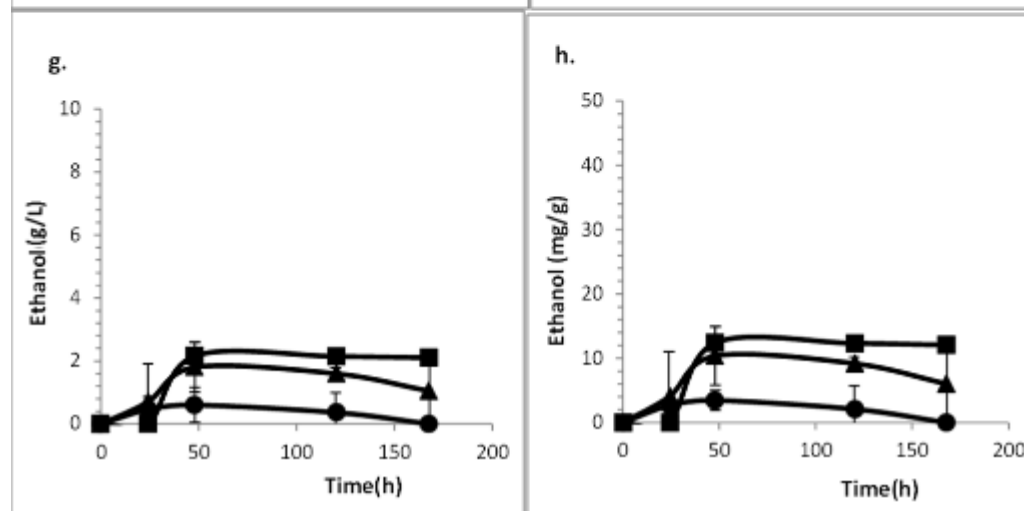
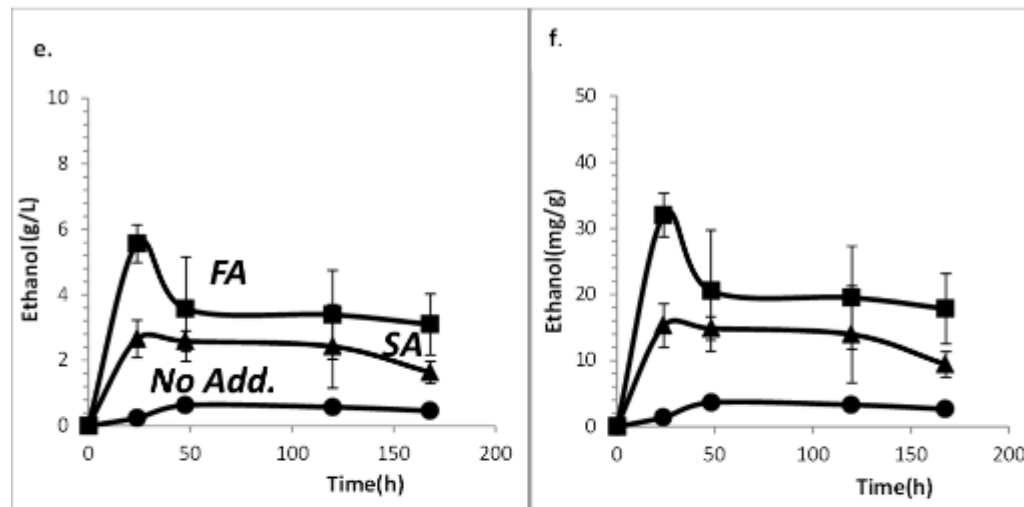
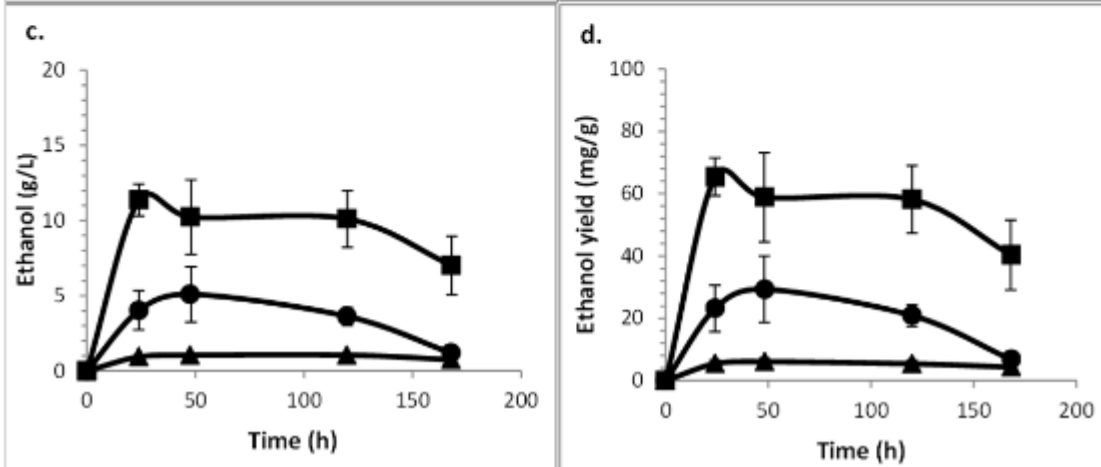
קינטיקה של תסיסה מיקרוגל

אוטוקלב

Cellic CTec2



Accellerase

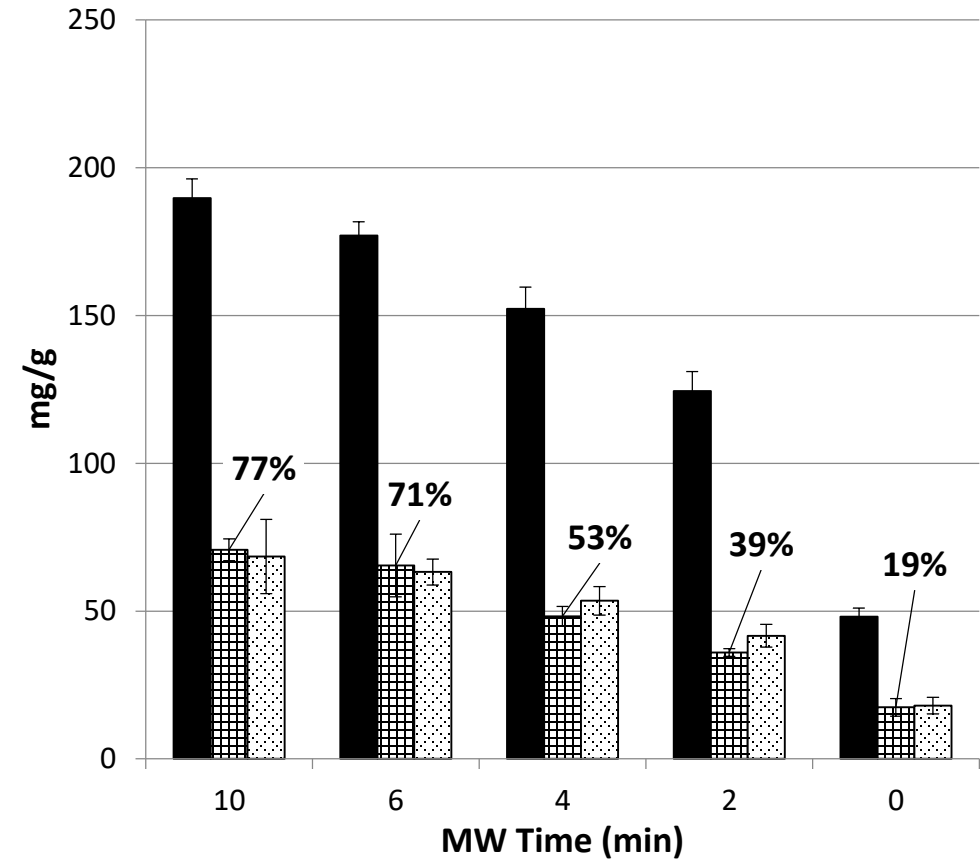
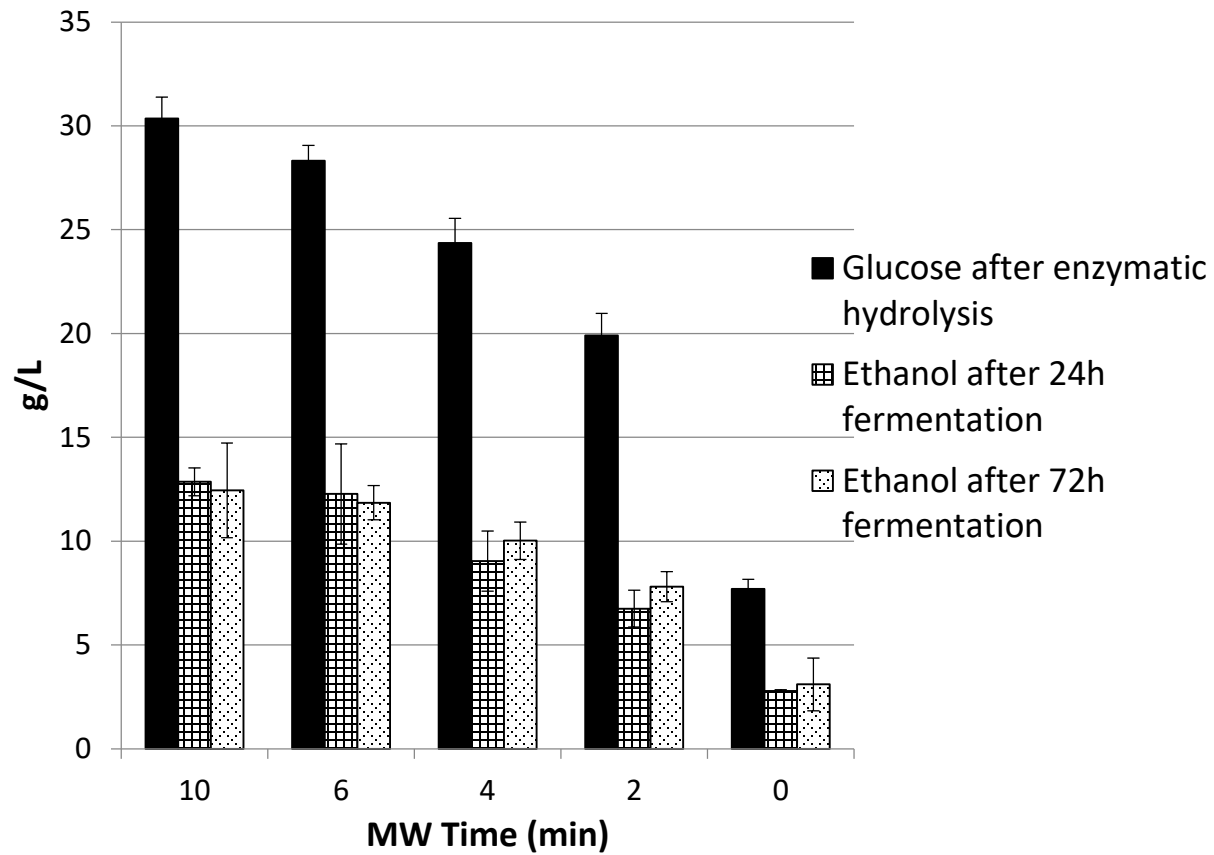


Ethanol produced (max.)

Pre-treatment	Enzyme	Additive		
		None (DW)	FA	SA
Microwave	Cellic CTec2	10 g/L 67%	13.5 90%	2.5 g/L 16.6% (of theoretical)
	Accellerase	5 33%	12 80%	2 13.3%
Autoclave	Cellic CTec2	0.5 3.3%	5.8 39%	2.5 16.6%
	Accellerase	0.5 3.3%	2.5 16.6%	2.2 15%

$160 \text{ (g/L)} \times 18.4 \text{ (\%)} \times 0.51 \text{ (g/g)} = 15 \text{ g/L}$ theoretical EtOH : 18.4% w/w cellulose content in the OMSW; 160 g/L – pretreated solid content in the enzymatic hydrolysis; 0.51 g/g – theoretical ethanol yield from glucose.

Even shorter MW treatment



שמרים חילופיים?



1. Fruit

- Dates
- Spoiled chickpeas
- Fermented pomegranate juice
- Fermented orange juice



2. Honey

- 3. Oil press waste water
- 4. Food industry molasses
- 5. Yogurt
- 6. Floral nectars
- 7. Wine pomace

Which yeast were found?

Source	Name	Identification*	Source	Name	Identification*
Honey	AS36	<i>Zygosaccharomyces bailii</i>	Spoiled yogurt	AS1	<i>Pichia manshurica</i> H4S7K13
	AS38			AS12	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> YC3
Fermented pomegranate juice	AS26	<i>Z. bailii</i>	Olive press waste water	AS2	<i>Metschnikowia</i> sp. XY103
	AS28	<i>Z. bailii</i> (98% idnt.)		AS4	
	AS27	<i>Z. bailii</i> relative (97% idnt.)		AS6	<i>Pichia</i> sp. CBS 241
	AS33			AS13	<i>Pichia</i> sp. CBS 209
	AS34	<i>Z.bailii</i>		AS14	
Spoiled chickpea beans				AS15	<i>P. manshurica</i>
	AS25	<i>Clavispora lusitaniae</i>	Food industry waste molasses	AS5	<i>Z. rouxii</i>
Fermented orange juice				AS10	<i>Z. rouxii</i> CBS732
	AS31	<i>Aureobasidium pullulans</i> R124	Wine pomace	AS11	<i>S. cerevisiae</i> KKP12
Date	AS30	<i>Metschnikowia chrysoperlae</i>		AS16	<i>S. cerevisiae</i>
	AS29	<i>M. pulcherrima</i>		AS17	<i>S. cerevisiae</i> YG3
	AS32			AS18	
	AS35	<i>Z. bailii</i>		AS19	<i>S. cerevisiae</i> SAB
Sage floral nectar	AS37	<i>Z. bailii</i>		AS20	<i>C. lusitaniae</i>
			Patented yeast strain**,	AS7	<i>S. cerevisiae</i> N44
<i>Solandra maxima</i> floral nectar	AS21	<i>A. pullulans</i> 196B1		AS8	<i>S. cerevisiae</i> N42
	AS22				

* Identity≥99% unless stated otherwise,

Sugar utilization assay

Source	Genus	Yeast	GC	G	X	A	C	Source	Genus	Yeast	GC	G	X	A	C
Spoiled yogurt	<i>Pichia</i>	AS1	Ae	V	V	X	X	Date fruit	<i>Metschnikowia</i>	AS30	Ae	V	X	X	V
			An	V	V	X	X				An	V	X	X	W
	<i>Saccharomyces</i>	AS12	Ae	V	X	X	X		<i>Metschnikowia</i>	AS29	Ae	V	X	X	X
			An	V	X	X	X				An	V	X	X	X
Olive mill wastewater	<i>Metschnikowia</i>	AS2	Ae	V	V	V	X	<i>Metschnikowia</i>	AS32		Ae	V	V	V	V
			An	V	V	V	X				An	V	V	W	V
	<i>Metschnikowia</i>	AS4	Ae	V	V	V	V		<i>Zygosaccharomyces</i>	AS35	Ae	V	X	X	X
			An	V	V	V	V				An	V	X	X	X
	<i>Pichia</i>	AS6	Ae	V	X	V	V	Honey	<i>Zygosaccharomyces</i>	AS36	Ae	V	X	X	X
			An	W	X	V	W				An	V	X	X	X
	<i>Pichia</i>	AS13	Ae	V	X	W	X	<i>Zygosaccharomyces</i>	AS38		Ae	V	X	X	X
			An	V	X	W	X				An	V	X	X	X
	<i>Pichia</i>	AS14	Ae	V	X	X	X	Lees	<i>Saccharomyces</i>	AS11	Ae	V	X	X	X
			An	W	X	X	X				An	V	X	X	X
	<i>Pichia</i>	AS15	Ae	V	X	X	X		<i>Saccharomyces</i>	AS16	Ae	V	X	X	X
			An	W	X	X	X				An	V	X	X	X
Food industry waste molasses	<i>Zygosaccharomyces</i>	AS5	Ae	V	X	X	W		<i>Saccharomyces</i>	AS17	Ae	V	X	X	V
			An	W	X	X	W				An	V	X	X	W
	<i>Zygosaccharomyces</i>	AS10	Ae	V	X	X	X		<i>Saccharomyces</i>	AS18	Ae	V	X	X	X
			An	W	X	X	X				An	V	X	X	X
<i>Solandra maxima</i> floral nectar	<i>Aureobasidium</i>	AS21	Ae	V	V	V	V	Fermented pomegranate juice	<i>Saccharomyces</i>	AS19	Ae	V	X	X	X
			An	V	V	W	W				An	V	X	X	X
	<i>Aureobasidium</i>	AS22	Ae	V	V	X	V		<i>Clavispora</i>	AS20	Ae	V	V	X	V
			An	W	V	X	W				An	V	V	X	V
<i>Salvia officinalis</i> floral nectar	<i>Zygosaccharomyces</i>	AS37	Ae	V	X	X	X		<i>Zygosaccharomyces</i>	AS26	Ae	V	X	X	X
Laboratory strains	<i>Saccharomyces</i>	AS7	Ae	V	W	X	X		<i>Zygosaccharomyces</i>	AS28	Ae	V	X	X	X
			An	V	W	X	X				An	V	X	X	X
	<i>Saccharomyces</i>	AS8	Ae	V	X	W	X		<i>Zygosaccharomyces</i>	AS27	Ae	V	X	X	X
			An	V	X	X	X				An	V	X	X	X
Spoiled chickpea beans	<i>Clavispora</i>	AS25	Ae	V	W	X	X	<i>Zygosaccharomyces</i>	AS33		Ae	V	X	X	W
			An	V	W	X	X				An	V	X	X	V
Fermented orange juice	<i>Aureobasidium</i>	AS31	Ae	V	V	W	V		<i>Zygosaccharomyces</i>	AS34	Ae	V	X	X	X
			An	V	V	W	W				An	V	X	X	X

Table 4.2. Isolate growth on the different sugars

GC- growth condition; Ae- aerobic; An- anaerobic; G- glucose; A- arabinose; X- xylose; C- cellobiose; V - growth; W - weak growth; X - no growth. All isolates were kept at 30°C. All media contained 2% of specified sugar and 0.001% YE (w/v). Isolates chosen for the next assays are denoted in brown font

Maximal temperature assay

- The yeasts were incubated on YGM media at 28°C, 30°C, 35°C, 37°C, 40°C, 43°C and 46°C for 48 hours

Yeast	Identification	Source	28°C	30°C	35°C	37°C	40°C	43°C	46°C
AS21	<i>A. pullulans</i> 196B1	<i>S. maxima</i> nectar	V	W	X	X	X	X	X
AS22	<i>A. pullulans</i> 196B1		V	W	X	X	X	X	X
AS31	<i>A. pullulans</i> R124	Fermented orange juice	V	V	V	X	X	X	X
AS30	<i>M. chrysoperlae</i>	Date fruit	V	V	W	W	X	X	X
AS32	<i>M. pulcherrima</i>		V	V	V	W	X	X	X
AS38	<i>Z. bailii</i> MB508	Honey	V	V	V	V	X	X	X
AS28	<i>Z. bailii</i> GK02 (95% idnt.)	Fermented pomegranate juice	V	V	V	V	W	X	X
AS13	<i>Pichia</i> sp. CBS 209	Olive press wastewater	V	V	V	V	V	W	X
AS7	<i>S. cerevisiae</i> N44	Laboratory strains	V	V	V	V	V	X	X
AS8	<i>S. cerevisiae</i> N42		V	V	V	V	V	X	X
AS16	<i>S. cerevisiae</i> W20	Lees	V	V	V	V	V	X	X
AS18	<i>S. cerevisiae</i>		V	V	V	V	V	X	X
Ethanol Red ATCC 24860	<i>S. cerevisiae</i>	Reference yeast strains	V	V	V	V	V	W	X
	<i>S. cerevisiae</i>		V	V	V	V	X	X	X

V Good growth,
 W weak growth,
 X no growth

Tolerance to ethanol

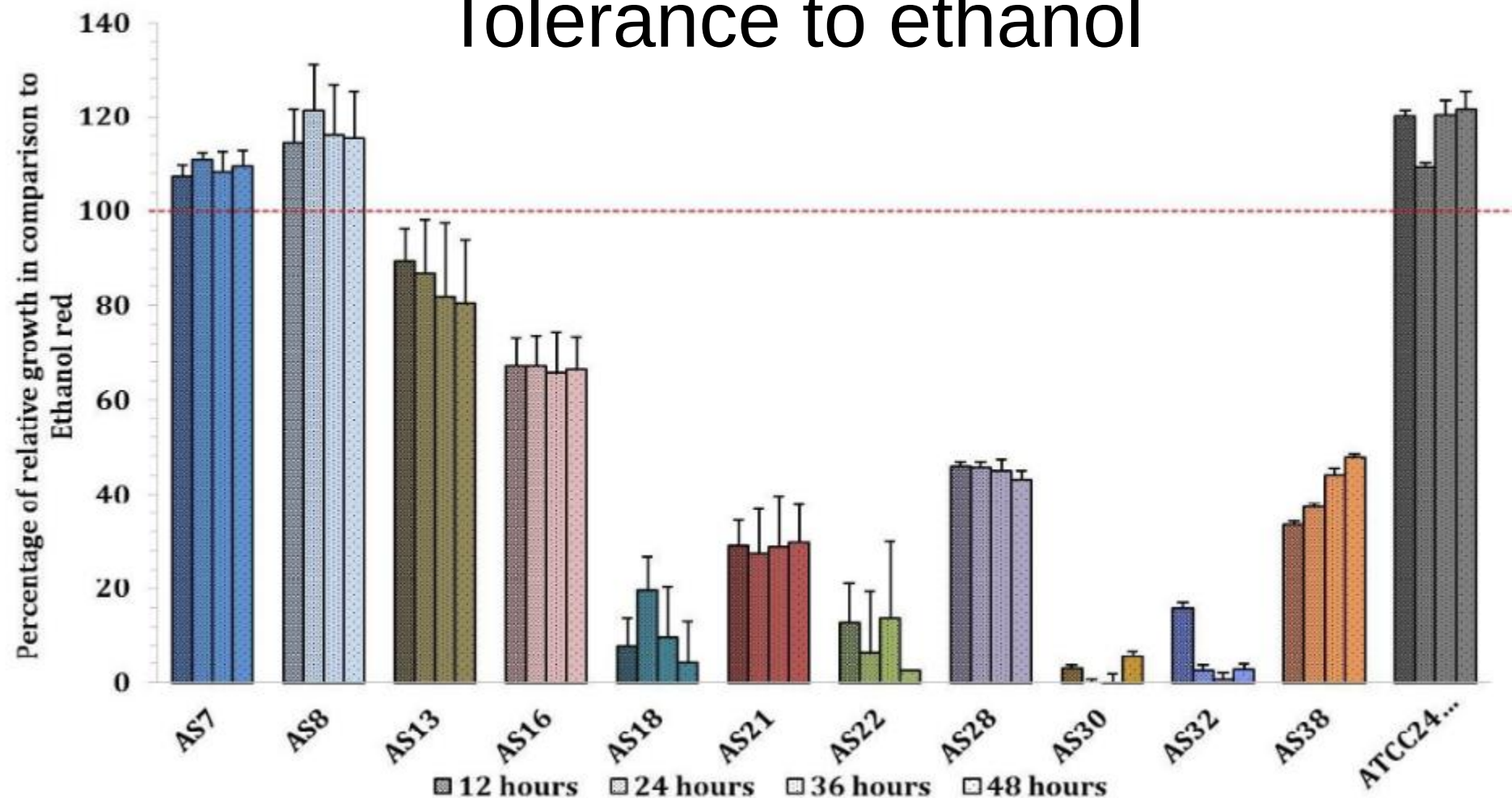


Figure 4.6: Yeast isolate tolerance to ethanol concentration of 69.13 g/L, depicted as the percentage of relative growth from that of Ethanol Red. Isolates were incubated in 200 μ L 2% (w/v) glucose YGM broth in for 48 hours aerobically. Wells contained 0-553 g/L ethanol, N=4. The red line marks the value of Ethanol Red. AS31 is not shown because it did not grow at this ethanol concentration

Tolerance to Acetic acid

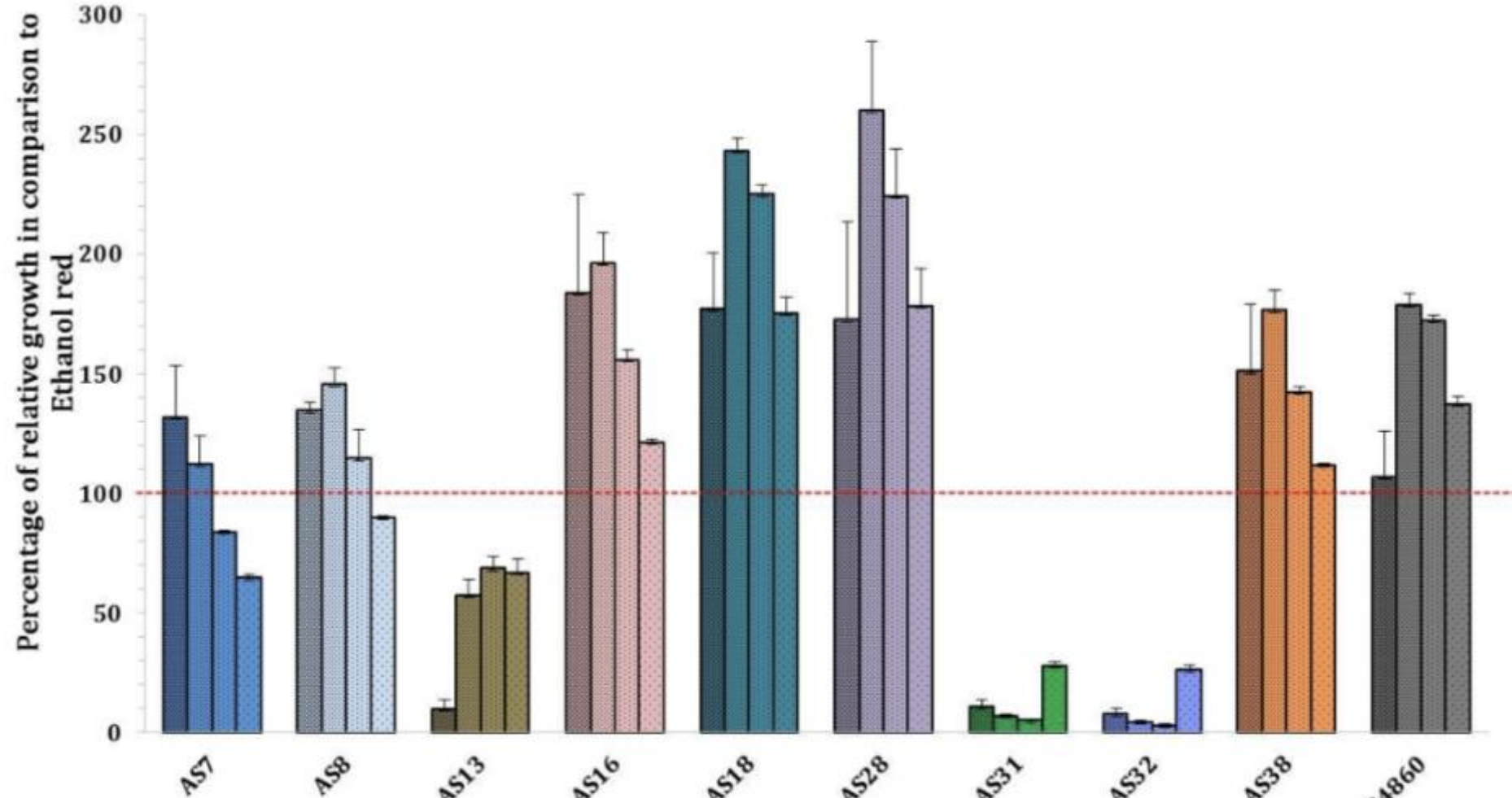


Figure 4.8: Isolate tolerance to acetic acid concentration of 6.25 g/L in the growth media, depicted as the difference (percentage) between the values of relative growth of the tested strains and the values of the relative growth of Ethanol Red. Isolates were incubated in 200 μ L 2% (w/v) glucose YGM broth in for 48 hours aerobically. Wells contained 0-200 g/L acetic acid, N=4. The red line marks the value of Ethanol Red (100%)

Ethanol production

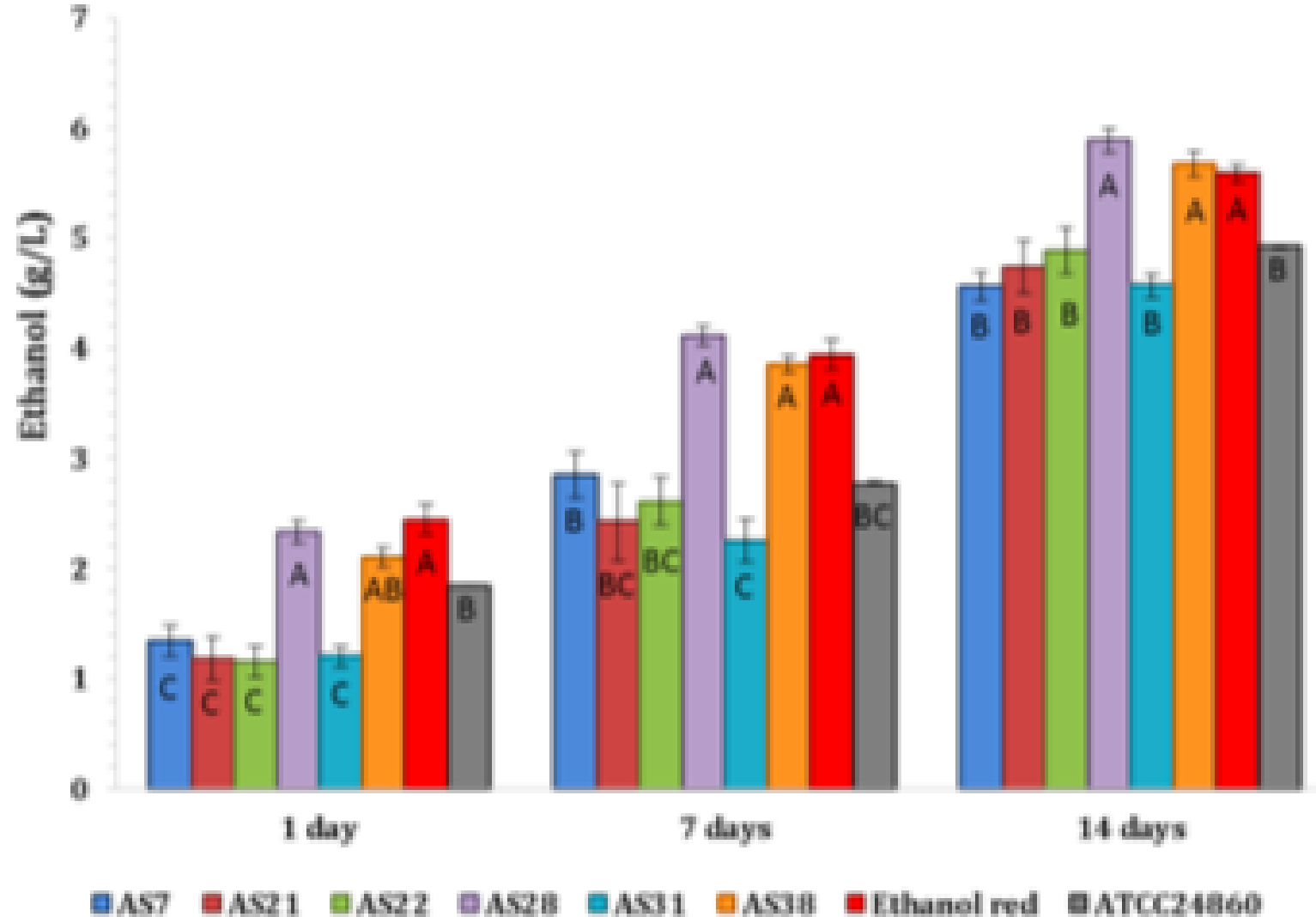
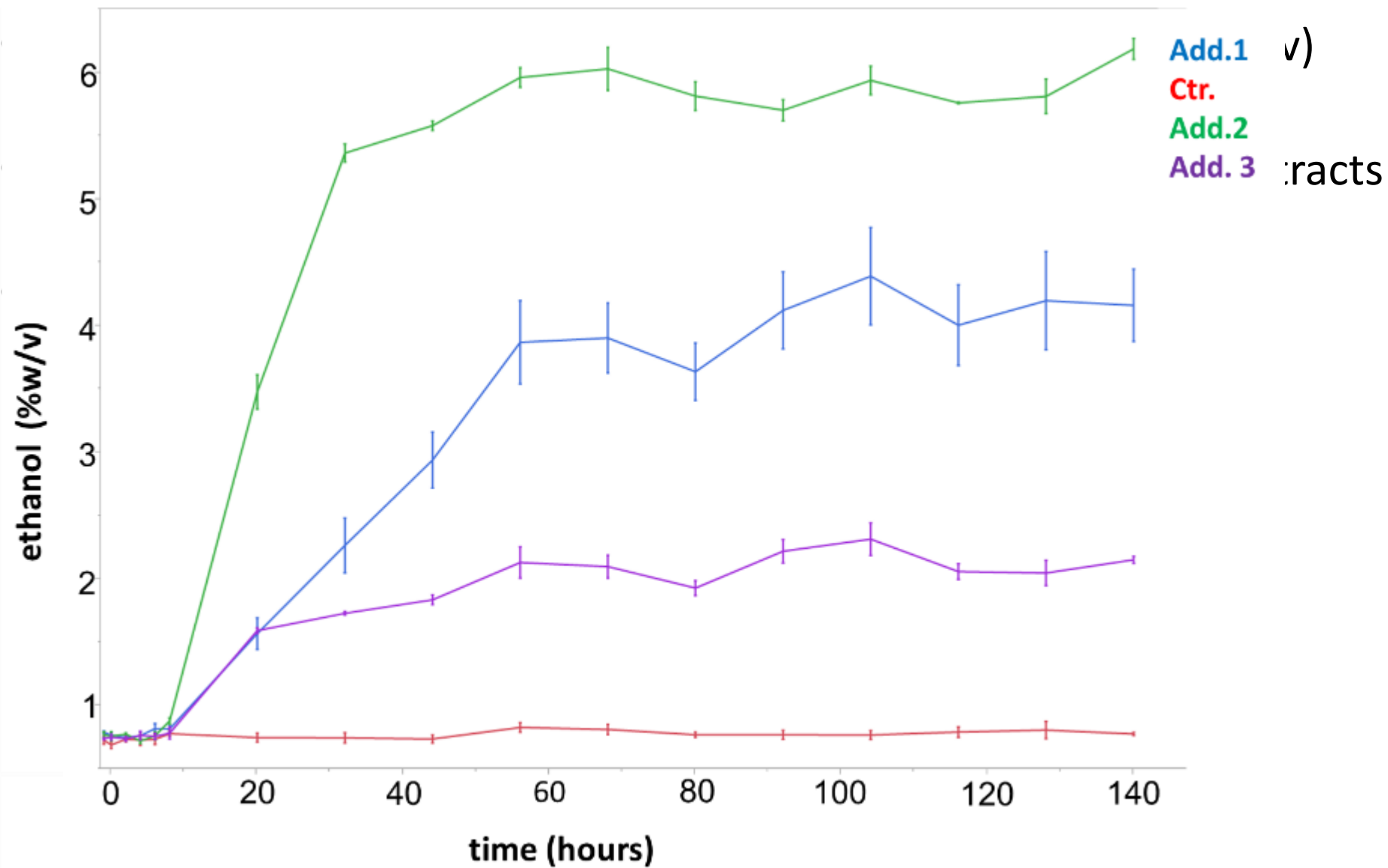


Figure 4.10: Average $\pm$ S.E. (N=3) ethanol produced from glucose media over different time scales. Isolates were grown anaerobically in 2 ml Basal Salt broth containing 2.5% (w/v) glucose.

מעודדי תסיסה



שאלות?

Gerchman.Yoram@gmail.com