

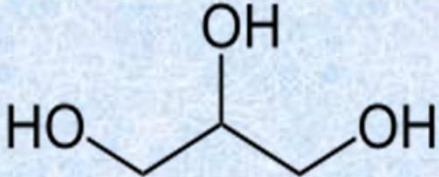
Η βιομηχανική γλυκερόλη ως ένα υποσχόμενο  
υλικό εκκίνησης για την παραγωγή βιοκαυσίμων και  
προϊόντων προστιθέμενης αξίας

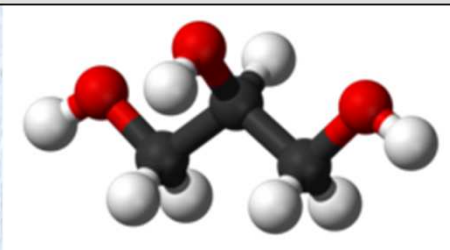
Δρ Σεραφείμ Παπανικολάου  
Αναπληρωτής Καθηγητής Βιοτεχνολογίας Τροφίμων –  
Βιοδιεργασιών

Εργαστήριο Μικροβιολογίας και Βιοτεχνολογίας Τροφίμων  
Ομάδα Βιοδιεργασιών Τροφίμων και Βιοδιυλιστηρίων  
Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου  
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Ελληνική Ημέρα Βιοενέργειας – Δρ Σ. Παπανικολάου

## Γλυκερόλη – Γενικά χαρακτηριστικά

Γενικά χαρακτηριστικά		Συντακτικός τύπος
Χημική ονομασία:	1,2,3-προπανοτριόλη	
Μοριακός τύπος:	$C_3H_8O_3$	
Μοριακή μάζα:	92,10 g/mol	
Χημικές Ιδιότητες		Φυσικές Ιδιότητες
Σημείο τήξης:	17,8 °C	Άχρωμη
Σημείο βρασμού:	290 °C	Άοσμη (σχεδόν)
Σημείο ανάφλεξης:	177 °C	Διαυγής
Ειδικό βάρος:	1,26 (20 °C)	Υγροσκοπική
Πυκνότητα:	1,261 g /mL	Ημιρρευστη
Τρισδιάστατη απεικόνιση μορίου γλυκερόλης		



Γενικά η γλυκερόλη ευρίσκεται στην αγορά μέσω ποικίλων ελαιοχημικών και βιολογικών διεργασιών:

¶ Βιομηχανίες παραγωγής σαπώνων

¶ Βιομηχανίες παραγωγής βιοαιθανόλης και αλκοολούχων ποτών

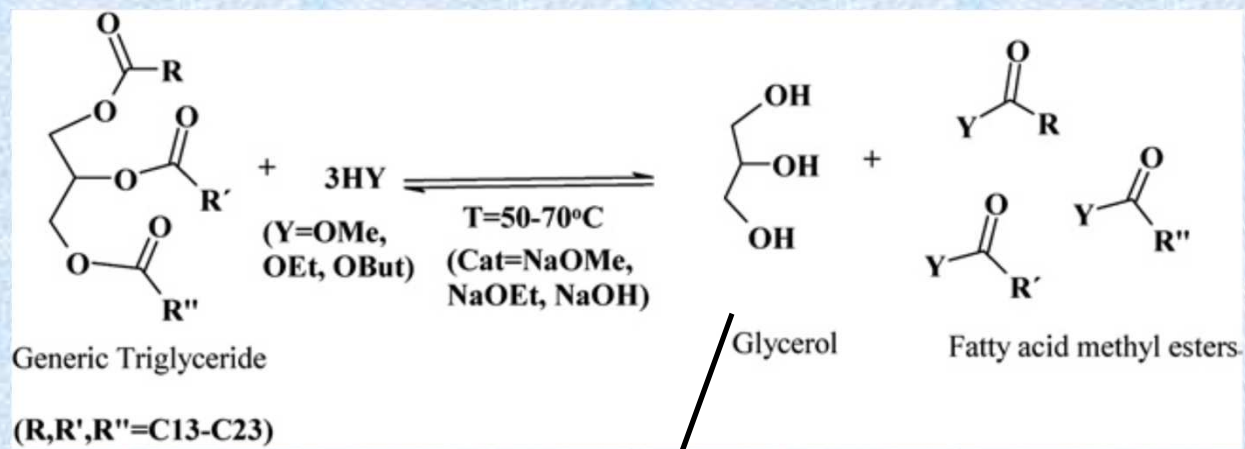
¶ Ενδοκυτταρική συσσώρευση στο φύκος *Dunaliella* sp.

¶ Βιομηχανίες παραγωγής βιοντήζελ

**ΠΡΟΪΟΝ ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΟΥ (Η ΚΑΙ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ)  
ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟ ΣΕ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ  
ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ**

# ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΗΖΕΛ

Δημιουργία γλυκερόλης ως υποπροϊόντος  
(Αντίδραση μετεστεροποίησης)



Κύριο υπόλειμμα της διεργασίας

Για κάθε 10 kg βιοντήζελ παράγεται 1 kg (καθαρότητας  $\approx 90\%$  κ.β.) γλυκερόλης ως υπολείμματος της διεργασίας

Το 2007 υπήρχαν 600000 T. ακάθαρτης γλυκερόλης σε Ευρωπαϊκό επίπεδο μόνον, η οποία προήρχετο από τη διεργασία παραγωγής βιοντήζελ

Η ακάθαρτη γλυκερόλη εκείνη την περίοδο θεωρήθηκε ως τυπικό βιομηχανικό απόβλητο (0 \$ ανά kg)

Για πρώτη φορά στα πλαίσια της E.E. (FP7- ENERGY-2007-RTD-1), υπήρξε ενότητα με αποκλειστικό θέμα την αξιοποίηση της γλυκερόλης μέσω βιοτεχνολογικών διεργασιών (“New uses for glycerine in biorefineries”)

Ακολούθησαν τα επόμενα χρόνια και άλλα προγράμματα σε άλλα “calls” της E.E. όπως φυσικά και σε άλλους οργανισμούς (“The Danish Council for Independent Research”, “Christian Doppler Forschungsgesellschaft”, “The Research Council of Norway”,...) στα οποία υπήρξε ενασχόληση με τη βιοτεχνολογική αξιοποίηση γλυκερόλης

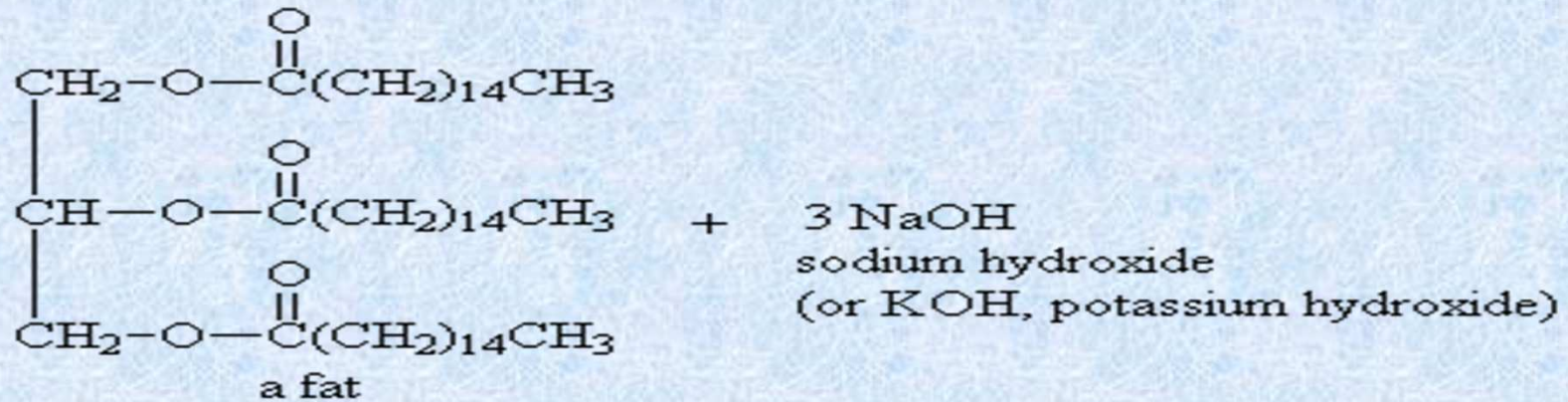
Τα χρόνια που ακολούθησαν, μετά από το 2007, η κατάσταση έγινε λίγο καλύτερη καθόσον βελτιώθηκαν σχετικά οι διεργασίες καθαρισμού και ανάκτησης της γλυκερόλης, με απόρροια η τιμή της γλυκερόλης στην αγορά να ανέβει κάπως

Πάντως είναι τεράστια η προσβλεπόμενη παραγωγή βιοντήζελ για το κοντινό μέλλον (π.χ. για το 2021 προβλέπεται ετήσια παραγωγή βιοντήζελ της τάξεως των  $30 \times 10^6$  T. μόνο από χρήση φυτικών ελαίων) με αντίστοιχη πολύ μεγάλη αναμενόμενη αύξηση της παραγωγής γλυκερόλης ως παραπλεύρου παραπροϊόντος της διεργασίας

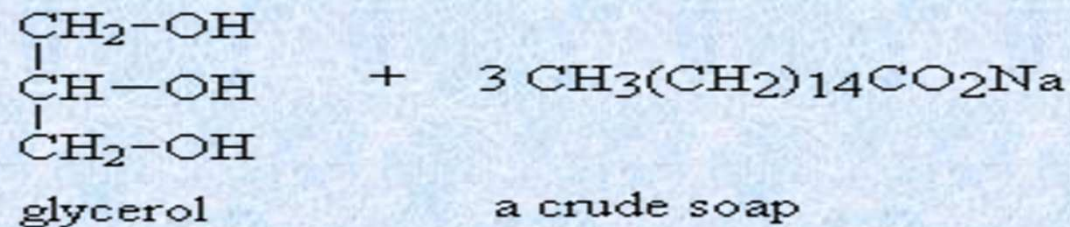
Σήμερα η τιμή της καθαρής γλυκερόλης (καθαρότητας 98,0% κ.β.) είναι της τάξεως των 0,50-0,70 \$ ανά kg, ενώ η τιμή της ακάθαρτης γλυκερόλης (καθαρότητας 65-80% κ.β.) είναι κατά πολύ μικρότερη

# ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΣΑΠΩΝΟΠΟΙΗΣΗΣ

Δημιουργία γλυκερόλης ως υποπροϊόντος  
(Αντίδραση σαπωνοποίησης)



↓  
saponification

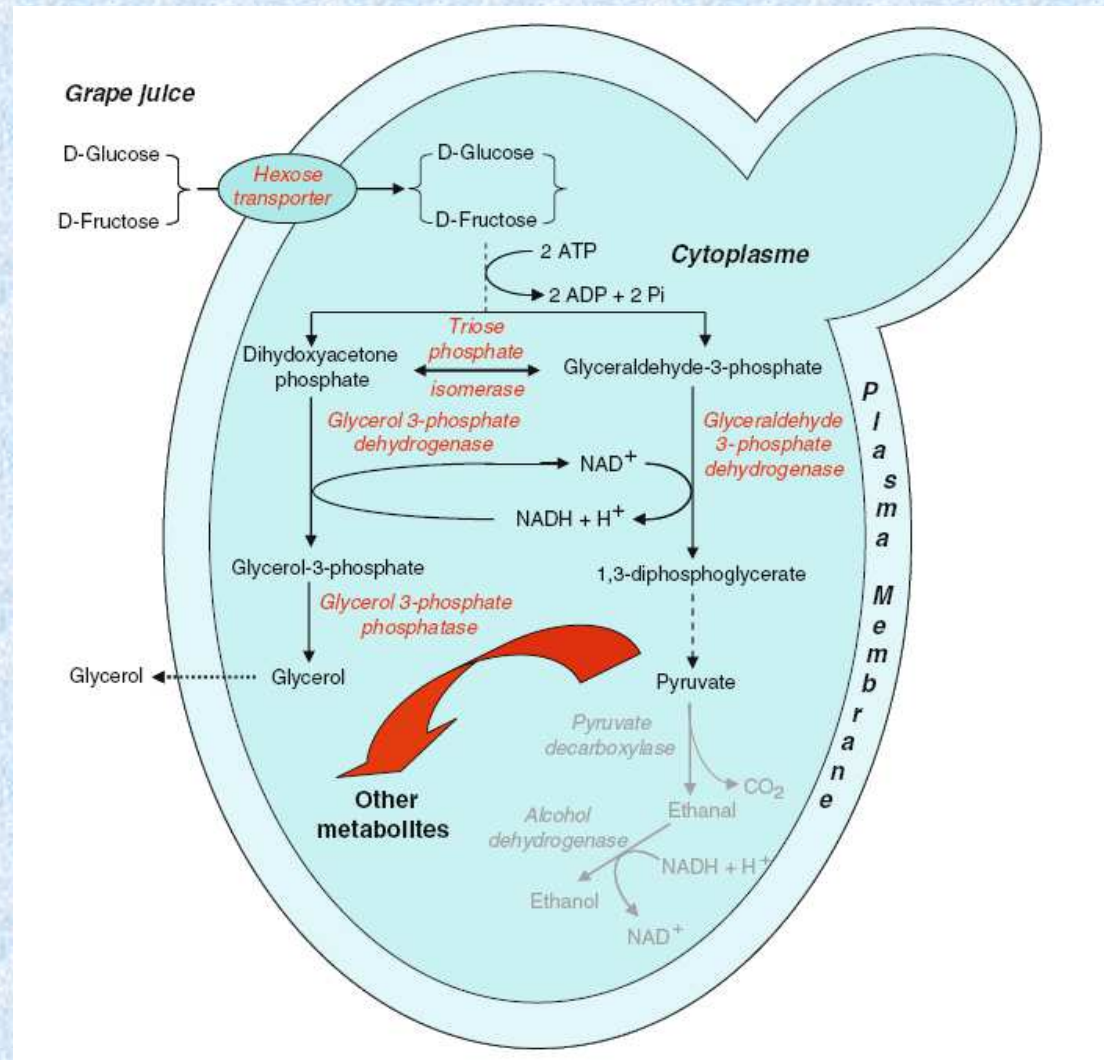


©2001 A.M. Helmenstein  
Licensed to About, Inc.

# ΓΛΥΚΕΡΟΠΥΡΟΣΤΑΦΥΛΙΚΗ ΖΥΜΩΣΗ

## Δημιουργία γλυκερόλης ως υποπροϊόντος

(Απ' ευθείας αναγωγή της φωσφορυλιωμένης δι-υδροξυακετόνης)





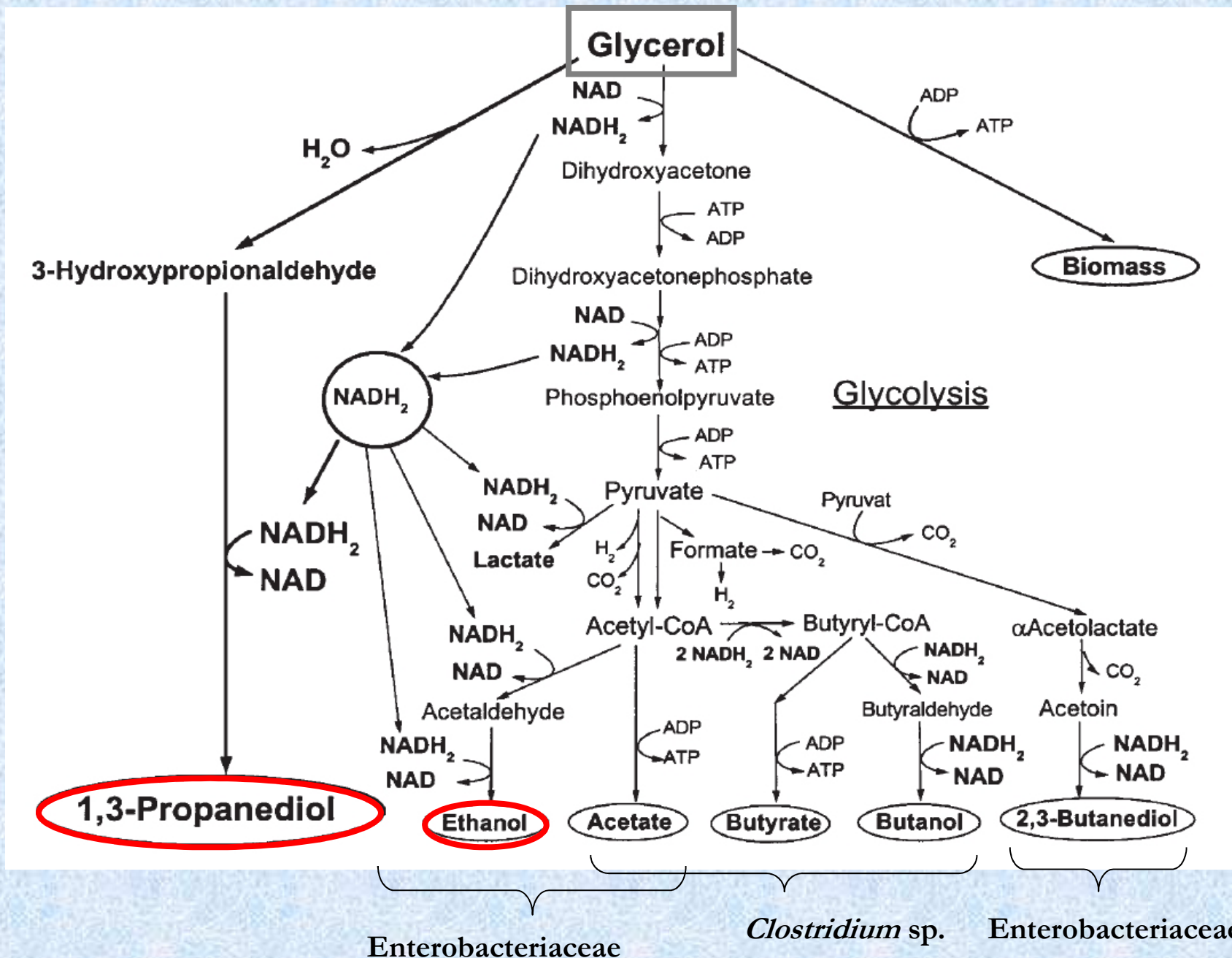


*Dunaliella salina* orange-colored water of the salt lake Syvash

Παραγωγή βιοτεχνολογικών προϊόντων μέσω  
αναερόβιας αποικοδόμησης της γλυκερόλης –  
Χρήση προιαρυωτικών μικροοργανισμών

Εμπλοκή της Ομάδας Βιοδιεργασιών Τροφίμων και Βιοδιυλιστηρίων του  
Γ.Π.Α. και των συνεργατών της σε σχέση με τη διεθνή βιβλιογραφία

Γενικευμένο σχήμα αποικοδόμησης της γλυκερόλης υπό αναερόβωση



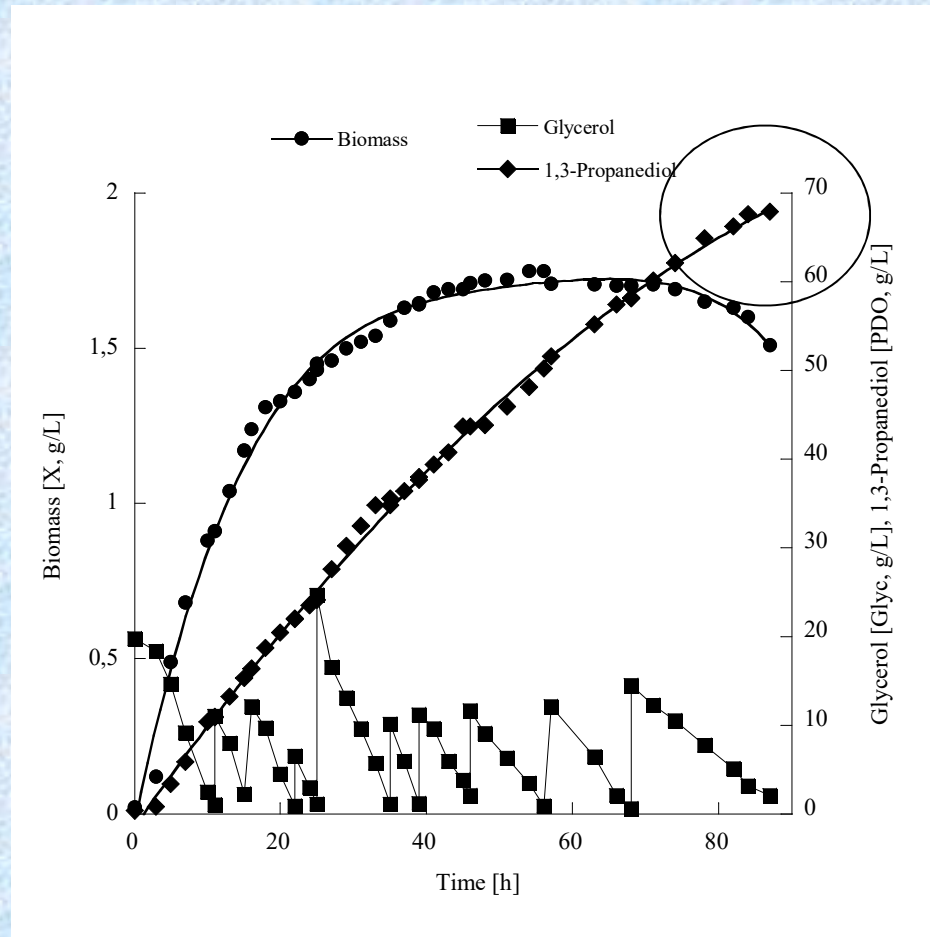
## 1) ΠΑΡΑΓΩΓΗ 1,3-ΠΡΟΠΑΝΟΔΙΟΛΗΣ

- Κυριότερες εφαρμογές: εφαρμογή στη σύνθεση βιοαποικοδομήσιμων πολυμερών, χρήση ως λιπαντική ουσία, βελτιωτικό σε διαλύτες και κόλλες
- Βιοτεχνολογική παραγωγή από φυσικά στελέχη, όπου υποχρεωτικά θα υπάρχει η γλυκερόλη ως υπόστρωμα (ή συν-υπόστρωμα) της ζύμωσης
  - Τα φυσικά στελέχη παραγωγής ανήκουν στα γένη *Klebsiella*, *Clostridium*, *Citrobacter*, *Enterobacter* και *Lactobacillus*

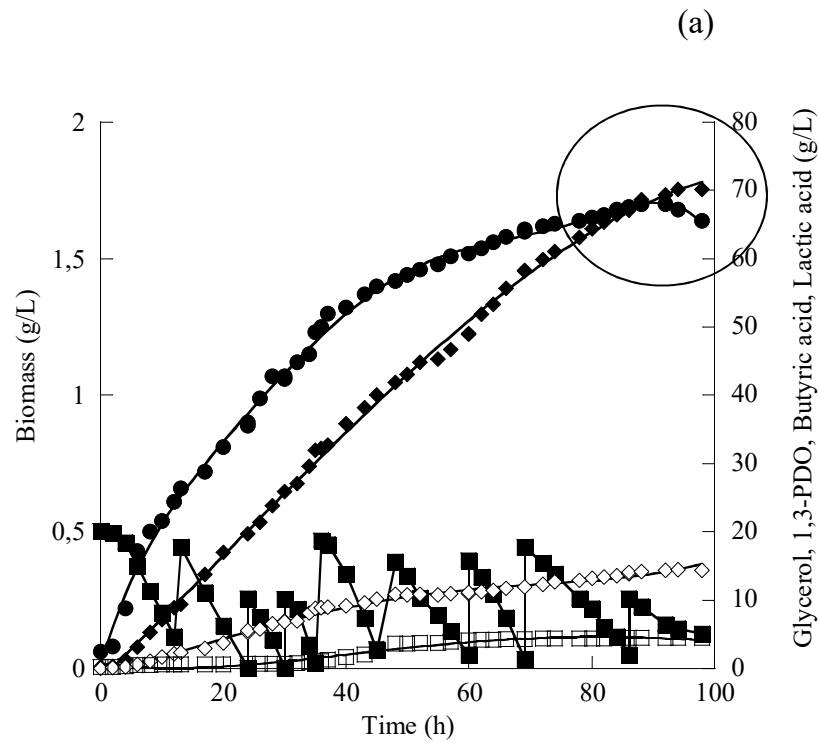
Κινητική του βακτηρίου *Clostridium butyricum* F2b σε μονοβάθμιο συνεχές σύστημα καλλιέργειας ( $D=0,04 \text{ h}^{-1}$ ) για καταστάσεις δυναμικής ισορροπίας – Υψηλή παραγωγή 1,3-προπανοδιόλης με πολύ υψηλό συντελεστή απόδοσης

GloI <sub>0</sub> g/L	X g/L	GloI g/L	PD g/L	Ac g/L	But g/L	Y <sub>PD/GloI</sub> g/g
20	0,59	0,0	11,0	0,25	2,4	0,55
40	1,10	0,9	21,1	0,43	4,8	0,54
50	1,21	1,7	26,7	0,53	6,2	0,55
60	1,32	1,9	33,6	0,69	7,3	0,58
70	1,40	2,2	37,3	0,88	8,1	0,55
80	1,50	5,5	41,2	0,97	9,9	0,55
90	1,95	3,2	44,0	1,20	11,1	0,51

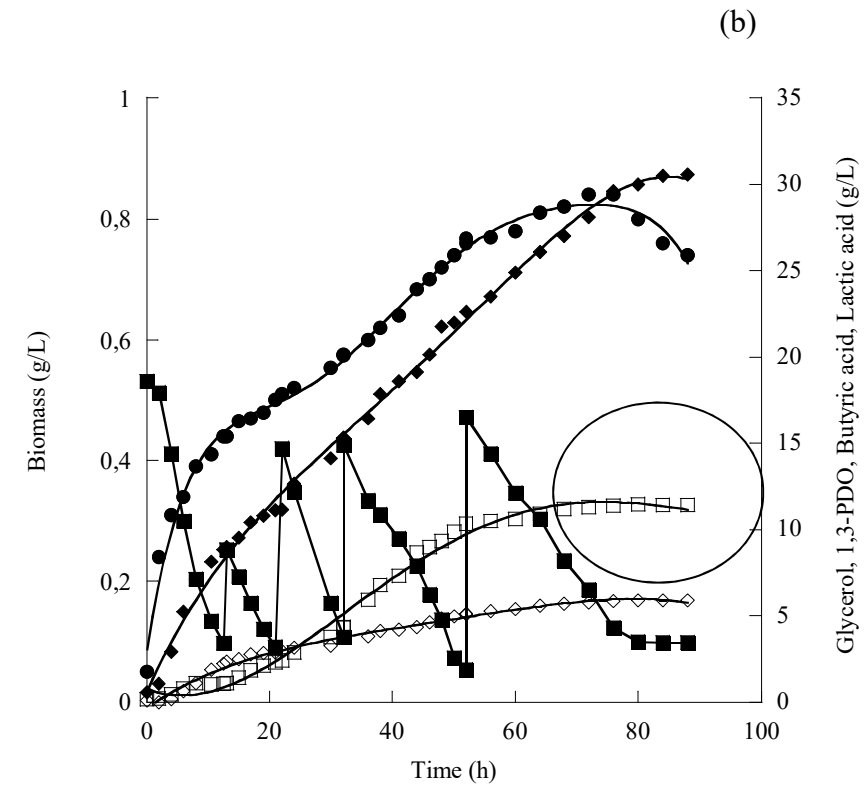
# Υψηλή παραγωγή 1,3-προπανοδιόλης από το βακτήριο *Clostridium butyricum* VPI 1718 υπό μη-ασηπτικές συνθήκες



# Επίδραση του τύπου αναεροβίωσης στην παραγωγή 1,3-προπανοδιόλης από το βακτήριο *Clostridium butyricum* VPI 1718

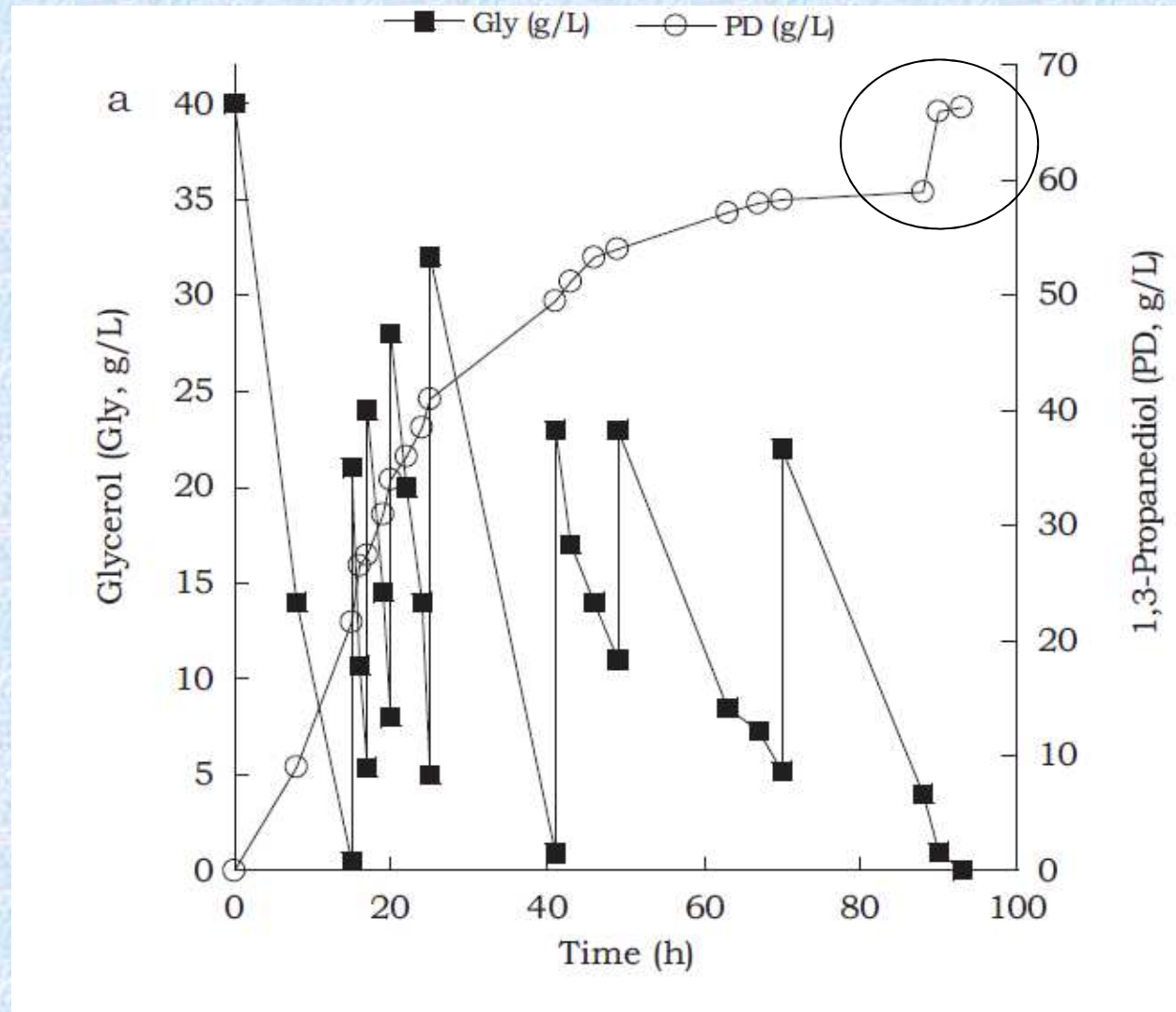


PDO formation (◆, g/L)



Lactic acid formation (□, g/L)

Πολύ υψηλή παραγωγή 1,3-προπανοδιόλης από το βακτήριο  
*Citrobacter freundii* FMCC-B 294 υπό μη-ασηπτικές συνθήκες





# The effect of raw glycerol concentration on the production of 1,3-propanediol by *Clostridium butyricum*

Seraphim Papanikolaou,<sup>1,2\*</sup> Michel Fick<sup>1</sup> and George Aggelis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire des Sciences du Génie Chimique – CNRS – Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires – UPR 6811, 2 avenue de la forêt de Haye, 54505, Vandœuvre-lès-Nancy, France

<sup>2</sup>Laboratory of General and Agricultural Microbiology, Department of Agricultural Biotechnology, Agricultural University of Athens, 75, Iera Odos, 11855, Athens, Greece

Appl Microbiol Biotechnol (2011) 91:101–112  
DOI 10.1007/s00253-011-3247-x

BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTS AND PROCESS ENGINEERING

## Production of 1,3-propanediol by *Clostridium butyricum* growing on biodiesel-derived crude glycerol through a non-sterilized fermentation process

Afroditi Chatzifragkou • Seraphim Papanikolaou •  
David Dietz • Agapi I. Doulgeraki •  
George-John E. Nychas • An-Ping Zeng



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

## Bioresource Technology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/biortech](http://www.elsevier.com/locate/biortech)



### Impact of anaerobiosis strategy and bioreactor geometry on the biochemical response of *Clostridium butyricum* VPI 1718 during 1,3-propanediol fermentation

Afroditi Chatzifragkou<sup>a</sup>, George Aggelis<sup>b</sup>, Michael Komaitis<sup>a</sup>, An-Ping Zeng<sup>c</sup>, Seraphim Papanikolaou<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Department of Food Science and Technology, Agricultural University of Athens, 75 Iera Odos, 11855 Athens, Greece

<sup>b</sup> Unit of Microbiology, Department of Biology, Division of Genetics, Cell and Development Biology, University of Patras, 26504 Patras, Greece

<sup>c</sup> Institute of Bioprocess and Biosystems Engineering, Hamburg University of Technology, 15 Denickestrasse, D-21073 Hamburg, Germany



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

## Journal of Biotechnology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jbiotec](http://www.elsevier.com/locate/jbiotec)



### Enhanced 1,3-propanediol production by a newly isolated *Citrobacter freundii* strain cultivated on biodiesel-derived waste glycerol through sterile and non-sterile bioprocesses

Maria Metsoviti<sup>a</sup>, An-Ping Zeng<sup>b</sup>, Apostolis A. Koutinas<sup>a</sup>, Seraphim Papanikolaou<sup>a,\*</sup>

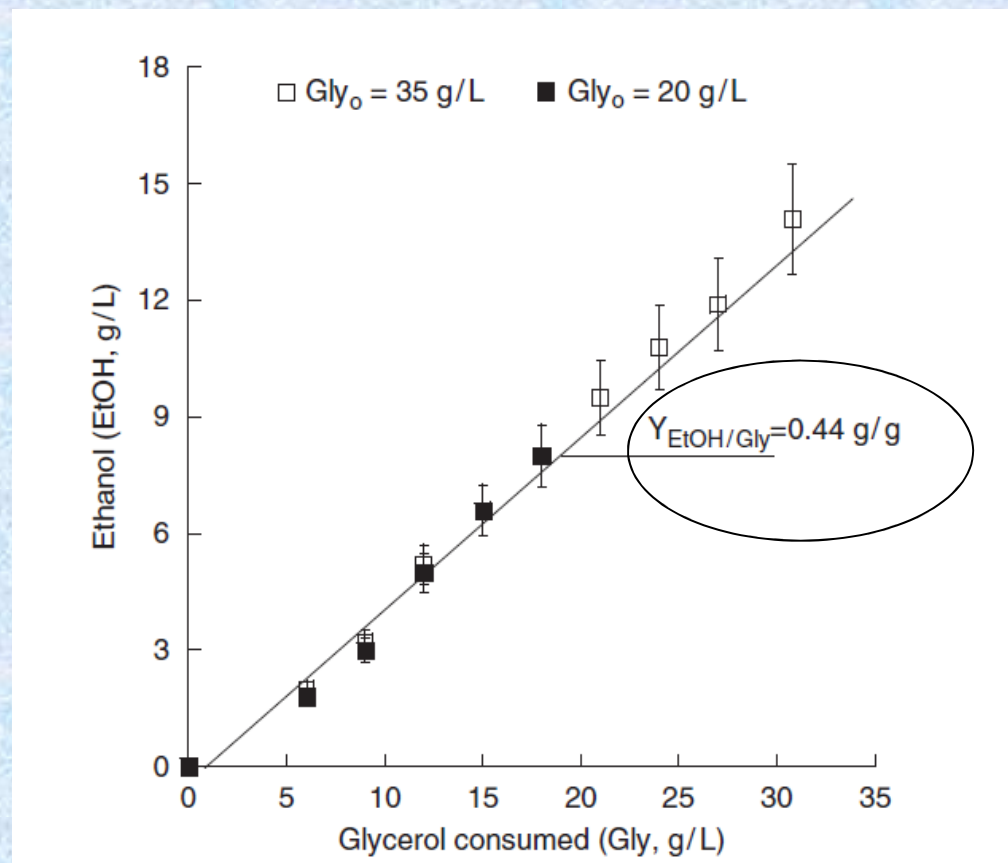
<sup>a</sup> Department of Food Science and Technology, Agricultural University of Athens, 75 Iera Odos, 11855 Athens, Greece

<sup>b</sup> Institute of Bioprocess and Biosystems Engineering, Hamburg University of Technology (TUHH), 15 Denickestrasse, D-21073 Hamburg, Germany

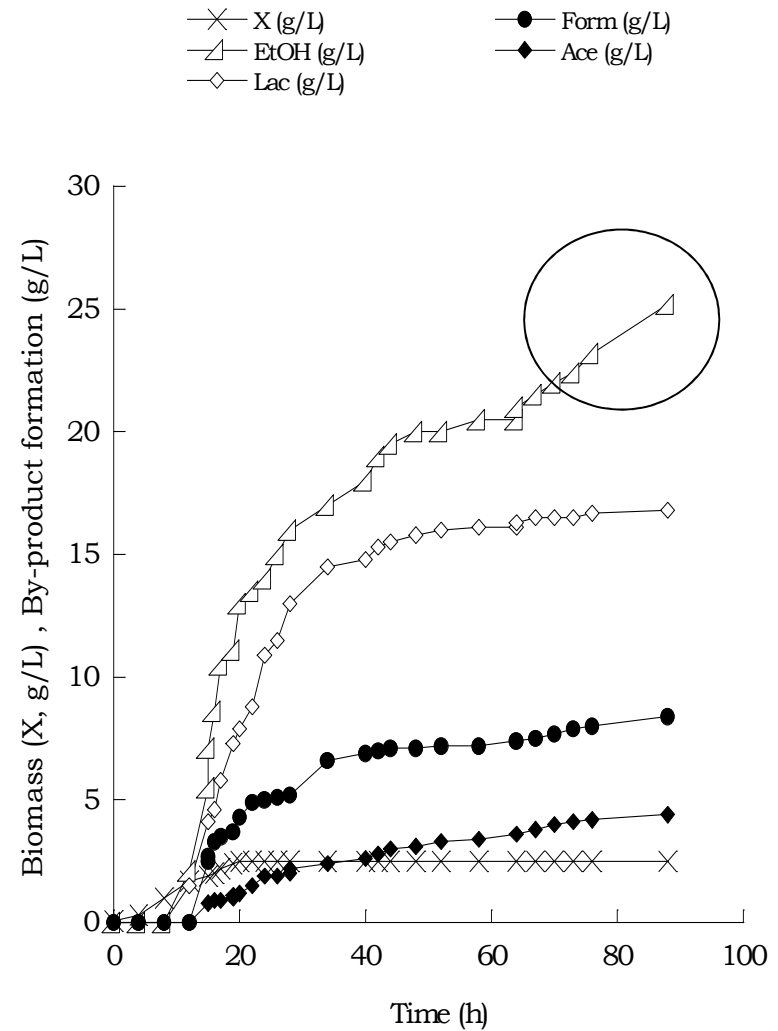
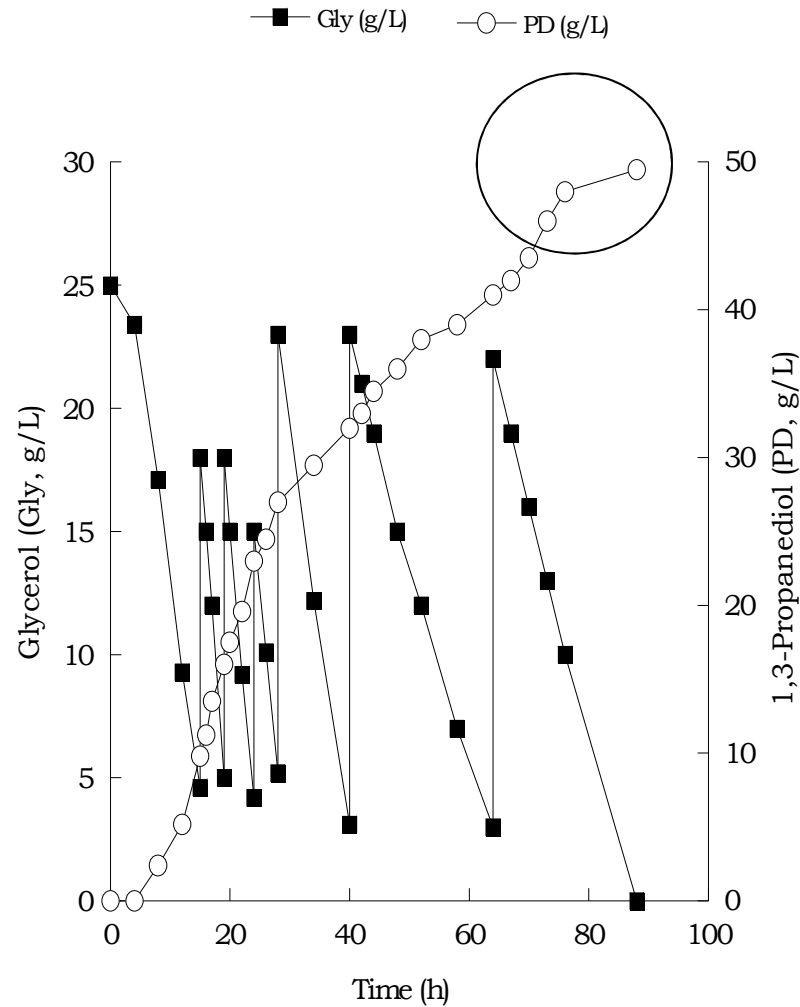
## 2) ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ

- Κυριότερες εφαρμογές: παρασκευή οινοπνευματωδών ποτών, χρήση ως διαλύτης, χρήση ως βιοκαύσιμο
- Βιοτεχνολογική παραγωγή: από την ζύμωση σακχάρων κυρίως από την ζύμη *Saccharomyces cerevisiae* και το βακτήριο *Zymomonas mobilis*
- Αυξανόμενο ενδιαφέρον παραγωγής αιθανόλης από γλυκερόλη τα τελευταία χρόνια

Παραγωγή αιθανόλης από το βακτήριο *Citrobacter freundii*  
FMCC-207 με πολύ υψηλό συντελεστή απόδοσης



Υψηλή παραγωγή αιθανόλης (από τις υψηλότερες της βιβλιογραφίας) (και σχετικά υψηλή παραγωγή 1,3-προπανοδιόλης) από το βακτήριο *Klebsiella oxytoca* FMCC-197



Maria Metsoviti<sup>1</sup>  
Spiros Paramithiotis<sup>1</sup>  
Eleftherios H. Drosinos<sup>1</sup>  
Maria Galiotou-  
Panayotou<sup>1</sup>  
George-John E. Nychas<sup>1</sup>  
An-Ping Zeng<sup>2</sup>  
Seraphim Papanikolaou<sup>1</sup>

Research Article

## Screening of bacterial strains capable of converting biodiesel-derived raw glycerol into 1,3-propanediol, 2,3-butanediol and ethanol

The ability of bacterial strains to assimilate glycerol derived from biodiesel facilitates to produce metabolic compounds of importance for the food, textile and

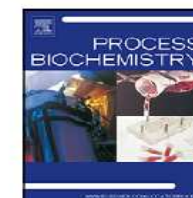
Process Biochemistry 47 (2012) 1872–1882



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Process Biochemistry

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/procbio](http://www.elsevier.com/locate/procbio)



Production of 1,3-propanediol, 2,3-butanediol and ethanol by a newly isolated *Klebsiella oxytoca* strain growing on biodiesel-derived glycerol based media

Maria Metsoviti<sup>a</sup>, Kleopatra Paraskevaidi<sup>a</sup>, Apostolis Koutinas<sup>a</sup>, An-Ping Zeng<sup>b</sup>, Seraphim Papanikolaou<sup>a,\*</sup>

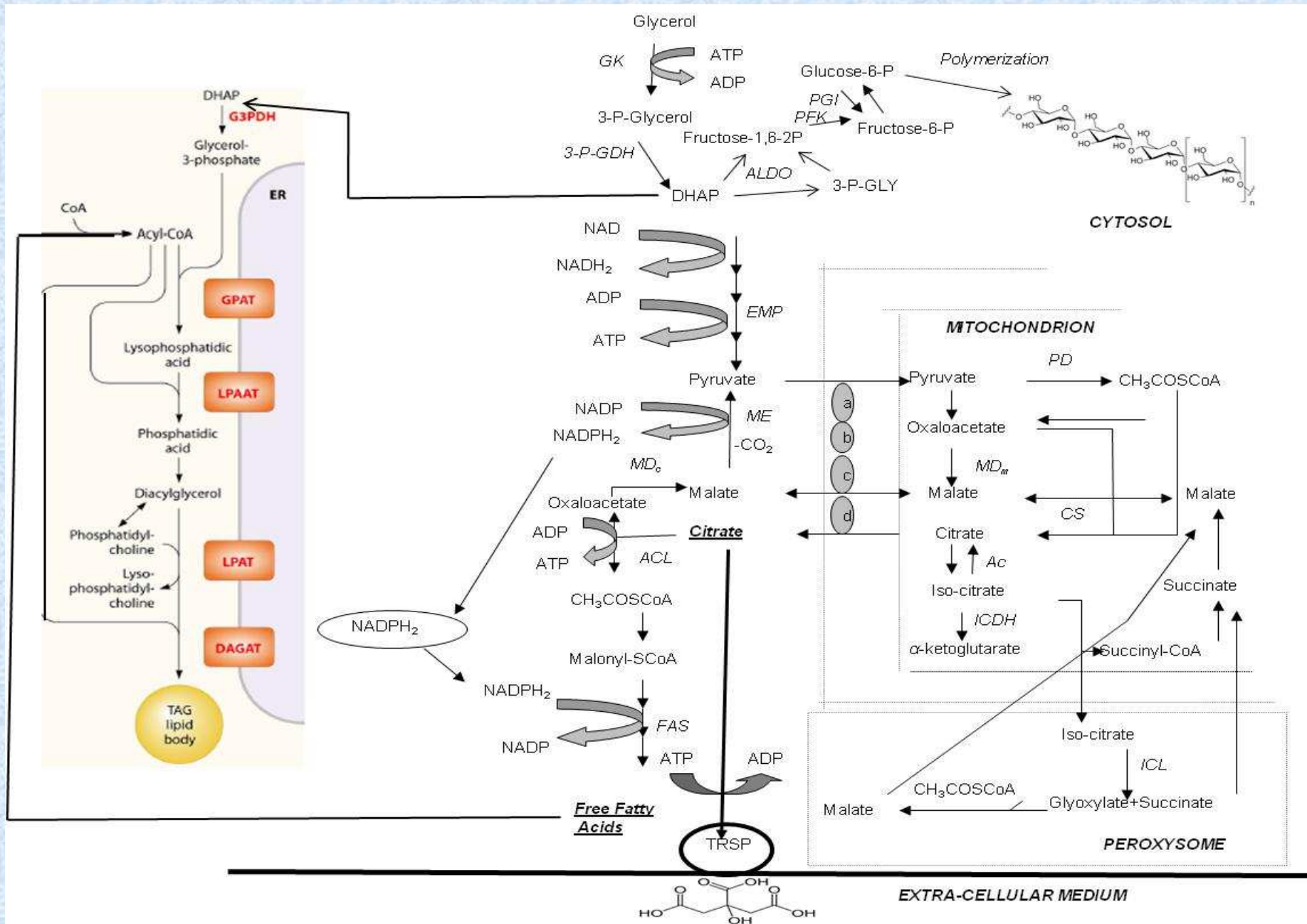
<sup>a</sup> Department of Food Science and Technology, Agricultural University of Athens, 75 Iera Odos, 11855 Athens, Greece

<sup>b</sup> Institute of Bioprocess and Biosystems Engineering, Hamburg University of Technology (TUHH), 15 Denickestrasse, D-21073 Hamburg, Germany

Παραγωγή βιοτεχνολογικών προϊόντων μέσω  
αερόβιας αποικοδόμησης της γλυκερόλης –  
Χρήση ευκαρυωτικών μικροοργανισμών

Εμπλοκή της Ομάδας Βιοδιεργασιών Τροφίμων και Βιοδιυλιστηρίων του  
Γ.Π.Α. και των συνεργατών της σε σχέση με τη διεθνή βιβλιογραφία

# Γενικευμένο σχήμα παραγωγής λιπιδίων, κυτταρικού οξέος, πολυσακχαριτών και κυτταρικής μάζας από τη γλυκερόλη



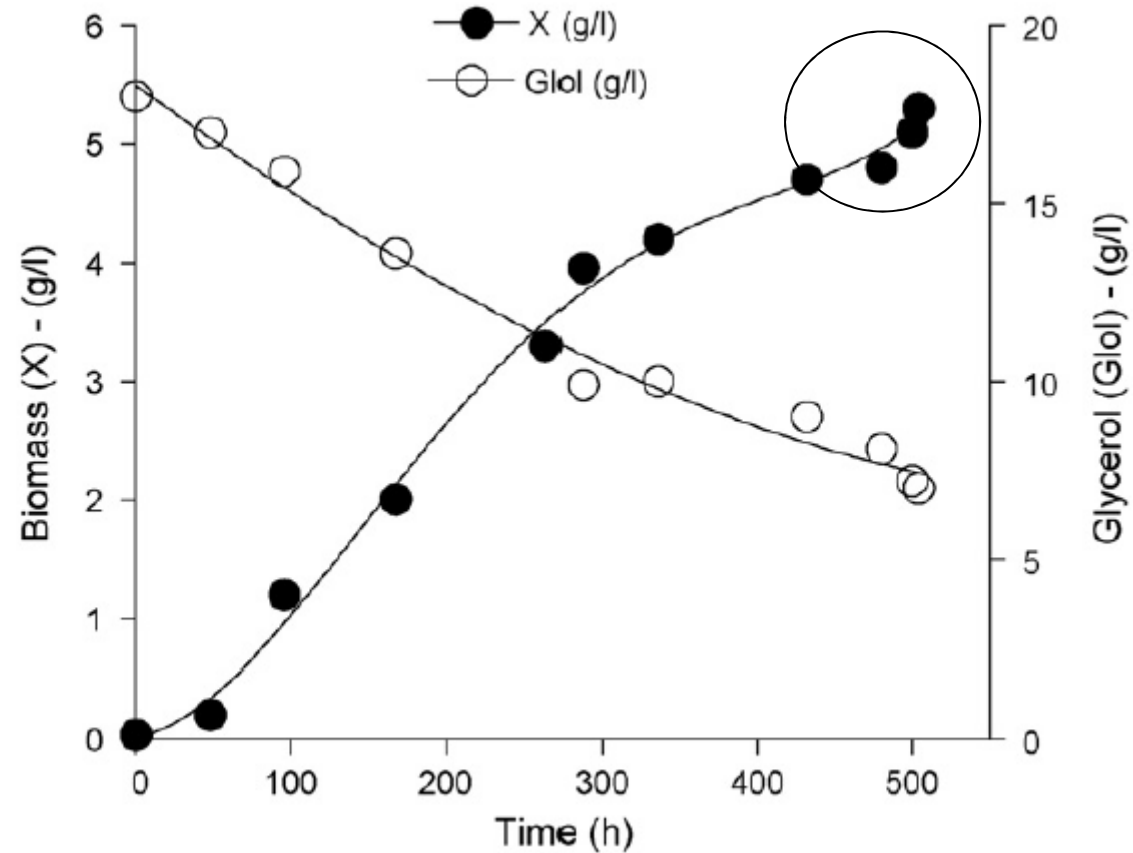


# 1) ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΥΤΤΑΡΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΑΠΟ ΕΔΩΔΙΜΟΥΣ Ή/ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΟΥΣ ΜΥΚΗΤΕΣ

(C<sup>-</sup> καλλιέργεια)

- Χρήση μυκήτων του είδους *Lentinula edodes*
- Το μυκήλιο και τα καρποσώματα του μικροοργανισμού περιέχουν αντι-καρβινικούς πολυσακχαρίτες
- Ελάχιστες εργασίες αναφέρουν χρήση γλυκερόλης ως υπόστρωμα της διεργασίας για παραγωγή μυκηλιακής μάζας από εδώδιμα ή φαρματικά μανιτάρια

Υψηλή παραγωγή ξηράς μυκηλιακής μάζας με επίσης υψηλό συντελεστή απόδοσης ( $\approx 0,50$  g/g) από το μύκητα *Lentinula edodes* AMRL 121



Fermentation time (days)	Fatty acids (% w/w)			
	C16:0	C18:0	$\Delta^9$ C18:1	$\Delta^{9,12}$ C18:2
12	15.1	10.9	3.2	70.8
14	13.5	9.9	2.0	74.6
18	13.1	10.1	1.4	75.4

## 2) ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ ΛΙΠΙΔΙΩΝ ΑΠΟ ΜΥΚΗΤΕΣ ΚΑΙ ΖΥΜΕΣ

(N<sup>-</sup> καλλιέργεια)

ΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΛΙΠΙΔΙΑ ΣΕ ΠΟΣΟΣΤΟ >20% κ.β. ΕΠΙ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ  
ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΕ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ ΟΜΟΙΑΖΟΥΣΑ ΑΥΤΗΣ ΦΥΤΩΝ

A) ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΚΥΤΤΑΡΩΝ ΠΡΟΣ ΖΩΟΤΡΟΦΗ

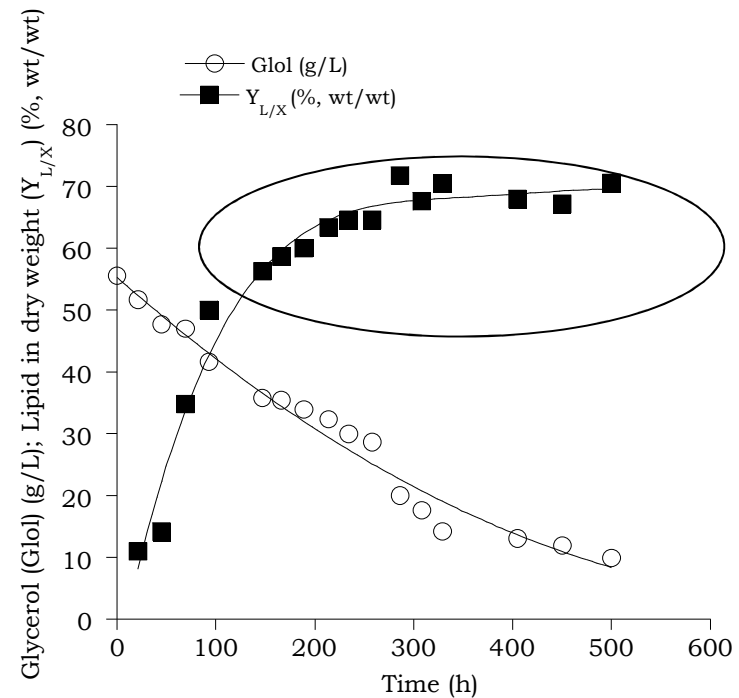
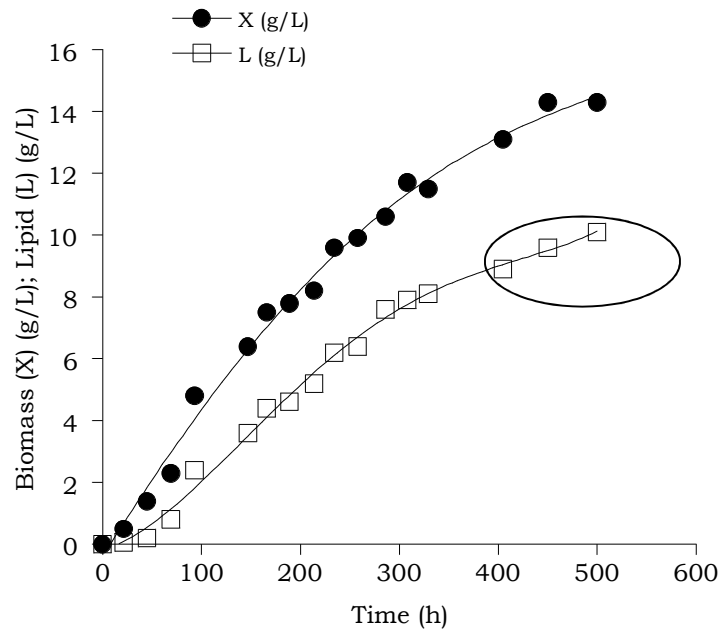
B) ΧΡΗΣΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ “ΣΠΑΝΙΩΝ” ΛΙΠΩΝ

1. ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΑ ΕΞΩΤΙΚΩΝ ΛΙΠΩΝ

2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΠΟΥΣ ΜΕ ΑΣΥΝΗΘΗ ΠΟΛΥΑΚΟΡΕΣΤΑ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ (γ-ΛΙΝΟΛΕΝΙΚΟ ΟΞΥ, ΑΡΑΧΙΔΟΝΙΚΟ ΟΞΥ κλπ)

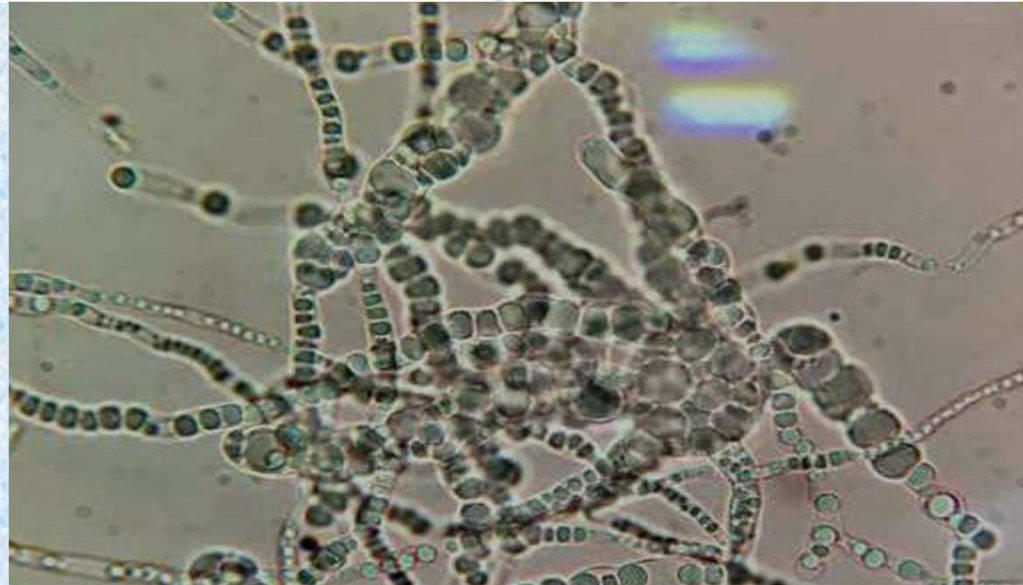
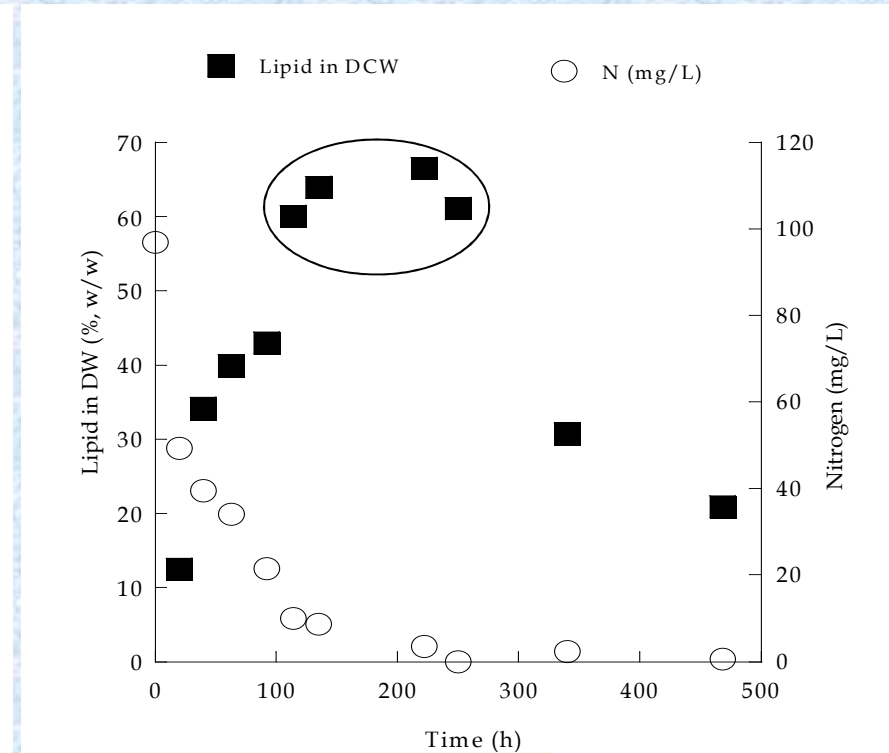
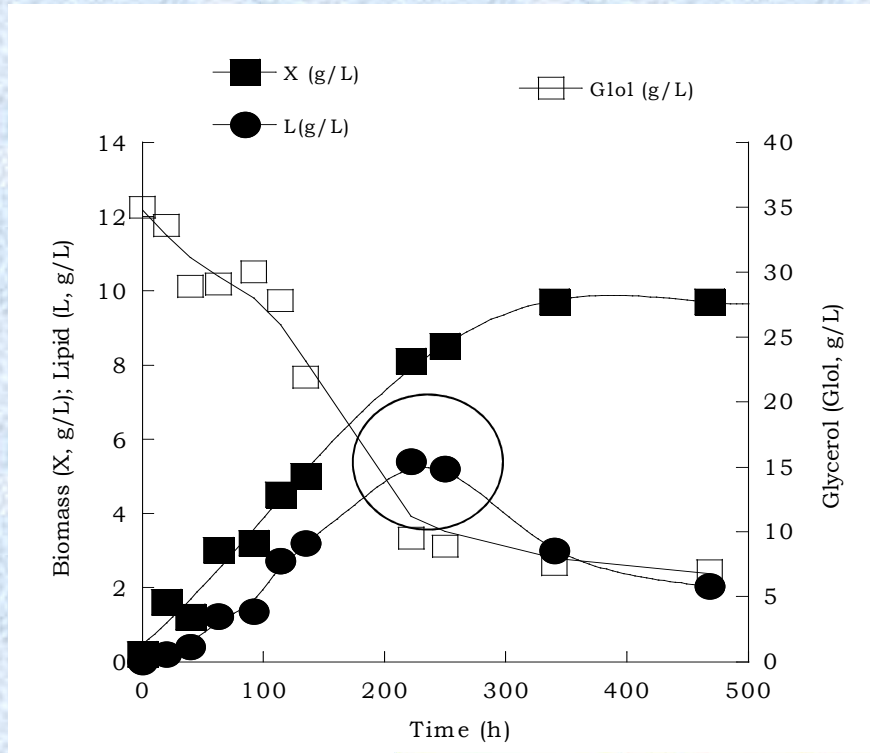
Γ) ΧΡΗΣΗ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ ΛΙΠΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ 2ης ΓΕΝΙΑΣ ΒΙΟΝΤΗΖΕΛ

# Υψηλή παραγωγή λιπιδίων το οποίο περιέχει το διατρο-φαρμακευτικώς σημαντικό $\gamma$ -λινολενικό οξύ από το μύκητα *Thamnidium elegans* CCF 1465

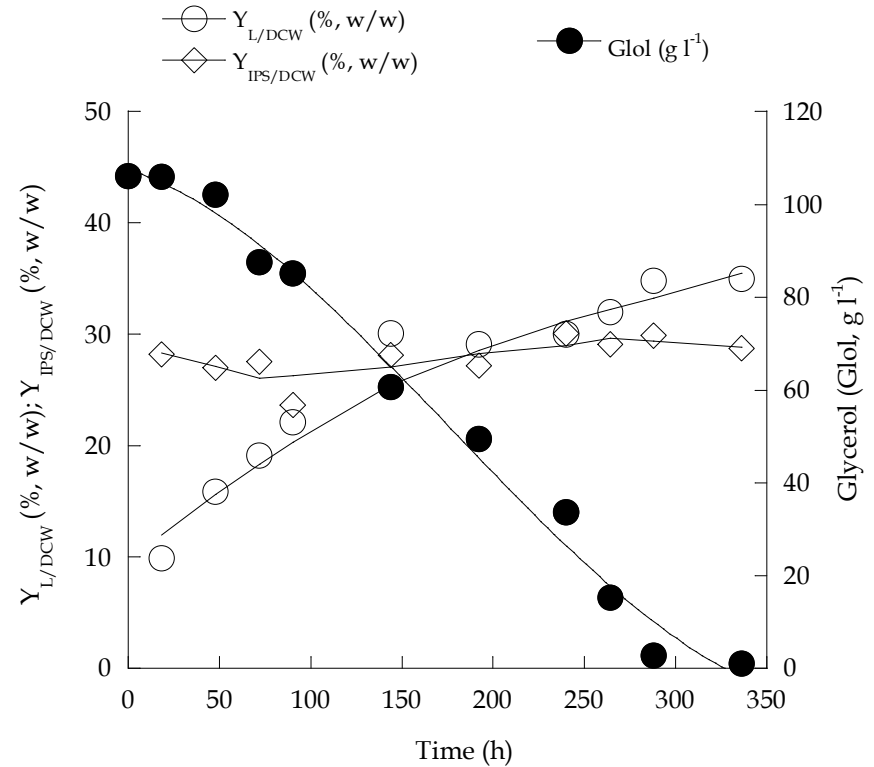
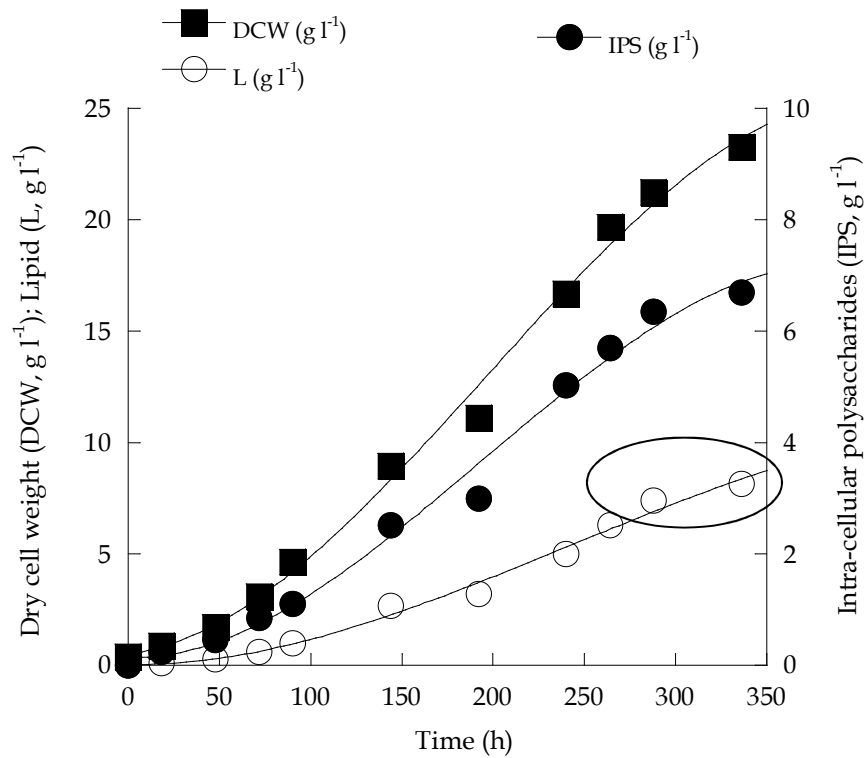


$Glo1_0$	Growth phase (h)	C16:0	$\Delta^9$ C16:1	C18:0	$\Delta^9$ C18:1	$\Delta^{9,12}$ C18:2	$\Delta^{6,9,12}$ C18:3	UI
30 g/L	LE (166)	25.2	2.2	5.8	46.1	15.9	4.1	0.88
	ES (234)	23.9	1.9	6.9	48.4	14.3	3.6	0.86
	S (286)	23.2	1.6	7.4	49.6	13.5	4.7	0.88
60 g/L	LE (147)	27.7	2.4	6.7	49.3	10.9	2.9	0.79
	ES (214)	22.1	1.9	6.7	53.6	13.5	1.5	0.85
	S (286)	24.7	2.7	6.2	51.8	10.2	3.6	0.82
90 g/L	LE (166)	25.5	2.6	6.2	55.2	8.5	1.1	0.77
	ES (236)	23.5	2.4	5.6	56.5	9.7	1.4	0.81
	S (332)	23.1	4.1	5.1	55.3	9.9	2.4	0.84

# Υψηλή παραγωγή λιπιδίων από το μύκητα *Mortierella isabellina* ATHUM 2935

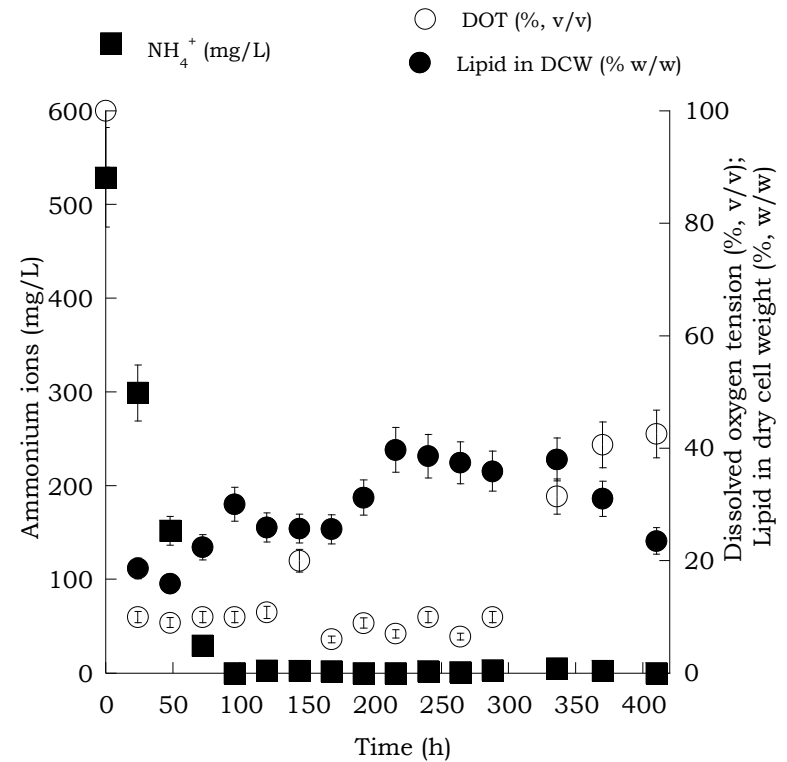
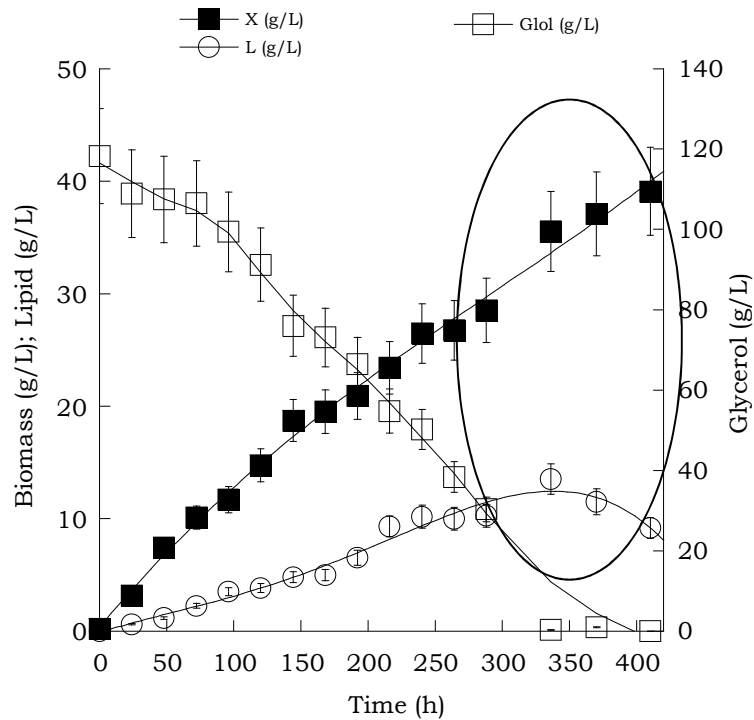


# Υψηλή παραγωγή λιπιδίων (και σχετικά υψηλή παραγωγή βιομάζας και ενδοπολυσακχαριτών) από τη ζύμη *Lipomyces starkeyi* DSM 70296

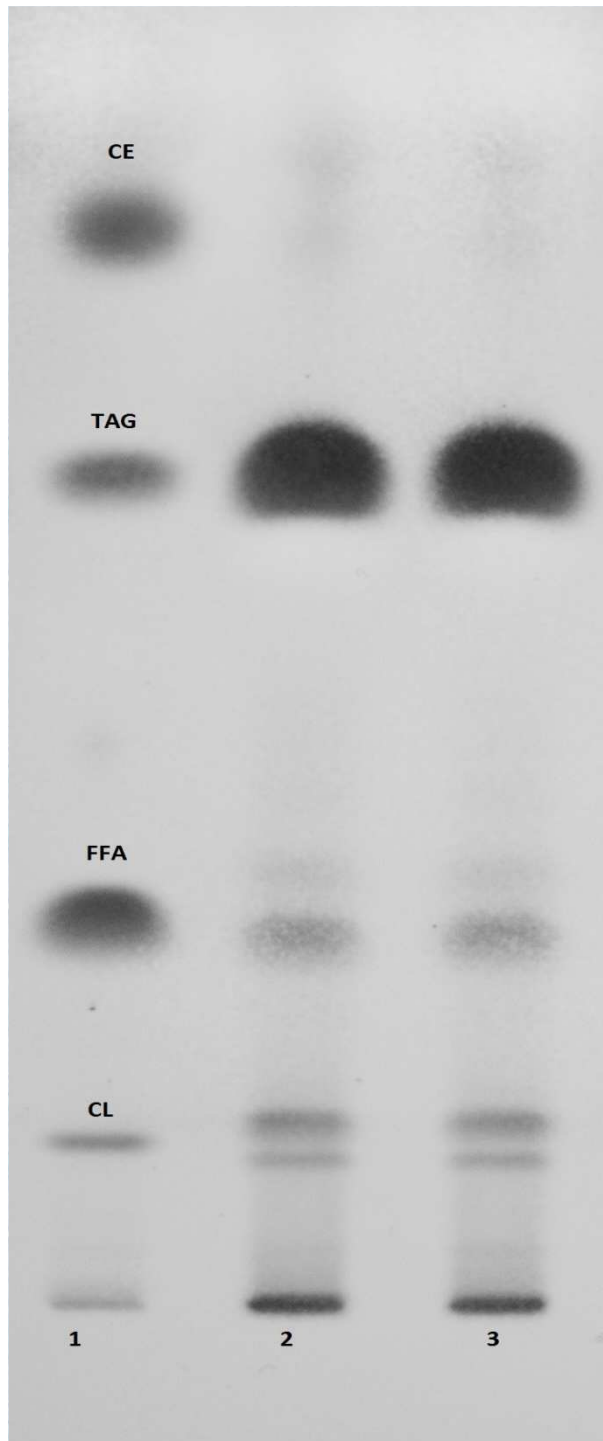


GloI <sub>0</sub>	Time	GloI <sub>cons</sub>	DCW	L	Y <sub>L/DCW</sub>	Y <sub>DCW/GloI</sub>	Y <sub>L/GloI</sub>
(g /L)		(g /L)	(g/L)	(g/L)	(%, w/w)	(g/g)	(g/g)
≈50	144	46.7	11.2	3.70	33.0	0.24	0.08
≈100	336	105.1	23.3	8.16	35.0	0.22	0.08
≈120	470	115.1	34.4	12.34	35.9	0.30	0.11
≈180	310	91.1	18.2	6.74	37.0	0.20	0.07

# Υψηλή παραγωγή βιομάζας και λιπιδίων από τη ζύμη *Rhodosporidium toruloides* DSM 4444



GloI <sub>0</sub> (g/L)	Time (h)	C16:0	C18:0	Δ9C18:1	Δ9,12C18:2
≈120	24	18,0	12,8	58,4	6,7
	120	19,1	18,9	54,9	3,4
	168	20,4	19,1	53,8	2,8
	216	22,7	17,6	54,0	2,3
	288	24,0	17,7	53,3	2,8
<b>Rapeseed Oil</b>		2-7	1-3	50-66	18-28



## Μικροβιακά λιπίδια συνιστάμενα κυρίως από τριγλυκερίδια

TLC analysis of the “crude” “Folch” extract before (lane 3) and after washing with saturated KCl solution (lane 2) of the cellular lipid by *Mortierella isabellina* ATHUM 2935

Lane 1: mix of neutral lipid standards (cholesterol-CL, oleic acid-FFA, glyceryl trioleate-TAG, cholesteryl linoleate, CE)

TLC analysis performed when lipid in DCW presented its highest value.



Μικροβιακά λιπίδια του *Rhodospiridium toruloides* που παράχθηκαν κατά την καλλιέργεια στη γλυκερόλη μετατράπηκαν σε βιοντήζελ

Glo <sub>0</sub> (g/L)	% w/w	C16:0	C18:0	Δ9C18:1	Δ9,12C18:2
	Total lipid	≈14	≈10	≈60	≈15
≈30	N	≈88			
	G+S	≈10			
	P	≈2			

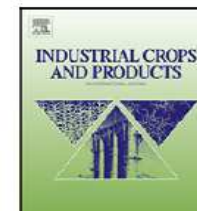
PROPERTY	UNIT	RESULTS	LIMITS	METHOD
Iodine value	g iode /100 g	81,0	120 max	EN14111 EN16300
CFPP	°C	0	-5 max	EN116
FAMEs	% (m/m)	98,5	>97	EN14130
Flash point	°C	102	101 min	EN ISO 3679
PUFA methylesters	% (m/m)	<1	1 max	EN 15779
Cetane number	%	51	51 min	EN ISO 5165
Viscosity at 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	<5 mm <sup>2</sup> /s,	3,5-5,0	EN ISO 3104
Density at 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	884	860-900	EN ISO 3675



Contents lists available at ScienceDirect

## Industrial Crops and Products

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/indcrop](http://www.elsevier.com/locate/indcrop)



### Biotechnological conversions of bio-diesel derived waste glycerol into added-value compounds by higher fungi: production of biomass, single cell oil and oxalic acid

Axel André<sup>a</sup>, Panagiota Diamantopoulou<sup>b</sup>, Antonios Philippoussis<sup>b</sup>,  
Dimitris Sarris<sup>a</sup>, Michael Komaitis<sup>a</sup>, Seraphim Papanikolaou<sup>a,\*</sup>



Contents lists available at ScienceDirect

## Energy

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/energy](http://www.elsevier.com/locate/energy)



### Biotechnological conversions of biodiesel derived waste glycerol by yeast and fungal species

Afroditi Chatzifragkou<sup>a</sup>, Anna Makri<sup>b</sup>, Aikaterini Belka<sup>a</sup>, Stamatina Bellou<sup>b</sup>, Marilena Mavrou<sup>a</sup>,  
Maria Mastoridou<sup>b</sup>, Paraskevi Mystrioti<sup>b</sup>, Grace Onjaro<sup>b</sup>, George Aggelis<sup>b</sup>, Seraphim Papanikolaou<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Laboratory of Food Microbiology and Biotechnology, Department of Food Science and Technology, Agricultural University of Athens, 75 Iera Odos, 11855 Athens, Greece

<sup>b</sup> Unit of Microbiology, Department of Biology, Division of Genetics, Cell and Development Biology, University of Patras, 26504 Patras, Greece

ORIGINAL ARTICLE

## Lipid production by yeasts growing on biodiesel-derived crude glycerol: strain selection and impact of substrate concentration on the fermentation efficiency

S.S. Tchakouteu<sup>1</sup>, O. Kalantzi<sup>1</sup>, Chr. Gardeli<sup>1</sup>, A.A. Koutinas<sup>1</sup>, G. Aggelis<sup>2,3</sup> and S. Papanikolaou<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Food Science and Human Nutrition, Agricultural University of Athens, Athens, Greece

<sup>2</sup> Unit of Microbiology, Department of Biology, Division of Genetics, Cell and Development Biology, University of Patras, Patras, Greece

<sup>3</sup> Department of Biological Sciences, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia

### Engineering

in Life Sciences

Eng. Life Sci. 2017, 17, 262–281

www.els-journal.com

Seraphim Papanikolaou<sup>1</sup>  
Maria Rontou<sup>1</sup>  
Aikaterini Belka<sup>1</sup>  
Maria Athenaki<sup>1</sup>  
Chryssavgi Gardeli<sup>1</sup>  
Athanasios Mallouchos<sup>1</sup>  
Ourania Kalantzi<sup>1</sup>  
Apostolis A. Koutinas<sup>1</sup>  
Ioannis K. Kookos<sup>2</sup>  
An-Ping Zeng<sup>3</sup>  
George Aggelis<sup>4,5</sup>

#### Research Article

## Conversion of biodiesel-derived glycerol into biotechnological products of industrial significance by yeast and fungal strains

Oleochemical activities (e.g. biodiesel production, fat saponification) generate annually very high amounts of concentrated glycerol-containing waters (called crude glycerol) as the principal residues of these processes. Crude glycerol is an industrial residue the valorization of which attracts remarkable and constantly increasing interest. In the current investigation, biodiesel-derived glycerol was employed as

Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2017, 119, 1600507

1600507 (1 of 16)

#### Research Article

## Production of secondary metabolites through glycerol fermentation under carbon-excess conditions by the yeasts *Yarrowia lipolytica* and *Rhodospiridium toruloides*

Seraphim Papanikolaou<sup>1,2</sup>, Eleni Kampsopoulou<sup>1</sup>, Fabrice Blanchard<sup>2</sup>, Emmanuel Rondags<sup>2</sup>, Chryssavgi Gardeli<sup>1</sup>, Apostolis A. Koutinas<sup>1</sup>, Isabelle Chevalot<sup>2</sup> and George Aggelis<sup>3</sup>

## Προγράμματα “γλυκερόλης” της Ομάδα Βιοδιεργασιών Τροφίμων και Βιοδιυλιστηρίων

2000-2001: “Αύξηση και συσσώρευση λίπους σε ελαιογόνους μύκητες και ζύμες: κινητικές και βιοχημικές μελέτες”, Μεταδιδακτορική έρευνα Ι.Κ.Υ.

2007-2008: 05ΠΑΒ 105 (Π.Α.Β.Ε.Τ. 2005) με τίτλο “Αξιοποίηση γεωργο-βιομηχανικών υπολειμμάτων με την καλλιέργεια του μύκητα *Lentinula edodes* για παραγωγή μεταβολικών προϊόντων βιοτεχνολογικού ενδιαφέροντος”, Γ.Γ.Ε.Τ.

2008-2011: “Integrated bioconversion of glycerine into value-added products and biogas at pilot plant scale” (ακρωνύμιο: Propanergy), (Collaborative project, Theme 5: ENERGY, AREA ENERGY: Topic Energy.2007.3.3.2), FP7 E.E.

2011-2014: “Ανάπτυξη βιοδιυλιστηρίου για την αξιοποίηση υπολειμμάτων παραγωγής βιοντήζελ προς βιοαποικοδομήσιμα πολυμερή και προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας” (ακρωνύμιο: Bioref), Δράση Εθνικής εμβέλειας “ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ – Πράξη Ι”, Γ.Γ.Ε.Τ./Ε.Ε.

2013-2016: “Production of hydrolase enzymes and bifunctional monomers (1,3-PDO, 2,3-BDO and fumaric acid) in order to produce petrochemicals”, Βιομηχανία Petrobras (Brazil)

2014-2015: “Νέες βιοδιεργασίες παραγωγής μικροβιακών λιπιδίων χρησιμοποιώντας ακάθαρτη γλυκερόλη και κυτταρινούχα σάκχαρα” (ακρωνύμιο: Bio4oil), “Διμερής Ε. & Τ. Συνεργασία Ελλάδας-Γερμανίας 2013-2015”, Γ.Γ.Ε.Τ./Ε.Ε.

2017-τώρα: “Βιοτεχνολογική επεξεργασία και αξιοποίηση μιγμάτων υγρών αποβλήτων ελαιουργίας και ακάθαρτη βιομηχανικής γλυκερόλης προς παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας με χρήση στελεχών του ζυμομύκητα *Yarrowia lipolytica*”, Μεταδιδακτορική έρευνα Ι.Κ.Υ.

# Ομάδα Βιοδιεργασιών Τροφίμων και Βιοδιυλιστηρίων του Γ.Π.Α.

Επίκουρος Καθηγητής Αποστόλης Κουτίνας



Δρ Νικόλαος Κοψαχείλης

Δρ Αφροδίτη Χατζηφράγκου

Δρ Δημήτριος Σαρρής

Δρ Sidoine Sadjeu Tchakouteu

Δρ Βασιλική Καχριμανίδου

Δρ Μαρία Μετσοβίτη

Glycerol conversions (to be) continued by:

ΥΔ Σοφία Μάϊνα

ΥΔ Ευάγγελος Ξενόπουλος

ΥΔ Ροζανίνα Φιλιππούση

# Συνεργάτες ομάδας Βιοδιεργασιών Τροφίμων και Βιοδιωλιστηρίων του Γ.Π.Α.

Καθηγητής Γεώργιος Αγγελής



Δρ Wael Sabra



Καθηγητής An-Ping Zeng



Τακτικός Ερευνητής Αντώνης Φιλιππούσης

