

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΖΥΘΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΤΕΛΕΧΗ NON-SACCHAROMYCES ΖΥΜΩΝ

**Φ. Δρόσου^{1,2*}, Κ. Αναστασάκου¹, Ρ. Γιαννάτου², Ν. Μπέκος¹, Π. Ταταρίδης², Β. Ντουρτόγλου²,
Β. Ωραιπούλου¹**

¹Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

² Τμήμα Επιστημών Οίνου, Αμπέλου και Ποτών ΠΑΔΑ, Αθήνα, Ελλάδα

(*faihdr@hotmail.com)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια στον χώρο της ζυθοποιίας παρατηρείται μια αδιάκοπη έρευνα που αφορά στη βελτίωση και την αύξηση της αρωματικής πολυπλοκότητας των παραγόμενων προϊόντων. Κύριο αντικείμενο των ερευνών αυτών είναι οι ζυμομύκητες οι οποίοι μέσα από διαφορετικά μεταβολικά μονοπάτια είναι δυνατό να παράξουν ένα πλήθος ουσιών που επιδρούν στο αρωματικό προφίλ της μπύρας. Ένα σύνολο μικροοργανισμών που ανήκουν στην κατηγορία non-*Saccharomyces* μελετώνται τόσο για τη δυνατότητά τους να μεταβολίσουν τα βασικά σάκχαρα του ζυθογλεύκου, όσο και για τα αρωματικά που τελικά παράγουν, με σκοπό να αντικαταστήσουν ή ακόμη και να δουλέψουν σε συνδυασμό με τον συμβατικό ζυμομύκητα *S. cerevisiae*.

Στην παρούσα έρευνα, διάφορα στελέχη της *Torulaspora delbrueckii* (T.d.) καθώς και η *Metshnikowia pulcherrima* (M.p.) αξιολογήθηκαν για την παραγωγή ζύθου τύπου Pale Ale συγκρινόμενες με ένα στέλεχος *Saccharomyces cerevisiae* (S.c.). Πιο συγκεκριμένα, μονοκαλλιέργειες των *S.cerevisiae*, *T.delbrueckii* και *M.pulcherimma* χρησιμοποιήθηκαν για τη ζύμωση ζυθογλεύκου στους 20°C αλλά και στους 13°C. Το πείραμα διεξήχθη την πρώτη φορά σε ζυθογλεύκος με πυκνότητα 12.4 °P και pH 5.2 (ζύμωση στους 13°C), ενώ τη δεύτερη με 14,5 °P και 5.7 (ζύμωση στους 20°C), αντίστοιχα. Όλα τα στελέχη αποδείχθηκαν ικανά να ζυμώσουν το ζυθογλεύκος, αν και επέδειξαν βραδύτερο ρυθμό ζύμωσης. Επιπλέον, η φυσικοχημική ανάλυση των τελικών προϊόντων έδειξε διαφορές με τη χρήση διαφορετικών μικροοργανισμών. Κάποια από τα στελέχη παράγουν μεγαλύτερη συγκέντρωση ανώτερων αλκοολών, εστέρων κι άλλων πτητικών ενώσεων δίνοντας αρωματική και γευστική πολυπλοκότητα στο τελικό προϊόν.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ζύμες αποτελούν έναν από τους εγγενείς παράγοντες της ποιότητας του ζύθου λόγω της επίδρασής τους στη γεύση. Σήμερα, εκτός από τον *S.cerevisiae*, διαφορετικά είδη ζυμομυκήτων, γνωστά από την παραγωγή οίνων ως «άγριες ζύμες» ή non-*Saccharomyces*, χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση της γεύσης και του αρώματος. Ως εκ τούτου, αναζητώντας μεγαλύτερη διαφοροποίηση και πολυπλοκότητα για τα τελικά προϊόντα τους, ένας αριθμός μικροζυθοποιείων ακολούθησαν το παράδειγμα του αμπελοοινικού τομέα και πειραματίστηκαν με μη εμπορικά και εμπορικά non-*Saccharomyces* στελέχη^[1,2]. Το κύριο θέμα που πρέπει να εξεταστεί είναι εάν αυτοί οι ζυμομύκητες μπορούν να ζυμώσουν τα σάκχαρα του ζυθογλεύκου, με μέση σύνθεση 42% μαλτόζη, 10,5% μαλτοτριόζη, 8,5% γλυκόζη και φρουκτόζη και 4% σακχαρόζη^[1]. Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα είναι η ικανότητα αυτών των ζυμών για παραγωγή αιθανόλης^[3].

ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στόχος ήταν να αξιολογηθούν γνωστές non-*Saccharomyces* ζύμες του εμπορίου ως προς τη δυνατότητα παραγωγής ζύθου τύπου Pale Ale και τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν μονοκαλλιέργειες των *T. Delbrueckii*-Prelude (Hansen), *T. Delbrueckii*-Biodiva 291 (Lallemand) και *M.pulcherimma*-Flavia 346 (Lallemand) και συγκρίθηκαν με το συμβατικό ζυμομύκητα *S. Cerevisiae*-US-05 (Fermentis). Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν

σε δύο θερμοκρασίες, 20°C και 13°C, για να διερευνηθεί τυχόν διαφοροποίηση των αρωματικών συστατικών.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Παρασκευή ζυθογλεύκου

Για την παρασκευή 100 L ζυθογλεύκου χρησιμοποιήθηκαν 24 kg βύνης τύπου Pale Ale. Το ζυθογλεύκος χωρίστηκε σε παρτίδες 20 L, και κάθε παρτίδα εμβολιάστηκε με 11.5 g ξηρής ζύμης.

Αναλυτικές μέθοδοι

Μέτρηση σακχάρων ζυθογλεύκου με πλατόμετρο

Σε 100 mL δείγματος, αφαιρείται το διοξείδιο του άνθρακα με ανάδευση. Μετράται η πυκνότητα με το πλατόμετρο, δίνοντας αποτέλεσμα σε βαθμούς Plato.

Προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε αιθανόλη με απόσταξη

Ποσότητα δείγματος φιλτράρεται με διηθητικό χαρτί (απομάκρυνση CO₂). 100 mL από το διηθημένο δείγμα τοποθετείται στη φιάλη μαζί με αντιαφριστικό διάλυμα και αποστάζονται. Το απόσταγμα (≈70 mL) πληρώνεται μέχρι την χαραγή (100 mL) με απιονισμένο νερό και μετράται με αλκοολόμετρο στους 20 °C.

Μέτρηση ελεύθερου αζώτου αμινοξέων (Free Amino Nitrogen)

Σε δοκιμαστικούς σωλήνες μεταφέρονται 2 mL αραιωμένου δείγματος. Παράλληλα παρασκευάζονται 2 σωλήνες με 2 mL πρότυπου διαλύματος γλυκίνης και 2 mL απιονισμένου νερού. Σε όλα προστίθενται 1 mL από αντιδραστήριο νινυδρίνης. Όλα μαζί θερμαίνονται για 16 min και έπειτα ψύχονται για 20 min σε υδατόλουτρο. Στη συνέχεια, Προστίθενται 5 mL διαλύματος αραιώσεως και η μέτρηση γίνεται στο φωτόμετρο στα 570 nm. Υπολογίζεται:

$$FAN = \frac{\text{απορρόφηση δείγματος}}{\text{απορρόφηση του πρότυπου γλυκίνης}} \times 2 \times \text{βαθμός αραιώσεως} \quad (1)$$

Προσδιορισμός Πικράδας (Beer Bitterness)

Σε σωλήνα φυγοκέντρωσης προστίθενται 5 mL ζύθου, 0.5 mL δ/τος HCl 3 N και 10 mL ισοοκτανίου. Τα δείγματα τοποθετούνται σε μηχανικό shaker για 15 min και στη συνέχεια φυγόκεντρούνται στις 4000 rpm για 5 min. Αφού διαπιστωθεί ο διαχωρισμός των φάσεων, λαμβάνεται η πάνω φάση των δειγμάτων και μετριέται στο φωτόμετρο στα 275 nm.

$$\text{Υπολογίζεται: } IBU = Absorbance_{275} \times 50 \quad (2)$$

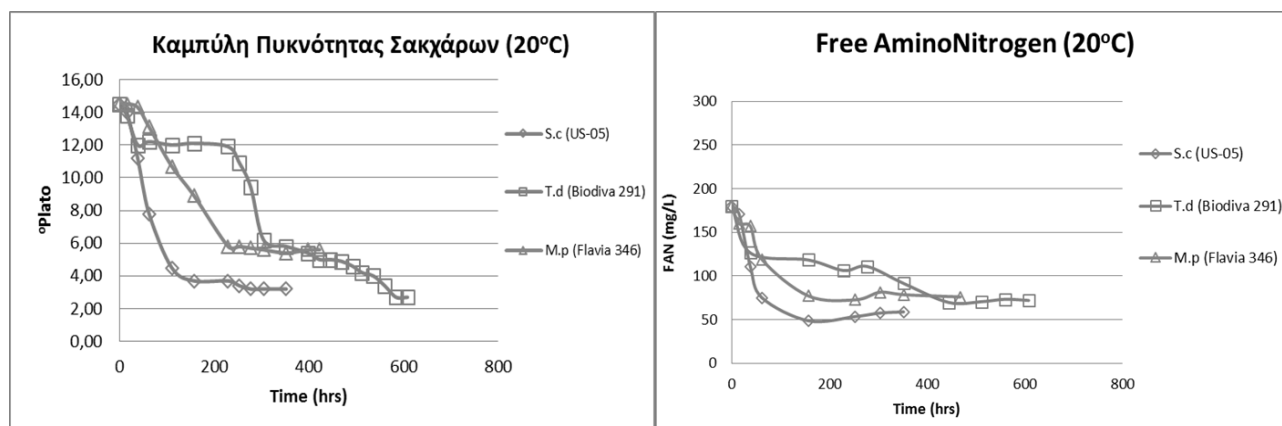
Προσδιορισμός χρώματος

Διαυγασμένο δείγμα φυγοκεντρείται και φιλτράρεται και στη συνέχεια φωτομετρείται στα 430 και 700 nm. Υπολογίζεται: $(A^{1/2}, 430 \text{ nm}) = 1.27 \times A_{430}$ και $(A^{1/2}, 700 \text{ nm}) = 1.27 \times A_{700}$ (3) και (4)

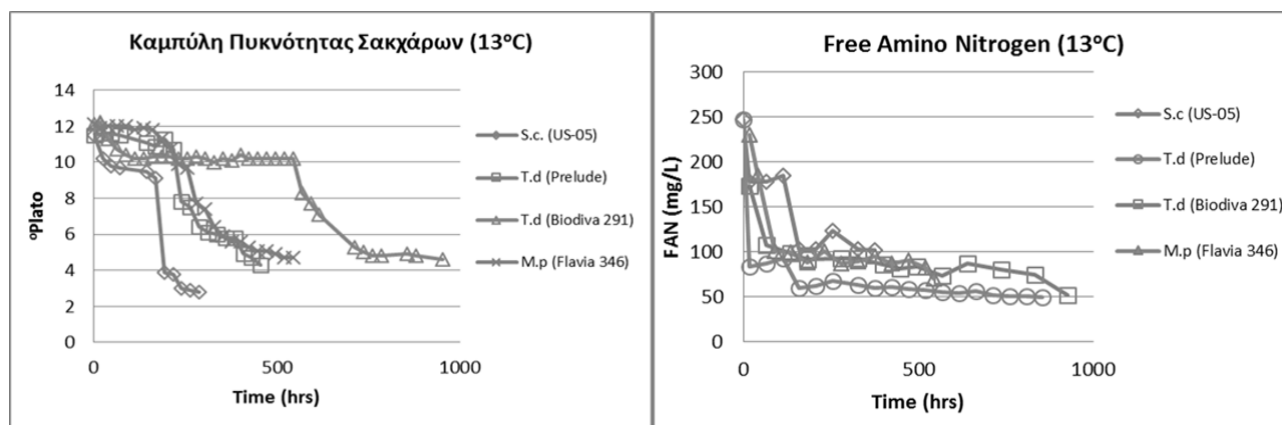
$$\text{Τελικά: Beer color} = 10 \times (A^{1/2}, 430 \text{ nm}). \quad (5)$$

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στα διαγράμματα 1 και 2 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη της μείωσης των σακχάρων και της κατανάλωσης αζώτου αμινοξέων κατά τη ζύμωση στους 20 °C και 13 °C, αντίστοιχα.



Σχήμα 1A και 1B. Καμπύλες μείωσης της πυκνότητας των σακχάρων και κατανάλωσης ελεύθερου αζώτου αμινοξέων (FAN) στο ζυμούμενο γλεύκος των διαφορετικών μικροοργανισμών (αρχική πυκνότητα 14.5 °P, θερμοκρασία ζύμωσης 20 °C).



Σχήμα 2A και 2B. Καμπύλες μείωσης της πυκνότητας των σακχάρων και κατανάλωσης ελεύθερου αζώτου αμινοξέων (FAN) στο ζυμούμενο γλεύκος των διαφορετικών μικροοργανισμών (αρχική πυκνότητα 12 °P, θερμοκρασία ζύμωσης 13 °C).

Συγκρίνοντας το ρυθμό κατανάλωσης σακχάρων στις δύο θερμοκρασίες ζύμωσης, είναι εμφανές ότι οι ζύμες δυσκολεύονται να προσαρμοστούν στη χαμηλή θερμοκρασία και, αναλόγως του στελέχους, χρειάζονται ακόμη και το διπλάσιο χρόνο προκειμένου να ολοκληρώσουν τη ζύμωση. Όσον αφορά στις διαφορές στον χρόνο ζύμωσης μεταξύ των διαφορετικών μικροοργανισμών, και στις δύο θερμοκρασίες ζύμωσης, πρώτα ολοκληρώνονται οι ζυμώσεις των *S. cerevisiae* και *M. pulcherrima* ενώ περισσότερο χρόνο χρειάστηκε η *T. delbrueckii*. Συγκεκριμένα φαίνεται ότι και τα δύο στελέχη *T. delbrueckii* κατάφεραν να μεταβολίσουν τα μικρά ποσοστά μονοσακχαριτών (γλυκόζη και φρουκτόζη) τις πρώτες δύο ημέρες της ζύμωσης, ενώ η κατανάλωση της μαλτόζης ξεκίνησε περίπου μετά από 300 h σε θερμοκρασία ζύμωσης 20°C και μετά από περίπου 500 h σε θερμοκρασία 13°C. Αξιοσημείωτη είναι και η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ των δύο στελεχών της *T. delbrueckii* στη χαμηλότερη θερμοκρασία ζύμωσης, όπου φαίνεται πως το στέλεχος Biodiva 291 χρειάζεται διπλάσιο χρόνο προσαρμογής πριν αρχίσει να μεταβολίζει τη μαλτόζη, ξεπερνώντας τις 500 h. Η *M. pulcherrima* και στα 2 πειράματα παρουσίασε σταθερή πυκνότητα σακχάρων για σχεδόν δύο ημέρες και στη συνέχεια σταθερό ρυθμό κατανάλωσης μέχρι τους 6^ο P έχοντας χαμηλότερο ρυθμό μεταβολισμού και στις δύο περιπτώσεις από του *S. cerevisiae*.

Σημαντική είναι επίσης η κατανάλωση του αζώτου, αφού το άζωτο παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των ζυμομυκήτων. Να σημειωθεί ότι η διαφορά στη αρχική

τιμή του ελεύθερου αζώτου αμινοξέων οφείλεται στις διαφορετικές παραγωγές ζυθογλεύκους. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούνται διαφορές ως προς την κατανάλωσή του στις δύο θερμοκρασίες ζύμωσης, με τους 13 °C να έχει τη μεγαλύτερη. Στην ίδια θερμοκρασία παρατηρείται επίσης, πως όλοι οι non-*Saccharomyces* ζυμομύκητες καταναλώνουν περισσότερο άζωτο από τη δεύτερη κιόλας ημέρα, γεγονός που υποδεικνύει την ανάγκη του οργανισμού για επιβίωση καθώς βρίσκεται σε χαμηλό θερμοκρασιακό περιβάλλον και παράλληλα πρέπει να διασπάσει τη μαλτόζη σε μονοσακχαρίτη, προκειμένου να πολλαπλασιαστεί. Το αντίθετο παρατηρείται στη ζύμωση των 20 °C, αφού ο *S. cerevisiae* είναι αυτός που δείχνει να έχει μεγαλύτερη απαίτηση σε άζωτο με τους non-*Saccharomyces* να καταναλώνουν περίπου 110 mg/L.

Πίνακας 1: Περιεκτικότητα αιθανόλης %(v/v) στους διαφορετικούς τύπους ζύθων στις δύο θερμοκρασίες ζύμωσης.

Μικροοργανισμός	Περιεκτικότητα σε αιθανόλη % (v/v)	
	Ζύμωση (20°C)	Ζύμωση (13°C)
<i>S. cerevisiae</i> -US-05	6.6	3.9
<i>T. delbrueckii</i> -Prelude	-	4.5
<i>T. delbrueckii</i> -Biodiva 291	6.2	3.9
<i>M. pulcherrima</i> -Flavia 346	5.2	4.0

Στη θερμοκρασία ζύμωσης των 20°C η περιεκτικότητα σε αιθανόλη στο τελικό προϊόν που ζυμώθηκε με *T. Delbrueckii*-Biodiva 291 είναι κοντά στην τιμή του συμβατικού ζυμομύκητα (Πίνακας 1). Στη χαμηλή θερμοκρασία ζύμωσης παρατηρείται χαμηλότερη παραγωγή αιθανόλης από όλους τους ζυμομύκητες, ενώ η ζύμωση με το στέλεχος *T. delbrueckii* -Prelude έφτασε το 4.5% (v/v) ξεπερνώντας ακόμη και τον *S. cerevisiae*.

Πίνακας 2: Τιμές πικράδας (IBU) στους διαφορετικούς τύπους ζύθων κατά το τέλος της ζύμωσης και μετά από έναν μήνα ωρίμανσης.

Μικροοργανισμός	IBU στο τέλος της ζύμωσης (20°C)	IBU στο τέλος της ζύμωσης (13°C)	IBU μετά από την ωρίμανση (20°C)	IBU μετά από την ωρίμανση (13°C)
<i>S. cerevisiae</i> -US-05	32.65±0.00	28,2±0.01	31.85±0.00	24.8±0.00
<i>T. delbrueckii</i> -Prelude	-	28,8±0.01	-	27.6±0.00
<i>T. delbrueckii</i> -Biodiva 291	34.54±0.00	24.4±0.00	33.06±0.00	23.45±0.00
<i>M. pulcherrima</i> -Flavia 346	36.52±0.01	25.1±0.01	34.31±0.00	22.8±0.00

Η μέτρηση της πικράδας στο τέλος της ζύμωσης και μετά από έναν μήνα ωρίμανσης, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, διαφέρει μεταξύ των μικροοργανισμών, ανεξαρτήτως της θερμοκρασίας ζύμωσης. Η μείωση που παρατηρείται μετά από ένα μήνα ωρίμανσης σε όλες τις ζυμώσεις οφείλεται στην οξείδωση των πικρικών οξέων του λυκίσκου. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τα επίπεδα πικράδας σε American Pale Ale μύρες είναι IBU=30-50, οι τιμές στη δική μας περίπτωση είναι λίγο χαμηλότερες ή κοντά στο κάτω όριο των τιμών αυτών. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι κατά τον βρασμό επιλέχθηκε να μην προστεθεί μεγάλη ποσότητα λυκίσκου ώστε να αναδειχθούν τα αρωματικά χαρακτηριστικά που προσφέρει στη μύρα ο κάθε μικροοργανισμός. Επιπλέον, παρατηρείται διαφορά όχι μόνο στις αρχικές τιμές πικράδας, το οποίο οφείλεται στη διαφορετική παραγωγή ζύθου, αλλά και μετά τον ένα μήνα ωρίμανσης, όπου ο ζύθος που

ζυμώθηκε στους 13° C έχει λιγότερη πικράδα, γεγονός που οφείλεται στο μικρότερο βαθμό εκχύλισης του λυκίσκου στο ζύθο.

Η αρχική τιμή χρώματος κατά τη φωτομετρική μέθοδο SRM και στις δύο ζυμώσεις ήταν παρόμοιες με τις τιμές της χαμηλής θερμοκρασίας ζύμωσης να είναι λίγο μικρότερες. Οι διαφορές αυτές, οφείλονται στη διαφορετική ταχύτητα καθίζησης που παρουσιάζουν τα διαφορετικά στελέχη ζυμών (flocculation). Είναι γνωστό ότι ο *S.cerevisiae* καθιζάνει εύκολα, συμπαρασύροντας και άλλα μεγαλομόρια καθιστώντας έτσι το τελικό προϊόν λιγότερο θολό και σε αυτό συνδράμει και η θερμοκρασία (χαμηλότερη θερμοκρασία, μικρότερη διαλυτότητα των ουσιών).

Πίνακας 4: Οι ουσίες που παρήχθησαν από τους διαφορετικούς μικροοργανισμούς σε θερμοκρασία ζύμωσης 20°C.

Ενώσεις	Συγκέντρωση (mg/L)			
	<i>S. cerevisiae</i> US-05	<i>T. delbrueckii</i> Prelude	<i>T. delbrueckii</i> Biodiva 291	<i>M.pulcherrima</i> Flavia 346
Isoamyl alcohol Μπανάνα	5.83 ± 0.48	4.12 ± 0.11	8.07 ± 0.67	6.91 ± 0.84
Active amyl alcohol Γλυκό, αλκοολικό	1.97 ± 0.16	1.85 ± 0.11	TRACES	2.10 ± 0.14
Phenylethyl Alcohol Τριαντάφυλλο	9.19 ± 0.54	13.14±0.25	9.73 ± 0.44	7.48 ± 0.14
Tryptophol Αμύγδαλο	3.33 ± 0.36	0.80 ± 0.06	2.16 ± 0.04	0.61 ± 0.56
Isobutyric acid Φράουλα	0.58 ± 0.03	NOT DETECTED	0.25 ± 0.01	0.03 ± 0.03
Ethyl caproate Μήλο, γλυκάνισος	NOT DETECTED	TRACES	0.11 ± 0.00	0.16 ± 0.05
Ethyl caprylate Βερίκοκο, αχλάδι	0.07 ± 0.05	NOT DETECTED	0.10 ± 0.02	0.97 ± 0.00
Phenylethyl acetate Μπανάνα, μήλο, μέλι	NOT DETECTED	0.06 ± 0.02	0.30 ± 0.03	0.20 ± 0.01
2-Methoxy-4-vinylphenol Ξύλο, κέδρο, φιστίκι	NOT DETECTED	NOT DETECTED	0.18 ± 0.02	0.16 ± 0.02
Methionol Μαγειρεμένα λαχανικά	NOT DETECTED	NOT DETECTED	0.11 ± 0.01	0.02 ± 0.02

Τέλος με την χρήση αέριας χρωματογραφίας καταγράφηκαν οι ουσίες που παρήχθησαν από τον κάθε μικροοργανισμό και παρουσιάζουν οργανοληπτικό ενδιαφέρον, και τα αποτελέσματα για θερμοκρασία ζύμωσης 20°C δίνονται στον Πίνακα 4. Όσον αφορά στις αλκοόλες που ανιχνεύθηκαν στους ζύθους, το αρωματικό προφίλ διαμορφώνεται κυρίως από την ισοαμυλική και την ενεργή αμυλική αλκοόλη, την φαινυλαιθανόλη και την τρυπτοφόλη. Υψηλότερη συγκέντρωση φαινυλαιθανόλης παρατηρείται στην περίπτωση του ζύθου που ζυμώθηκε από την *T. Delbrueckii*-Prelude (13.14±0.25 mg/L), ενώ σημαντικά υψηλές συγκεντρώσεις τρυπτοφόλης εμφανίζονται στην περίπτωση του *S. cerevisiae* και της *T. delbrueckii* -Biodiva 291. Το σύνολο των οξέων που ανιχνεύθηκαν βρίσκονται σε ίχνη ή σε συγκεντρώσεις χαμηλότερες του ορίου ανίχνευσης. Εξαιρεση αποτελεί το ισοβουτυρικό οξύ, το οποίο έχει όριο ανίχνευσης 0.23 mg/L και χαρακτηριστικά γλυκά αρώματα φράουλας, και εμφανίζεται στους ζύθους που ζυμώθηκαν από τους *S. cerevisiae* και *T. Delbrueckii*-Biodiva 291 σε συγκεντρώσεις 0.58 και 0.25 mg/L αντίστοιχα. Στην περίπτωση της *T. Delbrueckii*-Prelude δεν ανιχνεύθηκαν συγκεντρώσεις οξέων παρά μόνο σε ίχνη. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί στον Πίνακα 4, ανιχνεύθηκε ένας σημαντικός αριθμός εστέρων. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι συγκεντρώσεις του καπροϊκού αιθυλεστέρα, καπρυλικού

αιθυλεστέρα και οξικού φαινυλαιθυλεστέρα, στις μύρες που παράχθηκαν από τις δύο μη συμβατικές ζύμες, οι οποίοι προσδίδουν αρώματα όπως μήλο, γλυκάνισο, βερίκοκο, μπανάνα, μπράντυ, αχλάδι και μέλι. Συγκεκριμένα στην περίπτωση της *M. pulcherrima* παρατηρείται πολύ υψηλή παραγωγή καπρυλικού αιθυλεστέρα (0.97mg/L). Ακόμη σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις, αλλά χαμηλότερες του ορίου ανίχνευσης, εμφανίζεται ο οξικός ισοαμυλεστέρας στο σύνολο των δειγμάτων ο οποίος επίσης χαρακτηρίζεται από φρουτώδη αρώματα.

Ομοίως, στη χαμηλή θερμοκρασία ζύμωσης το αρωματικό προφίλ των non-*Saccharomyces* δείχνει ότι οι τελευταίοι συνέβαλαν στην πολυπλοκότητα των αρωμάτων στα τελικά προϊόντα, με την *T. delbrueckii* να προσδίδει περισσότερα αρώματα από την *M. pulcherrima*. Πιο συγκεκριμένα, τα κυρίαρχα αρώματα ήταν αυτά των φρούτων, λόγω των αλκοολών φαινυλαιθανόλης, ισοαμυλικής αλκοόλης και τρυπτοφύλης και των εστέρων φαινυλαιθυλικού και καπρυλικού. Η ζύμωση στους 13°C έδειξε πώς διατηρούνται καλύτερα οι παραγόμενες αρωματικές ενώσεις, καθώς παράχθησαν περισσότερες από ότι στις ζυμώσεις που έγιναν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνολικά παρατηρείται ότι οι δυο non-*Saccharomyces* μικροοργανισμοί που μελετήθηκαν έχουν τη δυνατότητα μεταβολισμού της μαλτόζης, με διαφορετικούς ρυθμούς. Ο ρυθμός ζύμωσης των σακχάρων του ζυθογλεύκου από την *M. pulcherimma* βρέθηκε λίγο βραδύτερος από αυτόν του *S.cerevisiae* ενώ η *T. delbrueckii* απαιτεί περισσότερο χρόνο για την ενεργοποίηση της μαλτάσης. Ανάλογα με το στέλεχος της *T. delbrueckii* ο χρόνος αυτός μπορεί να διαφέρει από λίγες ώρες μέχρι και εβδομάδες. Όσον αφορά στα τελικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων ζύθων προκύπτει ότι η *M. pulcherimma* αφήνει σχετικά υψηλότερα ποσοστά αζύμωτων σακχάρων, ενώ ταυτόχρονα δίνει προϊόντα με πιο έντονη πικράδα. Οι μελετώμενες non-*Saccharomyces* ζύμες έχουν την δυνατότητα παραγωγής ενός πλήθους αρωματικών ουσιών, διαμορφώνοντας ένα πολύπλοκο αρωματικό προφίλ με ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Michel M., Kopecka J., Meier-Dornberg T., Zarnkow M., Jacob F., Hutzler M. *Yeast* 33 (2016)129-144.
- [2] Tataridis, P., Kanelis, A., Logothetis, S., Nerancis, E. *Zb. Matitse Srp. Prir. Nauke.* 124 (2013) 415-426.
- [3] Lam F, Ghaderi A, Fink G, Stephanopoulos G. *Science* 346 (2014) 71–75