

# ΕΝΖΥΜΙΚΗ ΔΙΑ-ΕΣΤΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΛΙΠΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΙΩΝ ΜΕΣΑ ΣΕ ΜΙΚΡΟΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΑ

ΑΡΗΣ ΞΕΝΑΚΗΣ

Κέντρο Βιολογικών Ερευνών, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, Αθήνα

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η δια-εστεροποίηση των λιπών και των ελαίων είναι μια από τις επεξεργασίες βελτίωσης που απασχολεί πολλές βιομηχανίες τροφίμων. Η κλασική μέθοδος της χημικής κατάλυσης που ακολουθείται, έχει πολλά μειονεκτήματα, όπως η έλλειψη εξειδίκευσης και το μεγάλο ενεργειακό κόστος. Αντίθετα η χρήση ενζύμων, όπως οι εξειδικευμένες λιπάσες εξασφαλίζει την παρασκευή συγκεκριμένων τριγλυκεριδίων με μεγάλη απόδοση. Το πρόβλημα της ετερογενούς καταλύσεως (υποστρώματα λιποδιαλυτά και ένζυμο υδατοδιαλυτό) λύνεται κάνοντας την αντίδραση μέσα σε μικρογαλακτώματα. Η χρήση αυτών των θερμοδυναμικά σταθερών μικροδιασπορών νερού μέσα σ' έναν οργανικό διαλύτη, αυξάνει τη μεσεπιφάνεια μεταξύ των τριγλυκεριδίων και του ενζύμου, αυξάνοντας την απόδοση της αντιδράσεως. Ένα άλλο χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών είναι η δυνατότητα που παρέχουν για τη διεξαγωγή φασματοσκοπικών μελετών.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα σημαντικότατο τμήμα της βιομηχανίας τροφίμων είναι εκείνο που αφορά στα λίπη και στα έλαια. Είναι γνωστή η σημασία των συστατικών αυτών στη διατροφή του ανθρώπου, τόσο για τις προσφερόμενες θερμίδες όσο και για το ρόλο που έχουν σαν μεταφορείς ορισμένων βιταμινών, όπως των Α, D, Ε, Κ. Παράλληλα είναι η πηγή διαφόρων σημαντικών λιπαρών οξέων, όπως του λινελαϊκού, του λινολενικού ή του αρα-

χιδονικού οξέος. Λόγω της βελτίωσης της γεύσης που προκαλούν, χρησιμοποιούνται υπό διάφορες μορφές σε μια μεγάλη ποικιλία τροφών.

Το κύριο συστατικό των λιπών και των ελαίων είναι τα τριγλυκερίδια (τριεστέρες της γλυκερόλης με λιπαρά οξέα). Οι φυσικές ιδιότητές τους εξαρτώνται από α) το μήκος των αλυσίδων των λιπαρών οξέων, β) το βαθμό κορεσμού και γ) από την κατανομή των λιπαρών οξέων μεταξύ των τριών υδροξυλίων της γλυκερόλης. Οι εφαρμογές κάθε λίπους ή ελαίου περιορίζονται από τις συγκεκριμένες φυσικές ιδιότητές του (π.χ. στερεό ή υγρό). Για την αύξηση των δυνατοτήτων χρήσης τους εφαρμόζονται τεχνικές όπως η κλασμάτωση, η υδρογόνωση, η σύνθεση, η διαεστεροποίηση, ή και συνδυασμοί αυτών. Έτσι με την κλασμάτωση διαχωρίζεται η λιπαρή ουσία σ' ένα υγρό και ένα στερεό κλάσμα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεξάρτητα. Με την υδρογόνωση αυξάνεται ο βαθμός κορεσμού των λιπαρών αλυσίδων μετατρέποντας ένα υγρό έλαιο σε στερεό. Τέλος η διαεστεροποίηση μεταβάλλει την αρχική κατανομή των λιπαρών οξέων μεταξύ των τριών υδροξυλίων της γλυκερόλης, με αποτέλεσμα την αλλαγή της συμπεριφοράς (π.χ. τήξη, κρυστάλλωση) του τελικού προϊόντος.

Οι μετατροπές αυτές παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις βιομηχανίες λιπαρών ουσιών (έλαια, μαργαρίνες), σοκολατοποιίας-ζαχαροπλαστικής, γαλακτοκομικών προϊόντων (βούτυρα) ή και διαιτητικών προϊόντων.

Η σύνθεση και η διαεστεροποίηση (inter- και trans-esterification) γίνονται με χημικές μεθόδους, που όμως έχουν αρκετά μειονεκτήματα, όπως έλλειψη εξειδίκευσης, μεγάλη κατανάλωση ενέργειας, κ.ά. Μια μικροβιολογική βιοσύνθεση από την άλλη μεριά, εμποδίζεται ουσιαστικά από τις χαμηλές αποδόσεις και από τη δυσκολία καθαρισμού του τελικού προϊόντος. Ένας τρίτος τρόπος διαεστεροποίησης των τριγλυκερίδων είναι η ενζυμική κατάλυση.

### **Ένζυμα σε βιομηχανίες τροφίμων**

Η χρήση ενζύμων σε βιομηχανίες παρουσιάζει μια σειρά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις κλασικές χημικές διεργασίες. Αναφέρουμε για παράδειγμα 1) την εξειδίκευση, η οποία επιτρέπει τον έλεγχο των προϊόντων και την αύξηση της απόδοσης, αφού παράγονται λιγότερα παραπροϊόντα, 2) τις ήπιες συνθήκες αντίδρασης, που μεταφράζεται σε οικονομία ενέργειας και σε μικρότερες απαιτήσεις σε εγκαταστάσεις, 3) το μικρότερο κόστος επεξεργασίας αποβλήτων.

Στις βιομηχανίες τροφίμων χρησιμοποιούνται ένζυμα στη ζαχαροποιία με βάση το καλαμπόκι (αμυλάσες), (1), στην βιομηχανία παραγωγής χυμών φρούτων (πηκτινάσες) (2), στην τυροκομία (ρενίνες) (3). Αντίθετα στον τομέα των λιπών και των ελαίων η χρήση των ενζύμων είναι ακόμα

περιορισμένη λόγω της αντίληψης που επικρατούσε ότι τα ένζυμα δρουν μόνο σε ομογενές υδατινο περιβάλλον, αποκλείοντας έτσι την κατάλυση υδρόφοβων ενώσεων. Επίσης οι λιπάσες είναι σχετικά λίγο μελετημένες λόγω των δυσκολιών που αντιμετωπίζει η εξέταση της δράσης και της δομής σε πολυφασικά συστήματα.

Έτσι οι μόνες χρήσεις λιπασών σε βιομηχανίες που αναφέρονται (4), είναι για την ανάπτυξη ορισμένων αρωμάτων σε τυριά (με την απελευθέρωση συγκεκριμένων λιπαρών οξέων) (5) και η βελτίωση της γεύσης ορισμένων τροφών για σκύλους, με μερική απολίπωση του ζωικού λίπους που χηρσιμοποιείται (6).

### Λιπάσες

Οι λιπάσες γενικά καταλύουν ένα μεγάλο αριθμό εστέρων των λιπαρών οξέων εμφανίζοντας ιδιαίτερα μια μεγάλη εξειδίκευση για τριγλυκεριδικά υποστρώματα. Οι λιπάσες κατατάσσονται σε τρεις γενικές κατηγορίες αναλόγως της εξειδίκευσής τους (7). Έτσι έχουμε (σχ. 1): 1) τις μη εξειδικευμένες λιπάσες, που καταλύουν την ολική υδρόλυση των τριγλυκεριδίων προς γλυκερόλη και ελεύθερα λιπαρά οξέα, παράγοντας όμως και μια σειρά ενδιάμεσων προϊόντων, όπως δι- και μόνο- γλυκερίδια. 2) τις λιπάσες που καταλύουν τους εστερικούς δεσμούς σε θέσεις 1,3 της γλυκερόλης δίνοντας ελεύθερα λιπαρά οξέα, 1,2(2,3)-δι-γλυκερίδια και 2-μονογλυκερίδια, τα οποία όμως μετατρέπονται, λόγω χημικής αστάθειας, σε 1,3 δικλυκερίδια και 1(3) μονογλυκερίδια που με τη σειρά τους υδρολύονται προς μόνο ελεύθερα λιπαρά οξέα και γλυκερόλη. 3) τις λιπάσες που καταλύουν εστερικούς δεσμούς ορισμένων μόνο λιπαρών οξέων ή αλκοολών.

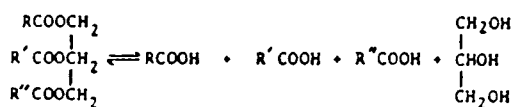
Οι αντιδράσεις αυτές είναι αντιστρεπτές, επιτρέποντας τη σύνθεση γλυκεριδίων από λιπαρά οξέα και γλυκερόλη. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η δια-εστεροποίηση κατά την οποία έχουμε ανταλλαγή ενός από τα λιπαρά οξέα του τριγλυκεριδίου με ένα άλλο λιπαρό οξύ του αντιδρώντος μείγματος, δίνοντας ένα νέο τριγλυκερίδιο (σχ.2). Χρησιμοποιώντας εξειδικευμένες λιπάσες μπορούμε να παρασκευάσουμε τριγλυκερίδια με συγκεκριμένα λιπαρά οξέα, κατάλληλα κατανομημένα μεταξύ των υδροξυλίων της γλυκερόλης. Πετυχαίνουμε έτσι την παρασκευή προϊόντων υψηλής αξίας με ελαχιστοποίηση του κόστους απομόνωσής τους, σε σχέση με τις μεθόδους της χημικής κατάλυσης.

Για τη διεξαγωγή των αντιδράσεων δια-εστεροποίησης πρέπει η ενεργότητα του νερού να είναι πολύ περιορισμένη. Αυτό παρουσιάζει πολλά διαδικαστικά προβλήματα που έχουν σχέση με την ετερογένεια του αντιδρώντος μείγματος (υποστρώματα λιποδιαλυτά και ένζυμο υδατοδιαλυτό). Μια λύση είναι η διεξαγωγή της αντίδρασης με ετερογενή κατάλυση χρησιμοποιώντας το ένζυμο υπό στερεή μορφή (έχοντας εξασφαλίσει την κατάλληλη διαμόρφωση) μέσα σ' έναν οργανικό διαλύτη όπου βρί-

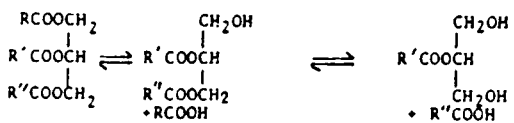
σκεται το υπόστρωμα (8). Η μέθοδος αυτή αν και δίνει αποτελέσματα παρουσιάζει ορισμένες βασικές αδυναμίες παραλαβής των προϊόντων, αλλά και μελέτης της δομής και της δράσης του ενζύμου κατά την κατάλυση.

Ένας άλλος τρόπος που αναπτύσσεται πρόσφατα είναι η διεξαγωγή της ενζυμικής αντίδρασης μέσα σε μικρογαλακτώματα, όπως περιγράφεται αναλυτικά πιο κάτω.

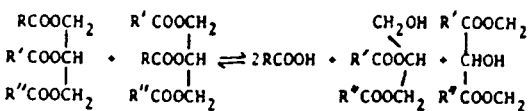
(1) Μη εξειδικευμένη λιπάση



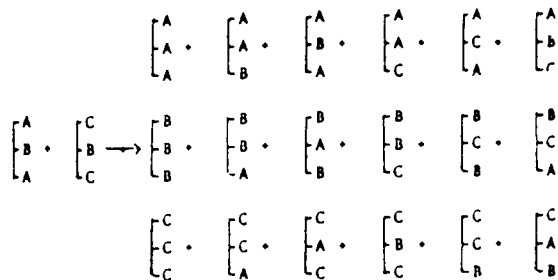
(2) 1,3 εξειδικευμένη λιπάση



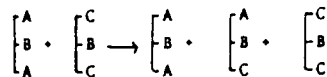
(3) Λιπάση εξειδικευμένη ως προς λιπαρό οξύ



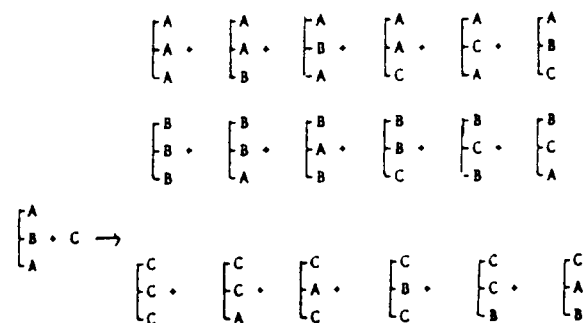
(1) Διεστεροποίηση (trans esterification)



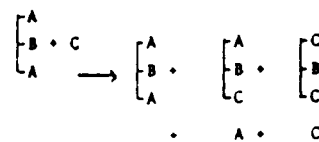
Με 1,3 εξειδικευμένη λιπάση



(2) Διεστεροποίηση με ελεύθερο λιπαρό οξύ (interesterification)



Με 1,3 εξειδικευμένη λιπάση



Σχήμα 1. Προϊόντα καταλυτικής υδρόλυσης τριγλυκεριδίων

Σχήμα 2. Προϊόντα δια-εστεροποίησης τριγλυκεριδίων

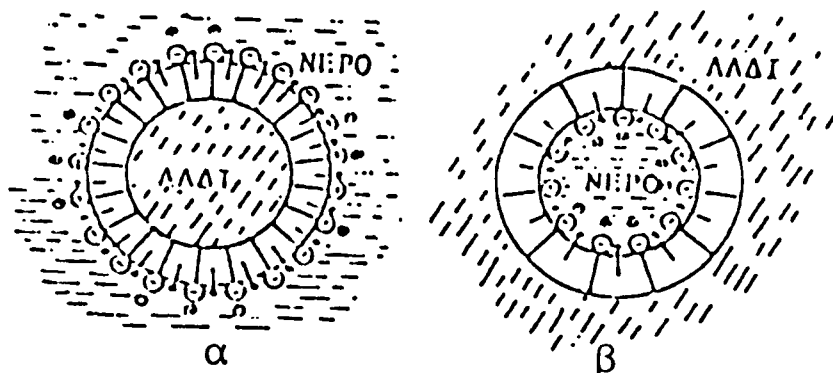
## Μικρογαλακτώματα

Σαν μικρογαλακτώματα μπορούμε να ορίσουμε τα συστήματα νερού, ελαίου (υδρόφοβου διαλύτη) και επιφανειακά ενεργών ουσιών (surfactants), που σχηματίζουν ένα υγρό διάλυμα, οπτικά ισότροπο και θερμοδυναμικά σταθερό (9). Όπως φαίνεται από τη διεθνή βιβλιογραφία των τελευταίων χρόνων, η μελέτη των συστημάτων αυτών έχει πάρει μεγάλη έκταση. Το κύριο χαρακτηριστικό των μορίων που επιτρέπουν την πραγματοποίηση τέτοιων «διαλυμάτων» (λεπτότατες διασπορές νερού μέσα σε έλαιο ή ελαίου μέσα σε νερό) είναι αμφίφιλος χαρακτήρας τους που τους προσδίδει μια συγγένεια τόσο με υδατικά περιβάλλοντα, όσο και με λιπιδικά.

Αναλόγως των ποσοτήτων των συστατικών, μπορούμε να έχουμε μικρογαλακτώματα με διαφορετικές δομές. Έτσι έχουμε τα μικρογαλακτώματα ελαίου μέσα σε νερό (o/w), (σχ. 3α), που αποτελούνται από σταγονίδια λαδιού, σχήματος γενικά σφαιρικού περικυκλωμένα από μια μονοστιβάδα μορίων της επιφανειακά ενεργής ουσίας ενώ το νερό αποτελεί τη συνεχή φάση. Τα μόρια της επιφανειακά ενεργής ουσίας είναι προσανατολισμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι υδρόφιλες κεφαλές να είναι σ' επαφή με το νερό, ενώ οι υδρόφιλες αλειφατικές αλυσίδες απλώνονται στο εσωτερικό των σταγονιδίων, όπου βρίσκεται το έλαιο. Αντίστροφα στα μικρογαλακτώματα νερού μέσα σε έλαιο (w/o) (σχ. 3β) την εξωτερική φάση αποτελεί το έλαιο, ενώ το νερό βρίσκεται στη καρδιά των σταγονιδίων σχηματισμένων από τα αμφίφιλα μόρια, που όμως έχουν αντίθετο προσανατολισμό (οι πολικές κεφαλές προς το εσωτερικό και οι αλειφατικές αλυσίδες προς τη συνεχή φάση). Οι μελέτες δομής των συστημάτων αυτών έδειξαν ότι τα σταγονίδια έχουν ακτίνες που κυμαίνονται από λίγες δεκάδες έως μερικές εκατοντάδες Å, ανάλογα με το εξεταζόμενο σύστημα και ότι υπάρχει μια σχετική ομοιομορφία των μεγεθών των σταγονιδίων για κάθε μικρογαλακτώμα (monodispersity) (10).

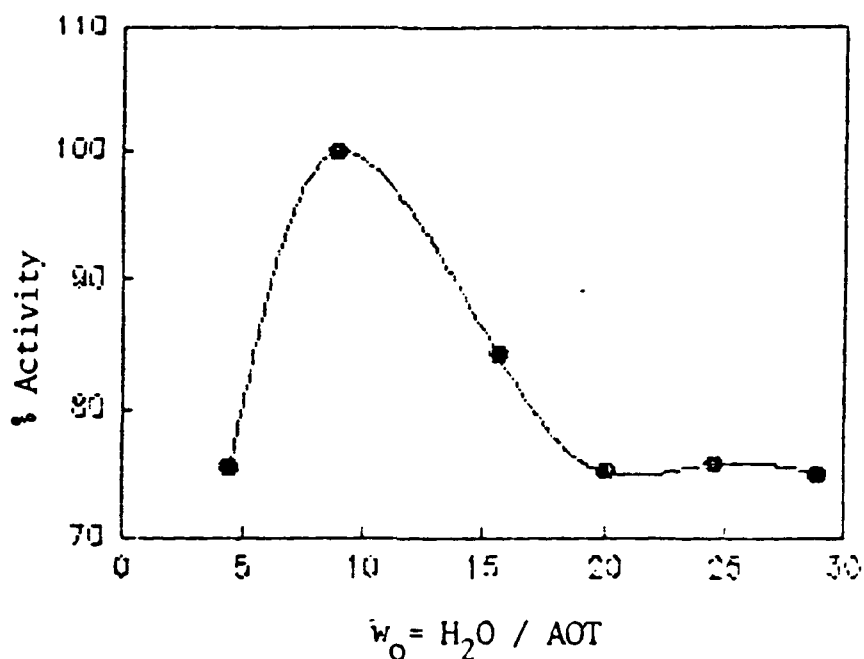
Το ενδιαφέρον που εμφανίζουν τα μικρογαλακτώματα πηγάζει τόσο από τις θεωρητικές προεκτάσεις της μελέτης τους, όσο και από το μεγάλο αριθμό πρακτικών εφαρμογών τους σε διάφορους τομείς. Αναφέρουμε ενδεικτικά τη βελτιωμένη εξόρυξη πετρελαίου (11), τη παραγωγή χημικής ενέργειας από τη διάσπαση του νερού (12), την υγρή εκχύλιση των μετάλλων (13), τη χρήση τους για την πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων (14).

Στον τομέα της βιοτεχνολογίας (10) τα μικρογαλακτώματα w/o (ή αντίστροφα μικύλλια) προσφέρουν μια σειρά από δυνατότητες εφαρμογής, που στηρίζονται στη δυνατότητα διαλυτοποίησης βιομορίων (όπως π.χ. ενζύμων) μέσα στη διασπαρμένη υδατινή φάση. Οι ιδιότητες της μικροφάσης αυτής διαφέρουν σημαντικά από τις ιδιότητες των απλών υδατικών διαλυμάτων και τείνουν προς τις ιδιότητες του ενδοκυτταρικού νε-



Σχήμα 3. Πρότυπα δομής μικρογαλακτώματων

- α) Μικρογαλάκτωμα ο/w
- β) Μικρογαλάκτωμα w/o.



Σχήμα 4. Μεταβολή της δραστηριότητας της λιπάσης μέσα σε μικρογαλακτώματα νερού σε ισοοκτάνιο AOT συναρτήσει του λόγου ενυδατώσεως  $w_0$ .

ρού, με αποτέλεσμα το βιομόριο να συμπεριφέρεται διαφορετικά.

Από τις μέχρι σήμερα μελέτες ενζύμων σε μικρογαλακτώματα μπορούμε να διατυπώσουμε, ότι σε γενικές γραμμές:

1. Τα ένζυμα διατηρούν τις καταλυτικές τους ιδιότητες σε παρεμφερή βαθμό με τα υδατικά διαλύματα.

2. Δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στην κινητική και η συμπεριφορά κατά Michaelis-Menten εξακολουθεί να ισχύει και στο συγκεκριμένο μικροπεριβάλλον.

3. Η δραστηριότητα εξαρτάται από το βαθμό ενυδατώσεως  $w_o$  ( $w_o = [H_2O] / [\text{surfactant}]$ ) των μικυλλίων, είναι δε μέγιστη σε μικρές τιμές του  $w_o$  (περίπου 10) και όχι σε μεγαλύτερες όπως, ίσως, περίμενε κανείς.

4. Μπορούν να γίνουν ενζυμικές αντιδράσεις και με υποστρώματα αδιάλυτα στο νερό, αφού μπορούν να βρίσκονται στην συνεχή οργανική φάση και να έρχονται σε επαφή με το ένζυμο διαμέσου της μεμβράνης των μικυλλίων, και τέλος

5. Η σταθερότητα των ενζύμων γενικά συγκρίνεται με τη σταθερότητά τους στο νερό, ενώ μειώνεται όταν το  $w_o$  μεγαλώνει (όπως και η ενζυμική δραστηριότητα).

### Λιπάσες σε μικρογαλακτώματα

Μεταξύ των ενζυμικών συστημάτων που μελετώνται μέσα σε μικρογαλακτώματα είναι και οι λιπάσες (15,16). Οι περισσότερες μελέτες αφορούν την εξέταση της υδρόλυσης τριγλυκεριδίων από διαφορετικής προέλευσης ένζυμα. Η χρήση μικρογαλακτωμάτων επέτρεψε τη διεξαγωγή κινητικών πειραμάτων και τον προσδιορισμό κινητικών σταθερών ( $K_M$ ) για πρώτη φορά στην περίπτωση των λιπασών.

Έτσι χρησιμοποιώντας ένα μικρογαλακτώμα νερού μέσα σε ισοοκτάνιο με επιφανειακά ενεργή ουσία το AOT (2-bis-ethylhexylsulfosuccinate sodium salt) η υδρόλυση της τριελαΐνης από λιπάση *Rhizopus delemar* ακολουθεί κινητική κατά Michaelis-Menten με  $K_M = 150$  mM. Το είδος του μικρογαλακτώματος παίζει σημαντικό ρόλο στην κατάλυση, αφού το μέγεθος των μικυλλίων όπως εκφράζεται από το λόγο  $w_o = [H_2O] / [AOT]$  επηρεάζει τη δραστηριότητα του ενζύμου (σχ. 4). Τα αποτελέσματα αυτά (17) συμφωνούν με αντίστοιχα πειράματα με διαφορετικής προέλευσης λιπάσες (15).

Η χρήση μικρογαλακτωμάτων, με την οπτική διαύγεια που έχουν τα συστήματα αυτά, επιτρέπει παράλληλα τη διεξαγωγή και φασματοσκοπικών μελετών. Έτσι έχουν γίνει ορισμένα πειράματα απορρόφησης και φθορισμού με τη χρήση ειδικών ιχνηθετών, όπως η εοσίνη και η φλουοροσκεΐνη (18), που έδειξαν μια μικρή μετατόπιση της κορυφής απορρόφησης κατά 2 nm. Η μεταβολή αυτή αποδίδεται στη μικρότερη πολικότητα, που έχει το νερό γύρω από το ένζυμο και στο ότι το βιομόριο εντοπίζεται κοντά στη μεμβράνη των μικυλλίων.

Μειώνοντας την ποσότητα της διεσπαρμένης υδάτινης φάσης, μειώνεται και το μέγεθος των μικυλλίων. Στην περίπτωση αυτή μπορούμε να οδηγήσουμε την κατάλυση προς την αντίστροφη πορεία της δια-εστεροποίησης. Πράγματι οι πρώτες μελέτες (19) έδειξαν τη δυνατότητα πραγματοποίησης μιας τέτοιας ασυνήθιστης αντίδρασης μέσα σε μικρογαλακτώματα. Έτσι επιτύχθηκε η δια-εστεροποίηση μείγματος τριελαΐνης-τριεννανοΐνης και τριελαΐνης-τριεπτανοΐνης σε ποσοστό 40% και η ε-

στεροποίηση επτανόλης και ελαϊκού οξέος σε ποσοστό 100%, ενώ η αντίστοιχη αντίδραση με χημική κατάλυση, πέρα από τα ήδη αναφερθέντα μειονεκτήματα, έχει απόδοση μικρότερη του 70%.

Οι πιθανές μεταβολές της δομής και της διαμόρφωσης της λιπάσης κατά την κατάλυση της δια-εστεροποίησης μέσα σε μικρογαλακτώματα, μπορούν να παρακολουθηθούν φασματοσκοπικά. Μια σημαντική τεχνική είναι η φασματοσκοπία ηλεκτρονικού παραμαγνητικού συντονισμού (EPR) που έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για τέτοιες μελέτες μέσα σε μικρογαλακτώματα (20). Χρησιμοποιώντας ιχνηθετημένα υποστρώματα μπορεί να ελεγχθεί η πολικότητα του περιβάλλοντος του ενεργού κέντρου, προσδιορίζοντας έτσι την ακριβή θέση του.

Η κατανόηση της λειτουργίας του ενζύμου στο συγκεκριμένο μικροπεριβάλλον θα βοηθήσει στη βελτιστοποίηση των συνθηκών της αντίδρασης της δια-εστεροποίησης σε μεγαλύτερη κλίμακα ώστε να είναι δυνατή η βιομηχανική εφαρμογή της.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. R. V. Mac Allister, E. K. Wardrip, B. J. Schnyder. «Enzymes in food processing», ed. G. Reed, Academic Press, New York (1975).
2. A. Kilara. *Process Biochem.*, July/August, 35 (1982).
3. G. H. Richardson, «Enzymes in food processing», ed G. Reed, Academic Press, New York (1975).
4. L. H. Posorske, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **61**, 1758 (1984).
5. R. G. Arnold, K. M. Shahani, B. K. Dwivedi, *J. Dairy Sci.* **58**, 1127 (1975).
6. G. J. Haas, J. C. Lugay, US Patent N° 3857968 (1974).
7. A. R. MacRae, *J. Am. Oil Chem Soc.*, **60**, 291 (1983).
8. A. Zaks, A. M. Klivanov, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* **81**, 392 (1985).
9. I. Danielsson, B. Lindman, *Colloids Surf.*, **3**, 391 (1982).
10. Α. Ξενάκης, *Χημ. Χρον.* (1988) in press.
11. D. O. Shah και R. Schechter, «Improved Oil Recovery by Surfactant and Polymer Flooding», Academic Press, New York (1977).
12. J. Kiwi και M. Gratzel, *J. Am. Chem. Soc.* **100**, 6314. (1978).
13. C. Tondre και A. Xenakis, *Faraday Disc. Chem. Soc.*, **77**, 115 (1984).
14. R. A. MacKay, *Adv. Colloid Interface Sci.*, **15**, 131 (1981).
15. D. Han, J. S. Rhee, *Biotech. Bioeng.*, **28**, 1250 (1986).
16. E. A. Malakhova, B. I. Kurganov, A. V. Levashov, I. V. Berezin, K. Martinek, *Dokl. Acad. Nauk. SSR*, **270**, 474 (1983).
17. A. Xenakis, T. P. Valis, F. Kolisis, *Progr. Colloid Polym. Sci.*, 79.000 (1989)
18. T. Valis, F. Kolisis, A. Xenakis, *Biotechnology Action Program, Ed Commission of the European Communities, Vol. 2.* 303 (1987).
19. M. Bello, D. Thomas, M. D. Legoy, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **146**, 361 (1987).
20. C. T. Cazanias, A. Xenakis, A. E. Evangelopoulos, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **148**, 1151 (1987).



# ENZYME CATALYZED INTERESTERIFICATION OF FATS AND OILS IN MICROEMULSIONS

**A. XENAKIS**

**Centre of Biological Research, The National Hellenic Research  
Foundation 48, Vas. Constantinou Ave.. 116 35 Athens, Greece**

## SUMMARY

The interesterification of fats and oils is a processing step concerning many food industries. The chemical catalysis which is currently used presents many disadvantages such as lack of specificity and high energy cost. The use of enzymes like specific lipases, provides the possibility to produce certain triglycerides with high yields. The heterogeneous catalysis (lipophilic substrates and hydrophilic enzyme) can be performed in microemulsions, increasing thus the interface between the triglycerides and the enzyme and resulting in an increased yield. Microemulsions, being thermodynamically stable microdispersions of water in an organic solvent, are transparent permitting spectroscopic studies.