



Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Αξιοποίηση Αγρο-Διατροφικών Αποβλήτων

Μέρος II: Παραλαβή ουσιών υψηλής προστιθέμενης αξίας

Ενότητα II.1: Ένζυμα, πρωτεΐνες και πεπτίδια

Δημήτρης Π. Μακρής *PhD DIC*

Αναπληρωτής Καθηγητής

dimitrismakris@uth.gr

1. Υποπροϊόντα πλούσια σε πρωτεΐνες

Τα απόβλητα που δημιουργούνται καθ' όλη την αγροτική παραγωγή, συμπεριλαμβανομένων των μη-εδώδιμων φυτικών και ζωικών ιστών, απορρίπτονται κατά την διάρκεια της συγκομιδής και μετασυλλεκτικά.

Χάρη στα υψηλά επίπεδα ανακτήσιμης πρωτεΐνης, υδατανθράκων και ινών, πολλά από τα υποπροϊόντα και απόβλητα των γεωργικών βιομηχανιών χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφές ή συστατικά ζωοτροφών.

Όμως, υπάρχουν και εφαρμογές υψηλότερης αξίας για τα μη-απαραίτητα αμινοξέα που προέρχονται από αυτά τα υποπροϊόντα, τα οποία τελικά μπορούν να εμπορευματοποιηθούν ως πρώτες ύλες για πλαστικά με βάση πρωτεΐνες ή άλλες κοινά χρησιμοποιούμενες οργανικές ουσίες.

1. Υποπροϊόντα πλούσια σε πρωτεΐνες

Υποπροϊόντα φυτικής προέλευσης

Τα υποπροϊόντα παραγωγής σπορέλαιων (υπολείμματα εκχύλισης και πίεσης), όπως π.χ. σόγιας, ηλίανθου, φοινικοπυρηνέλαιου κτλ. είναι σημαντικά συστατικά ζωοτροφών. Υπολείμματα από την επεξεργασία άλλων σπόρων, τα οποία έχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, χρησιμοποιούνται συχνά για την θρέψη μηρυκαστικών.

Τα υπολείμματα βαμβακόσπορου είναι πλούσια σε πρωτεΐνη και χρησιμοποιούνται κυρίως για την θρέψη αμνοεριφίων ή ψαριών. Άλλα φυτικά συστατικά συμπεριλαμβάνουν υποπροϊόντα επεξεργασίας τριφυλλιού (alfalfa), διαφόρων ξηρών καρπών, σπόρων (ξηρά περιβλήματα), υποπροϊόντα οσπρίων, αλλά και αποξηραμένες ρίζες και βολβούς (γλυκοπατάτα) και χρησιμοποιούνται επίσης σε ζωοτροφές.

1. Υποπροϊόντα πλούσια σε πρωτεΐνες

Υποπροϊόντα ζωικής προέλευσης

Περίπου το 30% ενός ζώου που προορίζεται για την παραγωγή τροφής απορρίπτεται ως μη-εδώδιμο. Τα υπολείμματα της επεξεργασίας ζωικών ιστών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή πρωτεΐνης. Τα υπολείμματα είναι υλικά που απορρίπτονται από την επεξεργασία κρέατος (δέρμα, κόκκαλα, αίμα κτλ.) και την επεξεργασία πουλερικών (φτερά, κόκκαλα κτλ.).

Επίσης, πάνω από το 30% των ψαριών που ψαρεύεται παγκοσμίως κάθε χρόνο δεν προορίζεται για άμεση ανθρώπινη κατανάλωση. Αντιθέτων, χρησιμοποιείται για την παραγωγή θαλασσινών προϊόντων εμπλουτισμένων σε πρωτεΐνη, τα οποία υπερβαίνουν τα 6 εκ. μετρικούς τόνους κάθε χρόνο.

Οι ζωοτροφές που παράγονται από θαλάσσιους οργανισμούς είναι τα υπολείμματα ψαριών, αποξηραμένα υδατοδιαλυτά συστατικά από υπολείμματα ψαριών, υπολείμματα καβουριών, γαρίδων, συμπυκνώματα πρωτεϊνών από ψάρια και άλλα υπολείμματα.

| Protein meal | Crude protein (%) | References | US production (MMTs) | Global production (MMTs) |
|-----------------------|-------------------|---|----------------------------|----------------------------|
| <i>PLANT PRODUCTS</i> | | | | |
| Alfalfa meal | 19.2 | National Research Council (2001) | 0.513–1.91 ^a | |
| Canola seed meal | 37.8 | National Research Council (2001) | 1.07 ^b | |
| Castor seed cake | 31–36 | Annongu and Joseph (2008); Fuller et al. (1971) | | |
| Castor seed meal | 20.8 | Annongu and Joseph (2008) | | |
| Corn gluten meal | 53.9–65.0 | National Research Council (2001); Adeola (2003); Agunbiade et al. (2004) | 5.9 ^a | |
| Cottonseed cake | 21.1–57.3 | Kassahun et al. (2012); Pousga et al. (2007); Khanum et al. (2007) | | |
| Cottonseed meal | 34.3–44.9 | National Research Council (2001); Khanum et al. (2007); El-Saidy and Gaber (2003) | 0.82–1.09 ^{a,b} | 10.3–15.5 ^{a,c} |
| Cow pea seed meal | 32.7 | El-Saidy and Saad (2008) | | |
| Linseed cake | 34.7 | Kassahun et al. (2012) | | |
| Linseed meal | 32.6–35.4 | National Research Council (2001); El-Saidy and Gaber (2003) | 0.142–0.147 ^{a,b} | 1.02 ^a |
| Peanut meal | 51.8 | National Research Council (2001) | 0.12–0.159 ^{a,c} | 4.32–6.83 ^{a,b,c} |
| Rapeseed cake | 35.6 | Kassahun et al. (2012) | | |
| Rapeseed meal | 34.1–37.9 | Khanum et al. (2007); Chu et al. (2014) | | 39.2 ^b |
| Sesame seed cake | 32.8 | Kassahun et al. (2012) | | |
| Soybean cake | 40.1–49.1 | Agunbiade et al. (2004); Kassahun et al. (2012) | | |
| Soybean meal | 44.4–53.8 | National Research Council (2001); El-Saidy and Gaber (2003); Chu et al. (2014) | 39.1 ^b | 200.8 ^b |
| Sunflower meal | 28.4–42.0 | National Research Council (2001); El-Saidy and Gaber (2003) | 0.23–0.29 ^{a,b} | 16.0 ^b |

ANIMAL PRODUCTS

| Bloodmeal | 80.2–100.5 | Martínez-Llorens et al. (2008); Haughey (1976); National Research Council and Canadian Department of Agriculture (1971); Preston (2014) | | |
|-------------------------|-------------------|---|------------------------|--------------------------|
| Feather meal | | | 0.63 ^d | |
| Hydrolyzed feather meal | 81.2–92 | National Research Council (2001); Preston (2014); Nengas et al. (1995) | | |
| Meat and bone meal | 49.5–59.4 | National Research Council (2001); National Research Council and Canadian Department of Agriculture (1971); Preston (2014); Nengas et al. (1995); Garcia and Phillips (2009); Howie et al. (1996); Kamalak et al. (2005) | 1.8–2.1 ^{d,e} | |
| Meat meal | 51.7–58.4 | National Research Council (2001); Kamalak et al. (2005); Qiao and Thacker (2004) | 2.4 ^a | |
| Protein meal | Crude protein (%) | References | US production (MMTs) | Global production (MMTs) |
| Fish meal | 59.0–68.5 | National Research Council (2001); Qiao and Thacker (2004); Bimbo (2000); Trushenski and Gause (2013) | 0.33 ^a | 4.1–6.2 ^{a,b,f} |
| Poultry by-product meal | 51.7–63 | Preston (2014); Nengas et al. (1995); Kamalak et al. (2005); Trushenski and Gause (2013) | 1.2 ^d | |
| Shrimp meal | 22.8–50 | Preston (2014); Okoye et al. (2005); Fanimo et al. (2000); Everts et al. (2003); Fanimo et al. (2006) | | |

2. Πρωτεϊνούχα υποπροϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων

Πρωτεΐνες γάλακτος

Το τυρόγαλα είναι το κύριο υποπροϊόν της τυροκομίας. Συνήθως, 10 L γάλακτος παράγουν 1 kg τυριού και δημιουργούν περίπου 9 L τυρόγαλου. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι τυρόγαλου: το γλυκό τυρόγαλα και το ξυνό (όξινο) τυρόγαλα. Το πρώτο προκύπτει από την παραγωγή cheddar και άλλων συναφών προϊόντων, ενώ το δεύτερο από την παραγωγή τυριών τύπου cottage.

Αμφότεροι οι τύποι τυρόγαλου περιέχουν 60–70 g/L ολικά στερεά, 44–52 g/L λακτόζη και 6–10 g/L πρωτεϊνών. Η κύριες διαφορές είναι ότι το όξινο τυρόγαλο έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε ασβέστιο, φωσφορικά, γαλακτικό οξύ και γαλακτικά άλατα. Το γλυκό τυρόγαλα περιέχει και γλυκομακροπεπίδια.

2. Πρωτεϊνούχα υποπροϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων

Πρωτεΐνες γάλακτος

Παγκοσμίως, η μεγαλύτερη ποσότητα τυρόγαλου που παράγεται είναι γλυκό τυρόγαλα. Η απόρριψη μεγάλων όγκων τυρόγαλου που δημιουργείται κατά την διάρκεια της παραγωγής τυριών αποτελούσε πάντα σημαντικό πρόβλημα για τις γαλακτοβιομηχανίες, εξ' αιτίας του υψηλού ρυπαντικού φορτίου.

Εντούτοις, έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες για την παραλαβή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας απ' αυτό το υποπροϊόν. Ένα κύριο προϊόν είναι η σκόνη τυρόγαλου που παράγεται μέσω ξήρανσης (με 13–15% πρωτεΐνη, 70–80% λακτόζη και 1–8% μεταλλικά άλατα), η οποία αντιπροσωπεύει το 70% της ετήσιας παραγωγής τυρόγαλου.

Σε μικρότερη ποσότητα παράγονται το πρωτεϊνικό συμπύκνωμα τυρόγαλου (με 65–80% πρωτεΐνη, 4–21% λακτόζη και 3–5% μεταλλικά άλατα) οι απομονωμένες πρωτεΐνες τυρόγαλου (με 88–92% πρωτεΐνη, <1% λακτόζη και 2–4% μεταλλικά άλατα).

2. Πρωτεϊνούχα υποπροϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων

Πρωτεΐνες γάλακτος

Αυτά τα παρασκευάσματα τυρόγαλου χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα σε διάφορους τύπους τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων των κρεάτων, γαλακτοκομικών και αρτοσκευασμάτων, χάρις στις ιδιότητές τους να κατακρατούν νερό, να δημιουργούν γέλες και να δρουν ως γαλακτοματοποιητές.

Οι πρωτεΐνες τυρόγαλου έχουν σημαντικά διατροφικά οφέλη, λόγω του ότι αποτελούνται από διάφορες κατηγορίες (κλάσματα), όπως μίγματα β-lactoglobulin (β-Ig, ~65%), α-lactalbumin (α-Ia, ~25%), bovine serum albumin (~8%), και immunoglobulins.

Το κλάσμα β-Ig, είναι καλή πηγή κυστεΐνης, η οποία εμπλέκεται σε διάφορες βιοχημικές διεργασίες. Η α-Ia έχει αμινοξέα διακλαδιζόμενης αλύσου, τα οποία χρησιμοποιούνται από τους μύες για ενέργεια και σύνθεση πρωτεϊνών, ενώ περιέχει πεπτίδια με αντι-υπερτασική, αντιμικροβιακή, αντιοξειδωτική και αντικαρκινική δράση.

2. Πρωτεϊνούχα υποπροϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων

Πρωτεΐνες κρέατος

Η ετήσια παγκόσμια παραγωγή κρέατος ανήλθε το 2010 σε 296 εκατ. τόνους, με την παραγωγή χοιρινού να είναι η υψηλότερη (109 εκατ. τόνοι), ακολουθούμενη από την παραγωγή πουλερικών (99 εκατ. τόνοι), βοδινού και βουβαλίσσιου (68 εκατ. τόνοι) και αμνοεριφίων (13 εκατ. τόνοι).

Η βιομηχανία κρέατος παράγει σημαντικές ποσότητες υποπροϊόντων, το μεγαλύτερο μέρος των οποίων δημιουργείται κατά την σφαγή. Αυτά τα υποπροϊόντα συμπεριλαμβάνουν οστά, δέρμα, αίμα, εντόσθια, λιπαρούς ιστούς κτλ. και κυμαίνεται ανάλογα με το είδος του ζώου.

Για παράδειγμα, τα υποπροϊόντα από την σφαγή χοίρων, βοοειδών και αμνών αντιπροσωπεύει το 52.0, 66.0 και 68.0% του ζωντανού βάρους, αντίστοιχα, από το οποίο περίπου 40% είναι εδώδιμο και το 20% μη-εδώδιμο.

2. Πρωτεϊνούχα υποπροϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων

Πρωτεΐνες κρέατος

Από την επεξεργασία πουλερικών μπορεί να προκύψει ένας αριθμός υποπροϊόντων, όπως π.χ. το αίμα, που αντιπροσωπεύει το 2-6% του ζωντανού πτηνού και με ξήρανση με ψεκασμό μπορεί να παραξεί προϊόν που περιέχει 60-80% πρωτεΐνη. Αυτό το προϊόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τροφή ιχθυρών, κατοικίδιων και άλλων ζώων.

Τα φτερά περιέχουν περισσότερο από 90% ολικής πρωτεΐνης και αποτελούν το 5-7% του ζωντανού πτηνού. Οι χαμηλής αξίας αυτές πρωτεΐνες μπορούν να υδρολυθούν και τα υδρολύματα να χρησιμοποιηθούν ως ζωοτροφή.

Τα πόδια των πουλερικών περιέχουν 16% ολική πρωτεΐνη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αμφοτέρους ανθρώπινη και ζωική κατανάλωση, μετά από κατάλληλη επεξεργασία.

2. Πρωτεϊνούχα υποπροϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων

Πρωτεΐνες θαλασσινών

Διάφορες βιοδραστικές ουσίες, όπως πεπτίδια, ζελατίνη, κολλαγόνο, χιτίνη, χιτοζάνη και ιχθυέλαια έχουν απομονωθεί από υποπροϊόντα θαλασσινών, επιδεικνύοντας ιδιότητες, όπως αντι-υπερτασική, αντικαρκινική, αντιβακτηριακή, αντιοξειδωτική κτλ.

Παγκοσμίως, περίπου 154 εκατομμύρια τόνοι ιχθυρών παράχθηκαν το 2011. Χονδρικά, τα 2/3 των αλλιευμάτων υπόκεινται σε κάποιας μορφής επεξεργασία πριν την πώληση, η οποία περιλαμβάνει τεμαχισμό, απολέπιση, αποκεφαλισμό, αποκοπή πτερυγίων, διαχωρισμό οστών κτλ. Κατά την επεξεργασία, δημιουργούνται 20–80% υποπροϊόντων.

2. Πρωτεϊνούχα υποπροϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων

Πρωτεΐνες θαλασσινών

Τα στερεά υποπροϊόντα από την επεξεργασία αλιευμάτων περιλαμβάνουν κεφάλια, ουρές, σκελετούς και δέρμα. Περιέχουν μυϊκές πρωτεΐνες σε σημαντικό ποσοστό, με υψηλή διατροφική αξία, εύπεπτες και με καλή ισορροπία απαραίτητων αμινοξέων.

Αυτές οι πρωτεΐνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λειτουργικά συστατικά σε πολλά τρόφιμα, επειδή έχουν μοναδικές ιδιότητες που σχετίζονται με την κατακράτηση νερού, την απορρόφηση ελαίων, ικανότητα δημιουργίας γέλης και γαλακτωμάτων.

Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατα του γάλακτος, σε βρεφικές τροφές και στην αρτοποιία.

Οι πρωτεΐνες θαλασσινών μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή αμινοξέων, μέσω χημικής ή ενζυμικής υδρόλυσης. Τα αμινοξέα που προκύπτουν χρησιμεύουν ως πρόσθετα σε ζωοτροφές ή στην παραγωγή φαρμάκων.

3. Βιομηχανικά ένζυμα

Τα απόβλητα των τροφίμων είναι ένας ιδανικός υποψήφιος για παραγωγή ενζύμων και γι' αυτόν τον λόγο ένας αριθμός αγρο-διατροφικών αποβλήτων έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή εμπορικώς σημαντικών ενζύμων.

Το ενδιαφέρον έχει εστιαστεί κυρίως σε ένζυμα όπως οι κυτταρινάσες, οι λακκάσες, οι ξυλανάσες, και οι λιπάσες, τα οποία παράγονται από μικροβιακές πηγές με χρήση αγρο-διατροφικών αποβλήτων ως υποστρώματα.

Το κίνητρο πίσω απ' αυτές τις διεργασίες είναι το κόστος. Η εμπορική παραγωγή ενζύμων έχει υψηλό κόστος, το 28% από το οποίο συνδέεται με τον εφοδιασμό πρώτης ύλης. Για την λύση αυτού του προβλήματος, οι μελέτες έχουν στραφεί στην χρήση λιγνινο-κυτταρινούχων αγρο-διατροφικών αποβλήτων ως πρώτων υλών για την παραγωγή ενζύμων.

Οι μικροοργανισμοί είναι ικανοί ν' αποικοδομήσουν πολύπλοκα βιοπολυμερή με σκοπό ν' αφομοιώσουν τους απλούς υδατάνθρακες και άλλες ουσίες που παράγονται. Η εκμετάλλευση αυτών των βιοχημικών διεργασιών οδηγεί στην παραγωγή ενζύμων.

4. Εφαρμογές ενζύμων από αγρο-διατροφικά απόβλητα

Ένζυμα από απόβλητα επεξεργασίας φυτικών τροφίμων

Μακράν το πιο μελετημένο οξειδωτικό ένζυμο από φυτική πηγή είναι η περοξειδάση (peroxidase – POD) από τις ρίζες χρένου (*Armoracia rusticana*). Αν και αυτός ο ιστός δεν εμπίπτει αυστηρά στον χαρακτηρισμό υποπροϊόν, οι ρίζες χρένου είναι η κυριότερη πηγή φυτικής POD.

Η περοξειδάση χρένου (horseradish POD - HRP), μαζί με τα αντίστοιχα ένζυμα από φυστικιά, σόγια (SBP), νεροκολοκύθα, τομάτα και κριθάρι ανήκει στην κατηγορία περοξειδασών III (κλασσική εκκριτική φυτική περοξειδάση) και καταλύει την οξείδωση, μέσω H_2O_2 , μια ευρείας ποικιλίας υποστρωμάτων που λειτουργούν ως δότες ηλεκτρονίων (π.χ. φαινόλες, αρωματικές αμίνες κτλ.)

Οι περισσότερες προσπάθειες χρήσης αυτού του ενζύμου έχουν κατευθυνθεί σε εφαρμογές βιοεξυγίανσης (bioremediation), καθώς πολλές έρευνες έχουν δείξει την ικανότητα της HRP να οξειδώνει ένα ευρύ φάσμα οργανικών ρύπων, όπως φαινόλες, χρωστικές, οιστρογόνα, πολυχλωριωμένα διφαινύλια κτλ, μέσω της δημιουργίας ελευθέρων ριζών.

4. Εφαρμογές ενζύμων από αγρο-διατροφικά απόβλητα

Ένζυμα από απόβλητα επεξεργασίας φυτικών τροφίμων

Σε πολλές περιπτώσεις, ακατέργαστα ενζυμικά εκχυλίσματα ή ακόμα και τεμάχια φυτικών ιστών μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί των καθαρών ενζύμων. Η αποτελεσματικότητα τέτοιων υλικών έχει παρατηρηθεί από διάφορες πηγές, όπως η σόγια, η αγκινάρα, η νεροκολοκύθα κτλ.

Όσον αφορά στο ένζυμο POD, εκτός των μελετών βιοεξυγίανσης, ένας σημαντικός αριθμός άλλων μελετών έχει δείξει ότι υπάρχουν προοπτικές και για χρήση στην σύνθεση διαφόρων ουσιών βασισμένων σε βιομόρια.

Για παράδειγμα, με οξείδωση φερουλικού οξέος από POD νεροκολοκύθας κατέστη δυνατόν να παραχθεί ένα διμερές με ισχυρές αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες.

4. Εφαρμογές ενζύμων από αγρο-διατροφικά απόβλητα

Ένζυμα από απόβλητα επεξεργασίας φυτικών τροφίμων

Επίσης, χρησιμοποιώντας ως βιοκαταλύτη ακατέργαστο εκχύλισμα POD από στερεά απόβλητα κρεμμυδιών και ως υπόστρωμα μια πενταϋδρόξυ-χαλκόνη, παράχθηκε ауροσιδίνη, μια ουσία με αντικαρκινικές ιδιότητες.

Η οξείδωση μεθυλεστέρων του *p*-κουμαρικού, του καφφεϊκού και του φερουλικού οξέος με το ίδιο εκχύλισμα διϋδρόξυ-βενζοφουρανικά λιγνάνια με βελτιωμένες αντιοξειδωτικές ιδιότητες.

Επίσης, κατέστη δυνατόν να παραχθούν και άλλες ουσίες που παρουσιάζουν φαρμακολογικό ενδιαφέρον, όπως κουμεστάνες και βενζοφουροκινολινόνες.

4. Εφαρμογές ενζύμων από αγρο-διατροφικά απόβλητα

Ένζυμα από απόβλητα επεξεργασίας φυτικών τροφίμων

Οι πολυφαινολοξειδάσες (PPOs) είναι άλλη μια κατηγορία ενζύμων με περιβαλλοντικές εφαρμογές. Οι PPOs που μπορούν ν' ανακτηθούν από υπολείμματα επεξεργασίας τροφίμων έχουν κερδίσει το ερευνητικό ενδιαφέρον, αλλά εν αντιθέσει με τις PODs, το φάσμα των υπολειμματικών πηγών για PPOs είναι αρκετά μικρότερο.

Μια ποικιλία ακατέργαστων φυτικών εκχυλισμάτων με δραστικότητα PPO έχουν δοκιμαστεί για την ικανότητά τους να οξειδώνουν διάφορους ρυπαντές, όπως π.χ. η διφαινόλη Α, πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, χρωστικές κτλ.

Μόνο PPO από πατάτα και μανιτάρια έχουν μελετηθεί εκτενώς ως παράγοντες βιοεξυγίανσης, ενώ τα δεδομένα για PPO από άλλες πηγές είναι πολύ περιορισμένα.

4. Εφαρμογές ενζύμων από αγρο-διατροφικά απόβλητα

Ένζυμα από απόβλητα επεξεργασίας θαλασσινών

Τα απορριπτόμενα υλικά από θαλάσσιους οργανισμούς έχουν μια πληθώρα από πιθανές επιλογές αξιοποίησης σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένου και του τομέα των τροφίμων.

Τα υποπροϊόντα από την βιομηχανική επεξεργασία ψαριών και θαλασσινών ανέρχονται στο 70% και η έρευνα έχει εστιαστεί στην μετατροπή τους σε εμπορικά προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας.

Σύμφωνα με τον F.A.O., μέσα στο 2008, σχεδόν 27 εκατ. τόνοι θαλάσσιας βιομάζας χρησιμοποιήθηκαν για μη-διατροφικούς σκοπούς (κατάλοιπα ψαριών, ιχθυέλαιο κτλ.) ή ως ουσίες υψηλής προστιθέμενης αξίας από τις βιομηχανίες φαρμάκων και καλλυντικών.

4. Εφαρμογές ενζύμων από αγρο-διατροφικά απόβλητα

Ένζυμα από απόβλητα επεξεργασίας θαλασσινών

Εντούτοις, παρά την εντατική έρευνα και ανάπτυξη νέων προϊόντων, μόνο ένας περιορισμένος αριθμός προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας έχει καθιερωθεί εμπορικώς.

Οι κύριοι λόγοι γι' αυτό είναι πιθανώς η υπερεκτίμηση της ζήτησης, οι μικρές ποσότητες προϊόντων υψηλής ποιότητας που είναι διαθέσιμα, το υψηλό κόστος απομόνωσης συγκεκριμένων ενώσεων και η διαθεσιμότητα εναλλακτικών, πιο οικονομικών πηγών.

Τα υπολείμματα επεξεργασίας των θαλάσσιων οργανισμών περιλαμβάνουν κυρίως τα εντόσθια και τα κεφάλια, από τα οποία ανακτώνται λειτουργικά συστατικά, όπως έλαια εμπλουτισμένα σε ω-λιπαρά οξέα, πεπτίδια, κολλαγόνο, πρωτεΐνες και χιτίνη.

4. Εφαρμογές ενζύμων από αγρο-διατροφικά απόβλητα

Ένζυμα από απόβλητα επεξεργασίας θαλασσινών

Αυτά τα υλικά όμως είναι πλούσια και σε εμπορικώς ενδιαφέροντες βιοκαταλύτες, οι οποίοι έχουν λιπολυτική, κολλαγονολυτική και πρωτεολυτική δραστηριότητα. Τα πιο σημαντικά ένζυμα είναι οι πεπτικές πρωτεάσες που προέρχονται από το στομάχι και τα έντερα ψαριών.

Αυτά τα ένζυμα είναι κυρίως η τρυψίνη, η χυμοτρυψίνη και η ελαστάση, και ανήκουν όλα στην οικογένεια των πρωτεασών σερίνης (EC 3.4.21). Οι πρωτεάσες αποτελούν την σημαντικότερη κατηγορία βιομηχανικών ενζύμων που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως και αντιπροσωπεύουν περίπου το 50% της συνολικής αγοράς βιομηχανικών ενζύμων.

Οι πρωτεάσες παίζουν σημαντικό ρόλο σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές. Π.χ. η πεψίνη και η τρυψίνη χρησιμοποιούνται ευρέως στη τεχνολογία τροφίμων για διάφορους σκοπούς, όπως η συσσωμάτωση και η υδρόλυση πρωτεϊνών, τη σίτευση του κρέατος κτλ.

4. Εφαρμογές ενζύμων από αγρο-διατροφικά απόβλητα

Ένζυμα από απόβλητα επεξεργασίας θαλασσινών

Η ενζυμική υδρόλυση των πρωτεϊνών επιτρέπει την δημιουργία βιοδραστικών πεπτιδίων, τα οποία λαμβάνονται χρησιμοποιώντας κατάλληλα πρωτεολυτικά ένζυμα. Αν και οι μικροβιακές πρωτεάσες είναι οι δεσπόζουσες στην παγκόσμια αγορά ενζύμων, οι πρωτεάσες από εντόσθια ψαριών παρουσιάζουν κάποια πλεονεκτήματα.

Μπορούν ν' απομονωθούν εμπορικώς σε μεγάλη κλίμακα και επιδεικνύουν μεγαλύτερη καταλυτική επάρκεια σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, μειωμένη ευαισθησία στην συγκέντρωση υποστρώματος και υψηλότερη σταθερότητα σε μεγαλύτερο εύρος pH.

Τα πλέον μελετημένα υπολείμματα θαλασσινών είναι τα υπολείμματα επεξεργασίας σαρδέλας. Τα πρωτεολυτικά ένζυμα από εντόσθια σαρδέλας θεωρούνται από τα πιο δραστικά ένζυμα που είναι εμπορικώς διαθέσιμα.

Βιβλιογραφία

Hicks T.M., Verbeek C.J.R., **2016**. Protein-rich by-products: production statistics, legislative restrictions, and management options. In “*Protein by-products - transformation from environmental burden into value-added products*”, Dhillon G.S. ed., Elsevier, London, U.K.

Makris D.P., **2015**. Recovery and applications of enzymes from food wastes. In “*Food Waste Recovery: Processing Technologies and Techniques*” Galanakis Ch. ed., ELSEVIER Publ., San Diego, CA.

Ravindran P., Jaiswal A.K., **2016**. Exploitation of food industry waste for high-value products. *Trends in Biotechnology*, 34(1), 58-69.

Yu L.J., Brooks M. S.-L., **2016**. Food industry protein by-products and their applications. In “*Protein by-products - transformation from environmental burden into value-added products*”, Dhillon G.S. ed., Elsevier, London, U.K.