



Χημεία σε μετάβαση: Από την ανακύκλωση πλαστικών και την ολική σύνθεση έως την Τεχνητή Νοημοσύνη στη φαρμακοβιομηχανία

Η παγκόσμια χημική και φαρμακευτική βιομηχανία διανύει μια περίοδο έντονων αντιφάσεων. Από τη μία, η επιστημονική καινοτομία επιταχύνεται μέσω της τεχνητής νοημοσύνης, των νέων συνθετικών στρατηγικών και των εξελιγμένων κλινικών δοκιμών. Από την άλλη, βασικοί πυλώνες της κυκλικής οικονομίας και της βιωσιμότητας, όπως η ανακύκλωση πλαστικών και μετάλλων, βρίσκονται σε κρίση, υπονομευόμενοι από οικονομικούς και γεωπολιτικούς παράγοντες.

Ιδιαίτερα ανησυχητική είναι η κατάσταση στον τομέα της ανακύκλωσης πλαστικών στην Ευρώπη. Παρά τις φιλόδοξες ευρωπαϊκές οδηγίες που επιβάλλουν αυξημένη χρήση ανακυκλωμένων πολυμερών σε συσκευασίες και βιομηχανικά προϊόντα, η πραγματικότητα κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση. Το 2024 έκλεισαν μονάδες ανακύκλωσης συνολικής δυναμικότητας άνω των 300.000 τόνων ετησίως, ενώ παρόμοιες απώλειες προβλέπονται και για το 2025. Η πτώση των τιμών των πολυμερών, λόγω παγκόσμιας υπερπαραγωγής αιθυλενίου, σε συνδυασμό με το υψηλό ενεργειακό κόστος στην Ευρώπη, καθιστούν την ανακύκλωση οικονομικά μη βιώσιμη.

Ταυτόχρονα, οι πολιτικές κινήτρων δεν επαρκούν για να καλύψουν τη διαφορά κόστους, με αποτέλεσμα πολλές εταιρείες να προτιμούν να καταβάλλουν τα προβλεπόμενα πρόστιμα. Επιπλέον, καταγγελίες για εισαγωγές πολυμερών που παρουσιάζονται παραπλανητικά ως ανακυκλωμένα πλήττουν περαιτέρω την εγχώρια ανακύκλωση. Παρόμοια εικόνα παρατηρείται και στις ΗΠΑ, όπου εταιρικές δεσμεύσεις για χρήση ανακυκλωμένων υλικών υποχώρησαν όταν οι οικονομικές συνθήκες έγιναν δυσμενείς.

Στο ίδιο πλαίσιο εντάσσεται και η κρίση στην ανακύκλωση αλουμινίου. Αν και η ανακύκλωση απαιτεί σημαντικά λιγότερη ενέργεια από την πρωτογενή παραγωγή, μεγάλες ποσότητες ευρωπαϊκού scrap εξάγονται στην Κίνα, όπου επανατήκονται και επιστρέφουν ως «νέο» μέταλλο. Το φαινόμενο αυτό αναδεικνύει τις αδυναμίες της ευρωπαϊκής πολιτικής πρώτων υλών και οδηγεί σε συζητήσεις για περιορισμό των εξαγωγών.

Ενώ η κυκλική οικονομία δοκιμάζεται, η οργανική και φαρμακευτική χημεία μετασχηματίζεται. Η ολική σύνθεση φυσικών προϊόντων, ιστορικά θεμέλιο της οργανικής χημείας, επαναπροσδιορίζει τον ρόλο της. Αντί για απλή επιβεβαίωση δομών, η έμφαση μετατοπίζεται στην ανάπτυξη νέων αντιδράσεων, αποδοτικότερων συνθετικών διαδρομών και ευέλικτων στρατηγικών που επιτρέπουν τη γρήγορη παραγωγή αναλόγων για φαρμακολογικό έλεγχο. Παρά τις πιέσεις στη χρηματοδότηση, η ολική σύνθεση παραμένει κρίσιμο εκπαιδευτικό και ερευνητικό πεδίο.

Καθοριστικός παράγοντας των εξελίξεων είναι η τεχνητή νοημοσύνη. Στον χώρο της βιοφαρμακευτικής, μοντέλα AI χρησιμοποιούνται ήδη για τον σχεδιασμό αντισωμάτων και την ανάλυση γονιδιωματικών δεδομένων. Αν και οι σημερινές μέθοδοι αδυνατούν ακόμη να προβλέψουν αξιόπιστα κρίσιμες παραμέτρους όπως η σταθερότητα, επιταχύνουν σημαντικά τα προκλινικά στάδια, μειώνοντας χρόνο και κόστος ανάπτυξης.

Σημαντικές καινοτομίες σημειώνονται και στον σχεδιασμό κλινικών δοκιμών. Το νέο βρετανικό κέντρο Clinical Trial Innovation αξιοποιεί πολυβραχιακές, πολυσταδιακές μελέτες, επιτρέποντας την ταυτόχρονη αξιολόγηση πολλών θεραπειών και νόσων. Πρόκειται για μια προσέγγιση που μπορεί να αλλάξει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο μεταφράζεται η χημική και φαρμακευτική έρευνα σε κλινικό όφελος.

Τέλος, η ένταση στον φαρμακευτικό ανταγωνισμό αποτυπώνεται χαρακτηριστικά στην αγορά των GLP-1 φαρμάκων για την παχυσαρκία, αλλά και στις νομικές διαμάχες γύρω από την τεχνολογία mRNA. Οι εξελίξεις αυτές υπογραμμίζουν ότι η χημεία σήμερα δεν είναι απλώς επιστήμη εργαστηρίου, αλλά πεδίο όπου διασταυρώνονται οικονομία, πολιτική, τεχνολογία και κοινωνία.

Επιμέλεια: **Δρ Σπύρος Κιτσινέλης**

9 Ιανουαρίου 2026