

ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

(από σημειώσεις της Ευαγγελίας Διαμαντοπούλου, Επ. Καθηγήτριας, Τμ. Επικοινωνίας και Μ.Μ.Ε., Ε.Κ.Π.Α.)

Η ιστορία της τεχνολογίας αρχίζει με την εμφάνιση του ανθρώπου στην γη, καθώς ήδη από τα προϊστορικά χρόνια, ο άνθρωπος χρησιμοποιεί προϊόντα της φύσης, όπως η πέτρα και τα κλαριά των δέντρων, ως εργαλεία. Στην συνέχεια, σε όλη την μακρόχρονη πορεία του, επιστρατεύοντας την γνώση του ως homo sapiens, ο άνθρωπος κατασκεύασε και κατασκευάζει τα εργαλεία του, είτε στην απλή μορφή ενός δρεπανιού της γεωργικής επανάστασης, είτε στην σύνθετη μιας ατμοκίνητης μηχανής, είτε στην ακόμη πιο σύνθετη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Με άλλα λόγια, ο άνθρωπος επινοεί την τεχνολογία για να δημιουργήσει τεχνητά προϊόντα: μετατρέπεται από homo sapiens σε homo faber.

Η βιοτεχνολογία αποτελεί επιστημονικό-τεχνολογικό κλάδο που ενεργοποιεί τα μέσα και τις μεθόδους της τεχνογνωσίας και χρησιμοποιεί προϊόντα της φύσης για να δημιουργήσει νέες οργανικές μορφές, όπως οι γενετικά τροποποιημένες τροφές, οι κλώνοι και τα βλαστοκύτταρα. Προς αυτή την κατεύθυνση δραστηριοποιούνται επιστήμονες της γενετικής που διερευνούν το DNA, τον μεταβολισμό και τα βακτήρια.

Ο όρος *βιοτεχνολογία* χρησιμοποιείται από την δεκαετία του 1970 και μετά. Ωστόσο, η δραστηριοποίηση σε ζητήματα βιοτεχνολογίας ξεκινά πολύ νωρίτερα. Ήδη, στα χρόνια 5500-3100 π.Χ., οι αρχαίοι Αιγύπτιοι, όπως μαρτυρούν σχετικές τοιχογραφίες, γνωρίζουν τη ζύμωση και παρασκευάζουν μύζα από την μείξη σιτηρών με νερό. Στην συνέχεια, θα παρασκευάσουν μύζα οι Ρωμαίοι και, κατά την διάρκεια του μεσαίωνα, οι χριστιανοί μοναχοί. Εξάλλου, σύμφωνα με τους αρχαιολόγους και τους βιολόγους, στους αρχαίους πολιτισμούς ήταν γνωστές οι μέθοδοι τροποποίησης του σιταριού, του καλαμποκιού, της τομάτας και άλλων πρωτογενών ειδών, έτσι ώστε αυτά να μπορούν να γίνουν εδώδιμα, μεγαλύτερα ή γευστικότερα.

Συγχρόνως με την εξέλιξη της επιστήμης και τα συνεχή επιτεύγματα στους τομείς της μοριακής βιολογίας και της γενετικής, προέκυψαν ζητήματα, όπως η αποδοχή των νέων μεθόδων από την επιστημονική κοινότητα, η αναγνώριση της ευρεσιτεχνίας και η συνεργασία των επιστημόνων με μεγάλες φαρμακοβιομηχανίες. Παράλληλα,

υπήρξαν έντονες αντιδράσεις για ηθικά ζητήματα, τόσο από τους επιστήμονες όσο και από το ευρύτερο κοινό. Η παρέμβαση στη φύση, η χρησιμοποίηση ζώων στα πειράματα των εργαστηρίων, η χρησιμοποίηση ιστών αίματος ή κυττάρων των ασθενών με ή χωρίς την έγκρισή τους, είναι κάποια από αυτά.

Περνώντας, λοιπόν, από την εμπειρική στην επιστημονικά μεθοδευμένη τεχνογνωσία, μπορούμε να διακρίνουμε σημαντικούς σταθμούς στην εξέλιξη της γενετικής και της βιοτεχνολογίας, καθώς και στα γεγονότα που συνδέονται με αυτές, από τον 17ο αιώνα μέχρι σήμερα:

- **1662:** Ιδρύεται στο Λονδίνο η Royal Society, η πρώτη επιστημονική κοινότητα, εμπνευσμένη από τις ιδέες της *Nova Atlantis* (1627) του Francis Bacon.
- **1667:** Κυκλοφορεί η μελέτη του Πρώσου φυσικού Georg Stahl *Zymotechnia Fundamentalis*, σχετικά με την ζύμωση, η οποία αποτελεί την αρχή της φιλοσοφικής και επιστημονικής διερεύνησης των ζυμώσεων.
- **18ος αιώνας:** Ο Άγγλος γεωπόνος Robert Bakewell εφαρμόζει με επιτυχία μεθόδους αναπαραγωγής ενός νέου είδους προβάτου.
- **1735:** Ο Σουηδός βοτανολόγος και φυσιολόγος Carl Linnaeus διαιρεί τα διάφορα φυτά και ζώα ανάλογα με τα χαρακτηριστικά, το γένος και το φύλο, και συντάσσει τον κατάλογο *Systema Naturae*. Στον ίδιο κατάλογο συμπεριλαμβάνεται η διαίρεση του ανθρώπινου γένους σε τέσσερις φυλές: *Europaeus albus* (λευκός Ευρωπαίος), *Americanus rubescens* (κόκκινος Αμερικανός), *Asiaticus fuscus* (καστανός Ασιάτης) και *Africanus niger* (μαύρος Αφρικανός). Η διαίρεση έχει ως βάση τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά αλλά και τις ανθρώπινες συμπεριφορές.
- **Δεκαετία 1780:** Ο Γάλλος χημικός Antoine Lavoisier αποδεικνύει ότι τη σύσταση των σακχάρων αποτελούν ο άνθρακας, το υδρογόνο και το οξυγόνο, καθώς και ότι η μάζα της ζάχαρης ισοδυναμεί με τη μάζα που προήλθε από την ζύμωση αερίων, αλκοόλ και οξέων.
- **1796:** Ο Γερμανός φυσιολόγος Johann Friedrich Blumenbach, στην τρίτη έκδοση του βιβλίου του *On the Natural Varieties of Mankind*, διακρίνει πέντε ανθρώπινες φυλές, μετά από κρανιομετρήσεις: την καυκάσια, την μογγολική, την αιθιοπική και την μαλαισιανή.

- **1828:** Ο Γερμανός χημικός Friedrich Wöhler παρασκευάζει συνθετική ουρία από μη οργανικά στοιχεία.
- **Μέσα 19ου αιώνα:** Ο Βέλγος αστρονόμος Adolphe Quetelet ταξινομεί τους ανθρώπους σε υψηλότερα και χαμηλότερα επίπεδα, ανάλογα με το μέγεθος των γωνιών του προσώπου τους.
- **1859:** Ο Άγγλος βιολόγος Charles Robert Darwin παρουσιάζει τη θεωρία του για την εξέλιξη των ειδών και την φυσική επιλογή στο βιβλίο του *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*.
- **1860:** Ο Αυστριακός μοναχός Gregor Mendel παρατηρεί, ότι ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μπιζελιών που καλλιεργούσε, μεταφέρονται από τη μία γενιά στην άλλη σύμφωνα με ακριβείς αριθμητικές αναλογίες. Οι παρατηρήσεις του Mendel αποτελούν την βάση για την εμφάνιση της ευγονικής.
- **1866:** Παρουσιάζεται η ανακοίνωση "Experiments on Plant Hybridization" του Αυστροουγγαρέζου μοναχού Gregor Johann Mendel στα *Proceedings of the Natural History Society of Brunn*. Πρόκειται για την πρώτη συστηματική διερεύνηση των μηχανισμών κληρονομικότητας των οργανισμών.
- **1869:** Δημοσιεύεται το βιβλίο *Hereditary Genius. An Inquiry into Its Laws and Consequences*, του Άγγλου επιστήμονα Sir Francis Galton, στο οποίο παρουσιάζονται οι ανθρωπομετρικές μελέτες και οι στατιστικές μέθοδοί του σχετικά με τις ανθρώπινες διαφορές και την κληρονομική νοημοσύνη.
- **1876:** Ο Γάλλος χημικός Louis Pasteur δημοσιεύει το άρθρο "Studies on Beer: It's Diseases, Their Causes, and the Processes for Making the Best Constant - With the New Theory of Fermentation", με το οποίο αποδεικνύει ότι για την αλλοίωση της μπίρας ευθύνονται τα βακτηρίδια.

- **1889:** Δημοσιεύεται το άρθρο του Γερμανού βιολόγου August Weismann, "Life and Death". Στο άρθρο αυτό υποστηρίζεται ότι οι παράγοντες της κληρονομικότητας είναι μόνο τα σπερματικά κύτταρα και όχι τα σωματικά. Στα τέλη του 19ου αιώνα, οι επίσης Γερμανοί εμβρυολόγοι *Theodor Boveri* και *Valentin Hacker* επιχειρούν την ταυτοποίηση των εμβρυικών κυττάρων που δημιουργούν, σύμφωνα με τον Weismann, τα σπερματικά κύτταρα.
- **1889:** Ο Γαλλοαμερικανός φυσιολόγος Charles-Édouard Brown-Séquard εμβολιάζεται με υγρό διάλυμα από όρχεις σκύλων και ινδικών χοιριδίων και ισχυρίστηκε ότι ένωσε αναζωογόνηση και ενδυνάμωση παρά τα 72 του χρόνια.
- **Δεκαετία 1890:** Ο εμβρυολόγος του Cambridge University Walter Heape πειραματίζεται για την μεταφορά ωαρίων από ένα κουνέλι σε ένα άλλο.
- **1895:** Κυκλοφορεί το βιβλίο του Γερμανού βιολόγου Alfred Ploetz, *The Efficiency of Our Race and the Protection of the Weak*, το οποίο αναφέρεται σε ευγονικές αρχές που πρέπει να εφαρμόζονται στους γάμους και τις γεννήσεις, έτσι ώστε να δημιουργηθούν ιδανικές κοινωνίες.
- **Τέλη 19ου αιώνα:** Ο Αμερικανός βοτανολόγος Luther Burbank δημιουργεί υβριδικά είδη φυτών.
- **1902:** Ο Άγγλος μαθηματικός και στατιστικολόγος Karl Pearson εγκαινιάζει την εφημερίδα *Biometrika* με άρθρα σχετικά με την ευγονία.
- **1903:** Ο Γερμανός φιλόσοφος και κοινωνιολόγος Wilhelm Schallmayer, υπέρμαχος της ευγονικής και της *φυλετικής υγιεινής*, δημοσιεύει το βιβλίο του *Heredity and Selection in the Life of Nations: A Study in Political Science on the Basis of the New Biology*.

- **1904:** Ιδρύεται ο Station of Experimental Evolution στο Cold Spring Harbor του Long Island, με πρωτοβουλία του Αμερικανού βιολόγου Charles Davenport και την οικονομική χορηγία του Carnegie Institute της Ουάσινγκτον. Στόχος του Davenport ήταν να διερευνήσει την ισχύ των νόμων του Mendel στο ανθρώπινο γένος.
- **1906:** Ο Βρετανός βιολόγος William Bateson αναφέρει για πρώτη φορά τον όρο *Γενετική (Genetics)* στο Third International Conference on Plant Hybridization στο Λονδίνο.
- **1907:** Ο Luther Burbank δημοσιεύει το άρθρο "The training of the Human Plant", το οποίο αναφέρεται στις δυνατότητες εφαρμογής τεχνικών βελτίωσης των φυτών σε παιδιά.
- **1907:** Επιβάλλεται ο νόμος ευγονικής στειρώσης στην Ινδιάννα των Η.Π.Α. Μέχρι το 1963 πραγματοποιούνται 64.000 υποχρεωτικές στειρώσεις.
- **1907:** Ο Αμερικανός βιολόγος και ανατομολόγος Ross Harisson, εργαζόμενος στο Johns Hopkins University, αναπτύσσει ένα νευρικό κύτταρο βατράχου.
- **1908:** Ο Αμερικανός γενετιστής George Harrison δημιουργεί *υβριδικό καλαμπόκι*.
- **1909:** Ο Δανός βοτανολόγος και γενετιστής Wilhelm Johannsen εισάγει τον όρο *γονίδιο (gene)*, που έρχεται να αντικαταστήσει προηγούμενους όρους, όπως *gemmulus* του Charles Darwin, *determinant* του August Weismann, και *pangene* του Hugo de Vries.
- **1910:** Ο Αμερικανός εμβρυολόγος στο Columbia University της Νέας Υόρκης, Thomas Hunt Morgan, στοιχειοθετεί τους νόμους της γενετικής.
- **1910:** Ο Γερμανός βιολόγος Jacques Loeb πετυχαίνει την γονιμοποίηση ωαρίων αχινών χωρίς σπέρμα, γεγονός που συνδέεται με την ανάπτυξη της *συνθετικής βιολογίας*.
- **Δεκαετίες 1910-1920:** Κινητοποιούνται διακεκριμένοι επιστήμονες και πολιτικοί με στόχο την υγιεινή της φυλής (*Race Hygiene*).
- **1911:** Κυκλοφορεί το βιβλίο του Charles Davenport *Heredity in Relation to Eugenics*, στο οποίο υποστηρίζεται η άποψη ότι η φυλετική επιμειξία δημιουργεί κατώτερους απογόνους.
- **1912:** Ιδρύεται στο Παρίσι η Γαλλική Ευγονική Κοινωνία (French Eugenics Society).

- **1912:** Ο Αυστριακός φυσιολόγος Eugen Steinach, διευθυντής στο Physiological Section του Institute of Experimental Biology της Βιέννης, διατυπώνει τη θεωρία σχετικά με την καταστολή της παραγωγής σπερματοζωαρίων μέσω της αγγειεκτομής, η οποία μπορεί να αναζωογονήσει κύτταρα που παράγουν ορμόνες στους όρχεις.
- **1912:** Ο Γάλλος βιολόγος και χειρουργός Alexis Carrel, εργαζόμενος στο Rockefeller Institute for Medical Research, αξιοποιεί τις τεχνικές του George Harisson και δημιουργεί κύτταρα από την καρδιά εμβρυικού κοτόπουλου, τα οποία διατηρεί ζωντανά σε γυάλινη φιάλη για περισσότερα από είκοσι χρόνια.
- **1912:** Εισάγεται ο όρος *vital amines* ή *vitamines* από τον βιοχημικό του Lister Institute Casimir Funk, ο οποίος προσδιόρισε τις αμίνες που συνδέονται με τις ασθένειες μπέρι - μπέρι και σκορβούτο.
- **1916:** Ο Αμερικανός ψυχολόγος Lewis Terman δημοσιεύει το βιβλίο του, *The Measurement of Intelligence*, το οποίο βασίζεται σε τεστ ευφυΐας, που εφάρμοσε στο Stanford University, για τον προσδιορισμό του I.Q.
- **1917:** Ο Ούγγρος επιχειρηματίας Karl Ereky δημοσιεύει το βιβλίο *Biotechnology of Meat, Fat and Milk Production in an Agricultural Large-Scale Farm*.
- **1919:** Το Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου ιδρύει το Institute of Animal Genetics.
- **1920:** Ο Γερμανός βοτανολόγος Hans Winkler χρησιμοποιεί για πρώτη φορά τον όρο *γονίδιο*.
- **Δεκαετία 1920:** Ο Αμερικανός βιολόγος Gregory Pincus ακολουθεί τα πειράματα του Walter Heape και επιχειρεί με επιτυχία τεχνητή γονιμοποίηση σε κουνέλια.
- **Δεκαετία 1920:** Ο Henry Ford και ο Frederick Winslow Taylor αναπτύσσουν νέες επαναστατικές και πιο αποτελεσματικές μεθόδους μαζικής και τυποποιημένης παραγωγής. Οι όροι *Fordism* και *Taylorism* δηλώνουν αμερικανικό σύστημα παραγωγής.
- **1924:** Με νόμο της Immigration Act των Η.Π.Α., που εκφράζει ευγονικές απόψεις, επιτρέπεται η είσοδος Εβραίων μεταναστών και μεταναστών από την ΝΑ. Ευρώπη και απαγορεύεται η είσοδος σε μετανάστες από την Μέση Ανατολή, την Ανατολική Ασία και την Ινδία.

- **1924:** Ιδρύεται στο Παρίσι το National Hygiene Office, με την οικονομική στήριξη της Rockefeller Foundation.
- **1926:** Ο Σκωτσέζος φυσικός και βιολόγος Alexander Fleming σχεδιάζει σε στυπόχαρτο διάφορα είδη βακτηριδίων που τον οδηγούν στην ανακάλυψη της πενικελίνης.
- **1927:** Το Rockefeller Foundation χρηματοδοτεί την ίδρυση του Kaiser Wilhelm Institute for Anthropology Human Heredity and Eugenics στο Βερολίνο, με διευθυντή τον Eugen Fischer, υπέρμαχο των ρατσιστικών αντιλήψεων του Χίτλερ.
- **1924 -1938:** Ο Αμερικανός φυσιολόγος του Columbia Medical School, Louis Berman, εκδίδει μία σειρά από βιβλία στα οποία υποστηρίζει την ορμονοθεραπεία. Στην σειρά αυτή συμπεριλαμβάνονται τα βιβλία: *The Glands Regulating Personality* (1921), *Study of the Relation of Ductless Glands to Homosexuality* (1933), *Food and Character* (1933) και *New Creations and Human Beings* (1938).
- **Δεκαετία 1930:** Ο Γάλλος χειρουργός και βιολόγος Alexis Carrel συνεργάζεται με τον Charles Lindbergh για τον σχεδιασμό μίας αντλίας έγχυσης αίματος σε ένα όργανο, ώστε να μπορεί αυτό να διατηρηθεί ζωντανό έξω από το σώμα. Η μέθοδος αυτή, ωστόσο, δεν εξασφαλίζει την επ' αόριστον διατήρηση του οργάνου.
- **Δεκαετία 1930:** Στην Σοβιετική Ένωση, ο Ιωσήφ Στάλιν, προκειμένου να αυξήσει την γεωργική παραγωγή, υποστηρίζει την θεωρία του γεωπόνου Trofim Lysenko, σχετικά με την δυνατότητα να αναπτύσσονται την άνοιξη γενετικά τροποποιημένα φυτά του χειμώνα.
- **1933:** Το Reichstag κηρύσσει τον *Νόμο περί Πρόληψης των Κληρονομικών ασθενειών*.
- **1934:** Οι Ναζί αρχίζουν να εφαρμόζουν νόμους υποχρεωτικής στέρωσης ανθρώπων με ψυχικές ή διανοητικές ασθένειες, επιληπτικών και αλκοολικών.
- **1934:** Στην Σουηδία εκδίδεται νόμος για υποχρεωτική στέρωση ατόμων που κρίνονται ακατάλληλα για τεκνοποίηση, είτε λόγω ψυχικής ή σωματικής αναπηρίας είτε λόγω κοινωνικής απόκλισης.
- **1935:** Η νομοθεσία της Νυρεμβέργης απαγορεύει τους γάμους μεταξύ Αρείων και Εβραίων ή ανίκανων/ ακατάλληλων ανθρώπων.

- **1938:** Ο Αμερικανός μαθηματικός Warren Weaver εισάγει τον όρο *μοριακή βιολογία (molecular biology)*.
- **1939:** 400.000 άνθρωποι υποβάλλονται σε υποχρεωτική στείρωση στην Γερμανία.
- **1939-1940:** Διαπιστώνεται ότι το χημικό συστατικό των χρωμοσωμάτων, που φέρει την γενετική πληροφορία, την αποκαλούμενη "κώδικα της ζωής ενός ατόμου, είναι ένα ιδιαίτερο είδος μορίου που ονομάζεται Deoxyribose Nucleic Acid (DNA).
- **1942:** Ο Αγγλοαμερικανός Ashley-Montagu δημοσιεύει το βιβλίο του *Man's Most Dangerous Myth" The Fallacy of Race"*.
- **1942:** Ο Αμερικανός χημικός Russell Marker ιδρύει την εταιρεία Syntex για την παραγωγή προγεστερόνης.
- **1943:** Το Rockefeller Foundation ξεκινά το Cooperative Wheat Research Production Program, με στόχο την συνεργασία με την κυβέρνηση και τους αγρότες του Μεξικού για την αύξηση παραγωγής του σταριού. Προς αυτή την κατεύθυνση, συνεργάζεται με τον γεωπόνο- μικροβιολόγο Norman Borlaug, ο οποίος πειραματίζεται για την δημιουργία διαφορετικών ποικιλιών σταριού.
- **1944:** Κυκλοφορεί το βιβλίο του Αυστριακού φυσικού Erwin Schrodinger, *What is life?*, στο οποίο διατυπώνεται η άποψη ότι τα χρωμοσώματα αποτελούν ένα είδος συμφυσούς κώδικα που περιλαμβάνει ολόκληρο το μοτίβο της μελλοντικής ανάπτυξης ενός οργανισμού.
- **1945-1950:** Ο Αυστριακός βιολόγος Erwin Chargaff, με τους συναδέλφους του Ernst Vischer και Stephen Zamenhof, αποδεικνύουν, μετά από εργαστηριακή έρευνα, ότι παραμένει σταθερή η σχέση του βασικού ζεύγους μορίων.
- **1947:** Η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου δημιουργεί το Poultry Research Center και την Animal Breeding Research Organization.
- **1949-1950:** Οι Άγγλοι βιολόγοι Christopher Polge και Dr. Audrey Smith, που εργάζονταν στο National Institute for Medical Research στο Mill Hill του Λονδίνου, ανακαλύπτουν την μέθοδο κατάψυξης (*cryopreservation*) σπερμάτων κοτόπουλου, έτσι ώστε να παραμένουν ζωντανά για την επώαση.
- **Αρχές δεκαετίας '50:** Ο Άγγλος χημικός Linus Pauling προσδιορίζει την μεγάλης κλίμακας δομή του DNA.

- **Δεκαετία 1950:** Χρησιμοποιείται ο όρος HGP (Human Genome Project).
- **Δεκαετία 1950:** Οι φαρμακευτικές βιομηχανίες των Η.Π.Α. και της Ευρώπης παράγουν αντισυλληπτικά χάπια.
- **1950:** Ιδρύεται τράπεζα ιστών, που προμηθεύει δέρμα και οστά για την έρευνα ή για θεραπευτικούς σκοπούς.
- **1950-1960:** Ο Γερμανός φαρμακολόγος Werner Kalow υποστηρίζει ότι η λειτουργία των φαρμάκων σε έναν οργανισμό εξαρτάται από γονιδιακούς παράγοντες. Η θεωρία του Kalow συνδέεται με τον όρο *φυλετική υγεία*, βάσει της οποίας οι φαρμακοβιομηχανίες αρχίζουν να παράγουν φάρμακα με διαφορετική σύσταση ανάλογα με την φυλή.
- **1951:** Ο Dr George Grey, ερευνητής στο Johns Hopkins University, δημιουργεί το *HeLa* (από το όνομα Henrietta Lacks της ασθενούς), την πρώτη σειρά ανθρώπινων κυττάρων προερχόμενων από το ίδιο κύτταρο.
- **1951:** Η Αγγλίδα βιοφυσικός και κρυσταλλογράφος Rosalind Franklin ανακαλύπτει την διπλή έλικα του DNA, με εικόνες περίθλασης ακτίνων X.
- **1952:** Οι Αμερικανοί βιολόγοι Robert Briggs και Thomas King δημιουργούν έναν βάτραχο με την μεταφορά πυρηνικών κυττάρων σε εμβρυικά κύτταρα.
- **1953:** Οι James D. Watson και Francis Crick δημοσιεύουν την μελέτη τους σχετικά με την μοριακή δομή του DNA, αξιοποιώντας τα δεδομένα της Rosalind Franklin.
- **1958:** Ο Γερμανός βιοφυσικός Max Delbruck οργανώνει το Phage Group και μεταφέρει κρυπτογραφημένο μήνυμα μέσω της γλωσσικής λειτουργίας γενετικού κώδικα.
- **1958:** Ο βιολόγος του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης, John Gurdon, δημιουργεί τον βάτραχο *Xenopus*, μεταφέροντας πυρήνες από κύτταρα γυρίνων σε έμβρυα βατράχων.
- **Αρχές δεκαετίας 60':** Ο Ιάπωνας χημικός Osamu Shimomura ανακαλύπτει την πράσινη φθορίζουσα πρωτεΐνη (Green Fluorescent Protein - GFP).
- **1961-1965:** Οι φυσιολόγοι Heinrich Matthaei, Har Gobind Khorana και Marshall Nirenberg αποκρυπτογραφούν για πρώτη φορά μέρος του γενετικού κώδικα.
- **1962:** Ο Άγγλος βιολόγος Sir Julian Huxley, αδελφός του συγγραφέα Aldous Huxley, στην εναρκτήρια ομιλία του στο CIBA Foundation Symposium στο

Λονδίνο, με θέμα *Man and his Future*, εκφράζει την άποψη ότι οι άνθρωποι πρέπει να βελτιωθούν μέσω της επιστήμης και της τεχνολογίας, ενδεχομένως συμπεριλαμβανομένης της ευγονικής, αλλά και της βελτίωσης του κοινωνικού περιβάλλοντος.

- **1963:** Ο Αμερικανός χειρουργός στο Tulan University της Νέας Ορλεάνης Keith Reemtsma μεταμοσχεύει νεφρά πιθήκου σε ασθενείς με νεφρική ανεπάρκεια. Τόσο αυτή η μεταμόσχευση (*xenotransplantation*), όσο και άλλες που έγιναν στις δεκαετίες 1960-1970, δεν είχαν επιτυχή έκβαση γιατί οι ασθενείς πέθαναν σε διάστημα 100 ημερών.
- **1963:** Ο Νοτιοαφρικανός βιολόγος Sydney Brenner εισάγει τον όρο *Caenorhabditis elegans* (*C. Elegans* ή *Worm Genome*), για έναν συγκεκριμένο οργανισμό.
- **1964:** Ο Αμερικανός ανθρωπολόγος Frank Livingstone δηλώνει ότι δεν υπάρχουν φυλές αλλά αποκλίσεις, στο άρθρο του "On the Non- Existence of Human Races".
- **Δεκαετία 1970:** Ο Ιταλός γενετιστής Luigi Cavalli-Sforza προτείνει την διεύρυνση του Human Genome Project με γενετικά δεδομένα από λαούς όλης της γης.
- **1971:** Ο βιοχημικός Ronald Cape, ο φυσικός Peter Farley και ο φυσιολόγος Donald Glaser ιδρύουν την Cetus Corporation, την πρώτη βιοτεχνολογική εταιρεία.
- **1972:** Ο Αμερικανός βιολόγος Richard Lewontin, στο άρθρο του "The Apportionment of Human Diversity", περιγράφει τα γενετικά δεδομένα του ανθρώπινου είδους και επισημαίνει ότι δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις ανθρώπινες φυλές και ότι διαφορές συναντάμε μόνο ανάμεσα στα άτομα.
- **1972:** Ο μικροβιολόγος Anand Chakrabarty, εργαζόμενος στην General Electric (GE), στο Schenectady της Νέας Υόρκης, αναπτύσσει ένα νέο βακτηρίδιο, το οποίο καταπολεμά τις πετρελαιοκηλίδες.
- **1973:** Κυκλοφορεί η μελέτη "Construction of biologically functional bacterial plasmids in vitro", των Αμερικανών γενετιστών Stanley Norman Cohen, Herbert Boyer, Robert B. Helling και Annie C.Y. Chang, σχετικά με την μεταμόσχευση γονιδίων από ένα ζωντανό οργανισμό σε έναν άλλο.

- **1973:** Ο Αμερικανός βιολόγος Richard Lewontin δημοσιεύει το άρθρο του "The Apportionment of Human Diversity".
- **1976:** : Ο Herbert Boyer ιδρύει την βιοτεχνολογική εταιρεία Genentech σε συνεργασία με τον επιχειρηματία Robert A. Swanson .
- **1976:** Οι Αμερικανοί βιοχημικοί Allan Maxam και Walter Gilbert επινοούν την μέθοδο ακολουθίας του DNA.
- **1976:** Το Harvard University ζητά άδεια αναβάθμισης ενός από τα βιολογικά του εργαστήρια, για την διερεύνηση ιών και την τροποποίηση του DNA.
- **1977:** Επιστήμονες της Genotech απομονώνουν το γονίδιο για την σωματοτροπίνη ορμόνη (BST).
- **1977:** Ο Άγγλος βιοχημικός Frederick Sanger επινοεί μία εναλλακτική μέθοδο ακολουθίας του DNA, με μειωμένα επίπεδα ακτινοβολίας και λιγότερα τοξικά χημικά.
- **1977:** Ο γυναικολόγος Patrick Steptoe και ο φυσιολόγος Robert Edwards πετυχαίνουν την πρώτη τεχνητή γονιμοποίηση σε γυναίκα.
- **1978:** Ιδρύεται η βιοτεχνολογική εταιρεία Biogen.
- **1978:** Η Genentech, σε συνεργασία με το Beckman Research Institute του Λος Άντζελες, παράγει ανθρώπινη ινσουλίνη.
- **Τέλη δεκαετίας '70:** Στην περιοχή Silicon Valley του νότιου San Francisco δημιουργείται ένας τεράστιος αριθμός εταιρειών υψηλής τεχνολογίας.
- **Δεκαετία 1980:** Ξεκινά ο προγεννητικός έλεγχος για κληρονομικές ασθένειες.
- **Αρχές δεκαετίας 1980:** Θεσπίζεται από το Γραφείο Ευρεσιτεχνίας και Εμπορικών Σημάτων των Η.Π.Α. (US Patents and Trademarks Office, USPTO) το *Diamond v. Chakrabarty* (από τα ονόματα των: Sidney A. Diamond, Επιτρόπου Ευρεσιτεχνίας και Εμπορικών Σημάτων, και του Anand Chakrabarty, μικροβιολόγου που εργαζόταν στην General Electric).
- **1980:** Αναγνωρίζεται η ευρεσιτεχνία για την "Process for Producing Biologically Functional Molecular Chimeras" των Herb Boyer Stan Cohen, επιστημόνων συνεργαζόμενων με την Biotech.
- **1980:** Ιδρύεται η βιοτεχνολογική εταιρεία Amgen.
- **1981:** Ιδρύεται η βιοτεχνολογική εταιρεία Genzyme.
- **1981:** Ιδρύεται η βιοτεχνολογική εταιρεία Chiron.

- **1981:** Οι Αμερικανοί βιολόγοι Jon W. Gordon και Frank H. Ruddle εισάγουν τον όρο *διαγονιδιακός* (*transgenic*).
- **1981:** Ο βιολόγος Martin Evans, του Πανεπιστημίου του Εδιμβούργου, και ο εμβρυολόγος Matthew Kaufman, του Cambridge University, δημιουργούν εμβρυικά βλαστοκύτταρα, αξιοποιώντας τα πειράματα του Robert Edwards του Cambridge University.
- **1982:** Η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου συγκαλεί πάνελ, με προεδρεύοντα την φιλόσοφο Mary Warnock, για να εξετάσει ζητήματα που προέκυψαν από θεραπεία για την αντιμετώπιση της στειρότητας.
- **1984:** Γεννιέται το πρώτο μωρό από κατεψυγμένο έμβρυο.
- **1985:** Οι βιολόγοι Kenneth A. Hibberd, Paul C. Anderson και Pauline Hubbard, εργαζόμενοι στην Molecular Genetics Inc., δημιουργούν την *Ex parte Hibberd*, μία γενετικά τροποποιημένη μορφή αραβοσίτου που παράγει την πρωτεΐνη τρυπτοφάνη.
- **1986:** Ο Αμερικανός ιστορικός της τεχνολογίας Thomas P. Hughes εισάγει τον μεταφορικό όρο *seamless web* για να περιγράψει την σύζευξη της κοινωνίας με την επιστήμη, την τεχνολογία και την βιομηχανία.
- **1986:** Το United States Department of Energy (DOE) προτείνει να χρηματοδοτηθεί από την κυβέρνηση η χαρτογράφηση όλων των ανθρώπινων γονιδιωμάτων.
- **1986:** Δημιουργείται το Office of Human Genome Research (OHR) από τα National Institutes of Health (NIH).
- **1990:** Εγκρίνεται από το Κονγκρέσο των Η.Π.Α. η ίδρυση του National Center for Human Genome Research.
- **1990:** Ξεκινά το Human Genome Project (HGP), με στόχο την ανακάλυψη και βιολογική διερεύνηση 20.000-25.000 ανθρώπινων γονιδίων. Πρόκειται για το πρώτο μεγάλης κλίμακας βιολογικό ερευνητικό project σε παγκόσμιο επίπεδο.
- **1990:** Γεννιέται από επιστήμονες του Roslin Institute ο πρώτος διαγονιδιακός οργανισμός με το όνομα *Tracy*. Πρόκειται για ένα πρόβατο, το οποίο μπορεί να παραγάγει στο γάλα του ανθρώπινες πρωτεΐνες.

- **1990-1996:** Ο εμβρυολόγος Ian Wilmut και ο βιολόγος Keith Campbell συνεργάζονται στο Roslin Institute για την δημιουργία προβάτου από διαφορετικά κύτταρα που αναπτύχθηκαν σε εργαστήριο.
- **1991:** Σχηματίζεται στο Ηνωμένο Βασίλειο η Human Fertilization and Embryology Authority.
- **1992:** Το United Nations Conference on Sustainable Development αναγνωρίζει την ανάγκη να μοιραστούν τα οφέλη της γενετικής έρευνας και στις κοινότητες των ιθαγενών και στα βιολογικά εργαστήρια.
- **1994:** Ο ψυχολόγος Richard J. Herrnstein και ο πολιτικός επιστήμονας Charles Murray δημοσιεύουν το βιβλίο *Intelligence and Class Structure in American Life*, στο οποίο εξετάζουν την επιρροή του I.Q. σε παράγοντες, όπως είναι η εργασία, το εισόδημα και το έγκλημα. Ωστόσο, θεωρούν ότι η διαφορά του I.Q. ανάμεσα σε λευκούς και μαύρους Αμερικανούς θα μπορούσε να οφείλεται στα γονίδια.
- **1996:** Γεννιέται στο Roslin Institute η *Dolly*, από τους Ian Wilmut και Keith Campbell. Πρόκειται για το πρώτο πρόβατο που δημιουργείται από ζωικά κύτταρα σε εργαστήριο.
- **1996:** Κυκλοφορεί το βιβλίο του ανθρωπολόγου Paul Rabinow, *Making PCR: A Story of Biotechnology*
- **1998:** Δύο βιολόγοι, ο Άγγλος John Sulston και ο Αμερικανός Robert H. Waterston, στηριζόμενοι στις έρευνες του Sydney Brenner, αναλύουν την ακολουθία του *C. Elegans* και συμβάλλουν στην ανάλυση του ανθρώπινου γονιδιώματος.
- **1998:** Ο Αμερικανός βιολόγος James Thomson, του University of Wisconsin - Madison, δημιουργεί την πρώτη σειρά ανθρώπινων εμβρυικών βλαστοκυττάρων.
- **1998:** Η φαρμακευτική εταιρεία Pfizer δίνει στην κυκλοφορία το viagra.
- **Δεκαετία 2000:** Ο αριθμός των ευρεσιτεχνιών σχετικά με το RNA ή DNA υπολογίζεται στις 50.000, από τις οποίες 3.000 - 5.000 αφορούν σε ανθρώπινα γονίδια, σε ποσοστό 20% του συνολικού αριθμού των ανθρώπινων γονιδίων.
- **2002:** Το National Research Institute ξεκινά το πρόγραμμα *International Haplotype Map (HapMap)*. Πρόκειται για ένα μέσο που βοηθά τους ερευνητές

να βρίσκουν γονίδια και γενετικές παραλλαγές που επηρεάζουν την υγεία και τις ασθένειες.

- **2003:** Το Massachusetts Institute of Technology (MIT) ιδρύει την Registry of Standard Biological Parts. Πρόκειται για ένα ηλεκτρονικό μητρώο το οποίο περιλαμβάνει δομικά γενετικά στοιχεία (BioBricks).
- **2003:** Ο βιοχημικός και βιοτεχνολόγος Craig Venter, εξετάζει θαλάσσια γονιδιώματα στο Institute for Biological Energy Alternative του Maryland, με στόχο την αξιοποίησή τους ως βιοκαύσιμα ή εναλλακτικές πηγές ενέργειας.
- **2003:** Γίνεται ευθανασία στην *Dolly*, μετά από 6 χρόνια ζωής της, γιατί προσβλήθηκε από καρκίνο του πνεύμονα. Καθώς η ράτσα της (Dorset Sheep) έχει μέσο όρο ζωής τα 12 χρόνια, ο θάνατος της *Dolly* προξένησε την αμφισβήτηση της κλωνοποίησης.
- **2003:** Ο Αμερικανός γενετιστής και ανθρωπολόγος Spencer Wells προβάλλει το ντοκιμαντέρ *The journey of Man: A Genetic Odyssey*, το οποίο βασίζεται στο ομώνυμο βιβλίο του. Πρόκειται για ένα οδοιπορικό, το οποίο αναφέρεται στην διαδρομή του ανθρώπου από την Αφρική στις άλλες ηπείρους, καθώς και για ένα ανθρώπινο οικογενειακό δέντρο του DNA ανθρώπων όλης της γης.
- **2003:** Η κυβέρνηση της Σιγκαπούρης ενισχύει οικονομικά την έρευνα για βλαστοκύτταρα και δημιουργεί την Biopolis.
- **2005:** Η κυβέρνηση της Νότιας Κορέας ιδρύει το World Stem Cell Hub.
- **2005:** Ιδρύονται εταιρείες που κατασκευάζουν και εμπορεύονται ολοκληρωμένα συστήματα για την ανάλυση της γενετικής ποικιλότητας και της βιολογικής λειτουργίας. Μέσω αυτών των εταιρειών, προωθείται η *personal genomics*, για την πρόληψη πιθανών ασθενειών.
- **2011:** Κυκλοφορεί το βιβλίο της ιστορικού της επιστήμης *Sally Smith Hughes*, *Genetech: The Beginnings of Biotech*.
- **2012:** Η Federation of American Societies for Experimental Biology οργανώνει διαγωνισμό σχετικό με την έρευνα για επιστημονικές απεικονίσεις στην βιοϊατρική και την ζωή.
- **2005:** Ξεκινά το *Genographic Project*, ένα από τα προγράμματα χαρτογράφησης της δειγμάτων DNA ανθρώπων από όλα τα μέρη της γης.
- **2005-2009:** Ο Αμερικανός γενετιστής Bruce Lahn, ο οποίος εργάζεται στο Πανεπιστήμιο του Σικάγο, ανακαλύπτει το γονίδιο *MCPH1*, που συνδέεται με

την νόσο μικροκεφαλία. Η ανακάλυψη αυτή ανοίγει έναν νέο διάλογο σχετικά με τον ρόλο των γονιδίων και στην γενετική ποικιλομορφία, ανάλογα με την φυλή, την χρονική εποχή και το περιβάλλον.

- **2007:** Ο Craig Venter και ο Hamilton Smith θέτουν τις βάσεις για την δημιουργία οργανισμών μέσα σε εργαστήριο. Πρώτος τους στόχος είναι η δημιουργία του βακτηριδίου *Mycoplasma laboratoryium*.