



Νευροφυσιολογία και Αισθήσεις

Διάλεξη 9

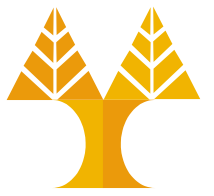
Χημικές Αισθήσεις (Chemical Senses)



- Τα ζώα εξαρτώνται από τις χημικές αισθήσεις τους
 - Βρίσκουν κατεύθυνση, αναζητούν λεία, αποφεύγουν αρπακτικά, προσελκύουν το ταίρι τους
 - Δεν είναι τόσο αναπτυγμένες στους ανθρώπους
 - Αλήθεια; Πόσα ξοδεύεται σε αρώματα και κολόνιες;
- Χημικές αισθήσεις (Chemical senses)
 - Το αρχαιότερο και πιο κοινό αισθητήριο σύστημα
 - Χημικοί υποδοχείς (Chemoreceptors)
 - Εσωτερικό περιβάλλον, π.χ. O_2 , CO_2 , οξύτητα, κλπ.
 - Γεύση (Gustation)
 - Όσφρηση (Olfaction)



Οι Βασικές Γεύσεις



- Αντιστοιχία με τη χημική σύνθεση
- Βασικές Γεύσεις
 - Αλμυρό (Salty)
 - Αλάτι (NaCl)
 - Ξινό (Sour)
 - Λεμόνι, ξύδι, φρούτα
 - Γλυκό (Sweet)
 - Ζάχαρες (φρουκτόζη, σουκρόζη, κλπ.) και τεχνητά γλυκαντικά, π.χ. σακκαρίνη και ασπαρτάμη
 - Πικρό (Bitter)
 - Ιόντα όπως K^+ και Mg^{2+} , κινίνη (quinine), και καφεΐνη (caffeine)
 - → Επιβίωση: Τα δηλητήρια είναι συνήθως πικρά
 - Umami
 - Ζωμοί, σάλτσες, οστρακοειδή, ψάρια, ντομάτες, μανιτάρια



Οι Βασικές Γεύσεις



- **Πως διαχωρίζουμε τις αμέτρητες γεύσεις του φαγητού;**
 - Κάθε φαγητό ενεργοποιεί διαφορετικούς συνδυασμούς υποδοχέων (receptors)
 - Διαφορετικές μυρωδιές
 - Άλλες αισθήσεις
- **Η αντίληψη της γεύσης επηρεάζεται από**
 - Πληροφορίες από άλλες αισθήσεις και ιδιαίτερα την γεύση
 - Θερμοκρασία και υφή του φαγητού
 - Ψυχολογικές εμπειρίες που συνδέονται με παλιές εμπειρίες με φαγητό



Τα Όργανα της Γεύσης

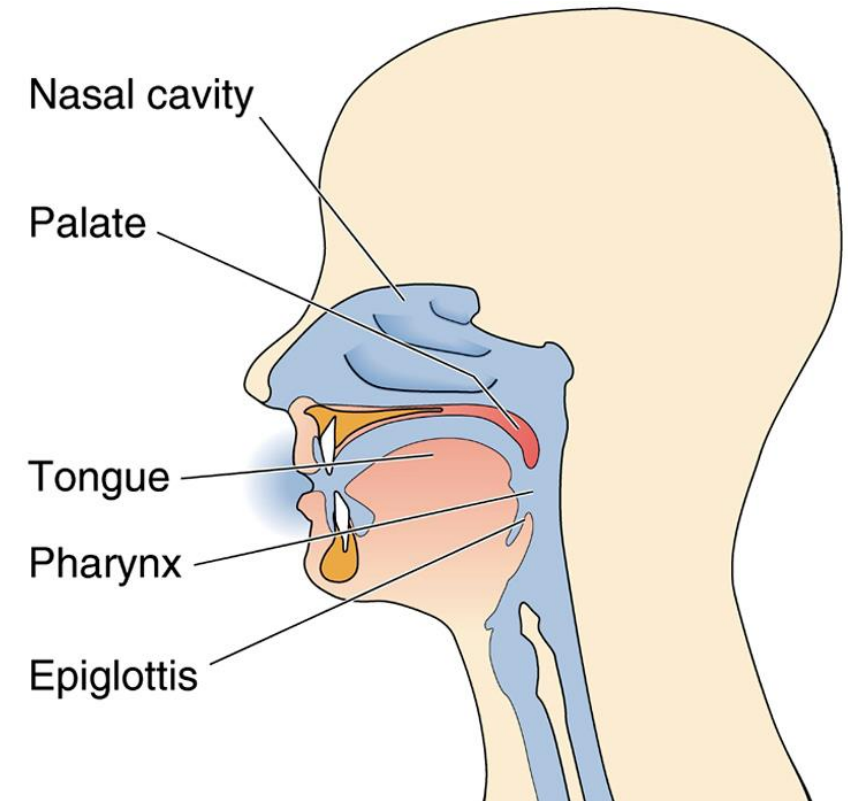


- **Περιοχή**

- Γλώσσα (Tongue), στόμα (mouth), υπερώα (palate), φάρυγγας (pharynx), και επιγλωττίδα (epiglottis)

- **Περιοχές ευαισθησίας στη γλώσσα**

- Άκρη της γλώσσας
 - Γλυκό
- Πίσω μέρος της γλώσσας
 - Πικρό
- Πλευρές της γλώσσας
 - Αλμυρό και ξινό
- Η περισσότερη επιφάνεια της γλώσσας είναι ευαίσθητη σε όλα



Τα Όργανα της Γεύσης



- **Θηλές (Papillae)**

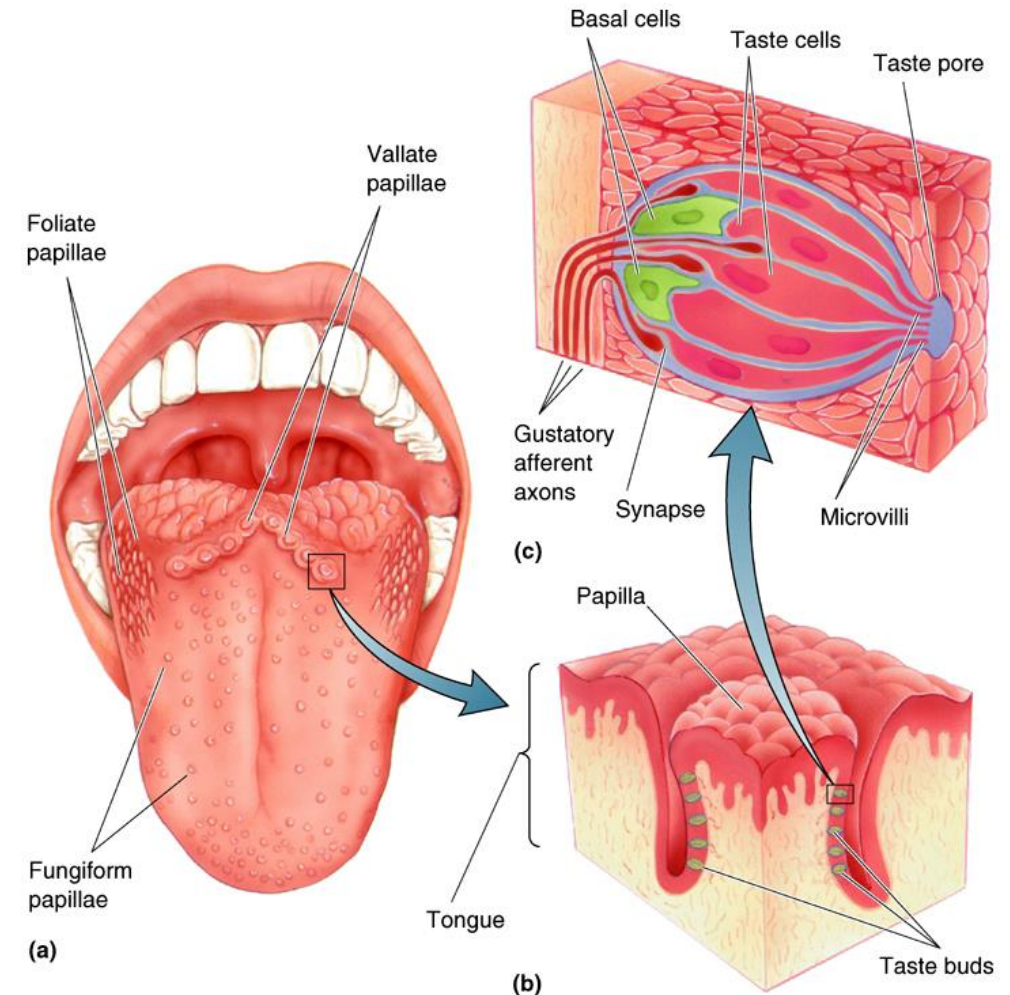
- 1 ως μερικές εκατοντάδες γευστικούς κάλυκες (taste buds)
- 2000-5000 γευστικοί κάλυκες/άτομο

- **Γευστικοί Κάλυκες (Taste buds)**

- 50-150 γευστικά κύτταρα

- **Κατώφλι συγκέντρωσης (Threshold concentration)**

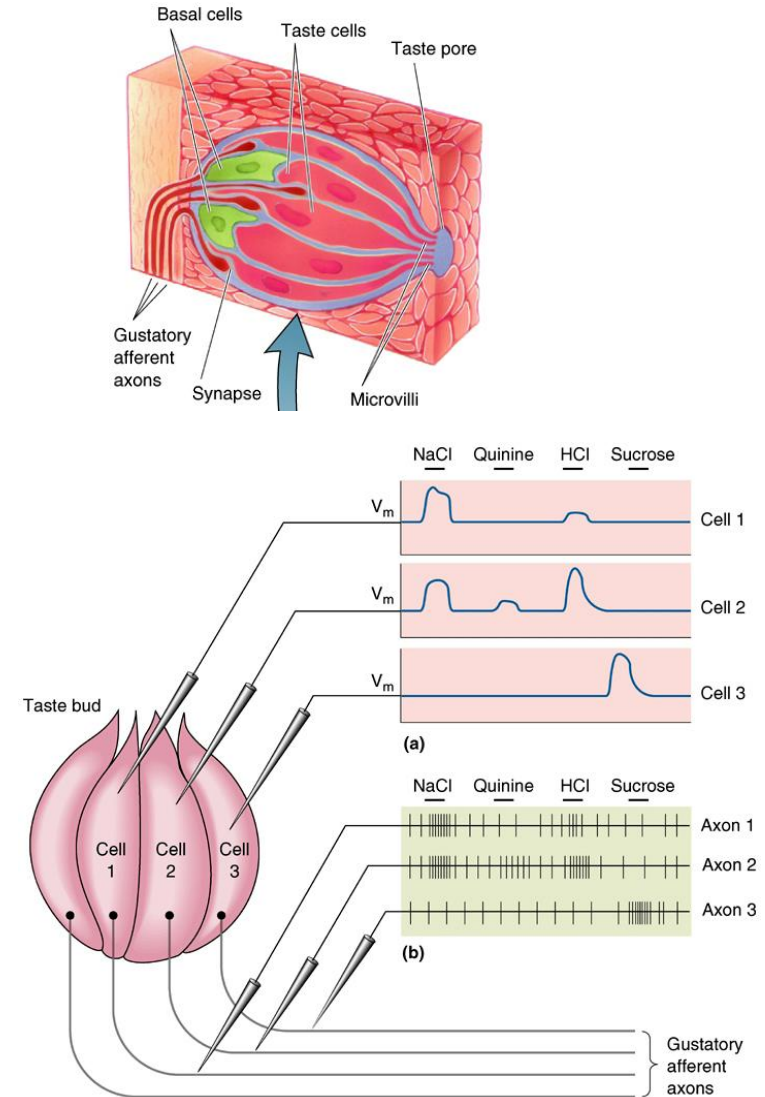
- Αρκετή έκθεση ώστε μια θηλή να ανιχνεύσει τη γεύση



Γευστικά Κύτταρα



- **Κύτταρα-υποδοχείς** τα οποία συνεχώς ανανεώνονται (~2 εβδομάδες)
- **Ευαίσθητη περιοχή**
 - Κορυφή (Apical ends) → Μικρο-λάχνες (Microvilli) → Γευστικός πόρος (Taste pore)
- **Δυναμικό υποδοχέα (Receptor potential)**
 - Συνήθως εκπόλωση (depolarizing)
- **Αν το ερέθισμα είναι αρκετά δυνατό**
 - → απελευθέρωση νευροδιαβιβαστή (διάφοροι νευροδιαβιβαστές)
 - → ΔΕ στον μετασυναπτικό νευρώνα
- **Κάποια κύτταρα δεν είναι ειδικευμένα (non-specific)**
 - Αντιδρούν σε περισσότερες από μία γεύσεις



Μηχανισμός Μετατροπής της Γεύσης

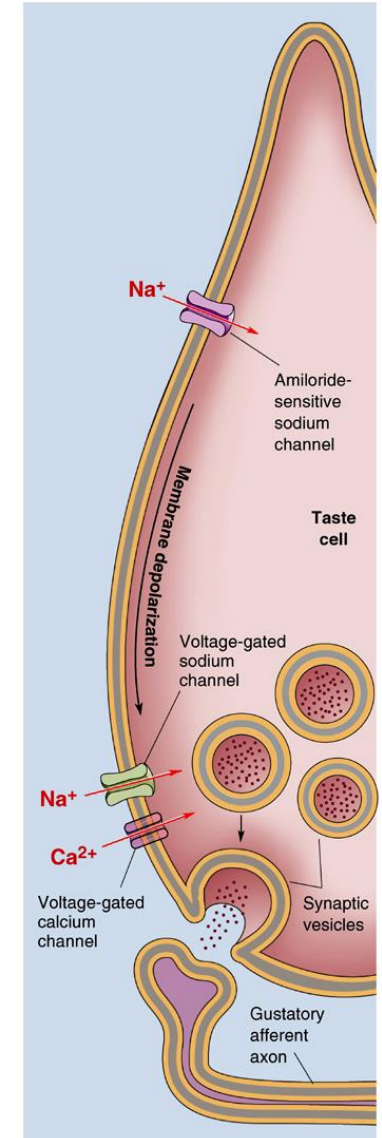


- **Μετατροπή (Transduction)**

- Γευστικά ερεθίσματα (stimuli) → tastants
 - Περνούν απ' ευθείας μέσα από διάυλους ιόντων, ή
 - Προσδένονται και αποκλείουν (block) διαύλους ιόντων, ή
 - Προσδένονται σε υποδοχείς συνδεδεμένους με πρωτεΐνες G

- **Αλμυρή Γεύση (NaCl)**

- Κατώφλι (Threshold): 10 mM
- Γευστικά κύτταρα ευαίσθητα στο αλάτι
 - Εξειδικευμένος διάυλος Na^+
 - Αποκλείεται από την ουσία amiloride
- Ανιόντα (μαζί με το Na^+) επηρεάζουν την γεύση
 - Μεγαλύτερα ανιόντα → εξουδετερώνουν τη γεύση του Na^+ ή έχουν δική τους γεύση
 - Ο μηχανισμός δεν είναι ακριβώς γνωστός

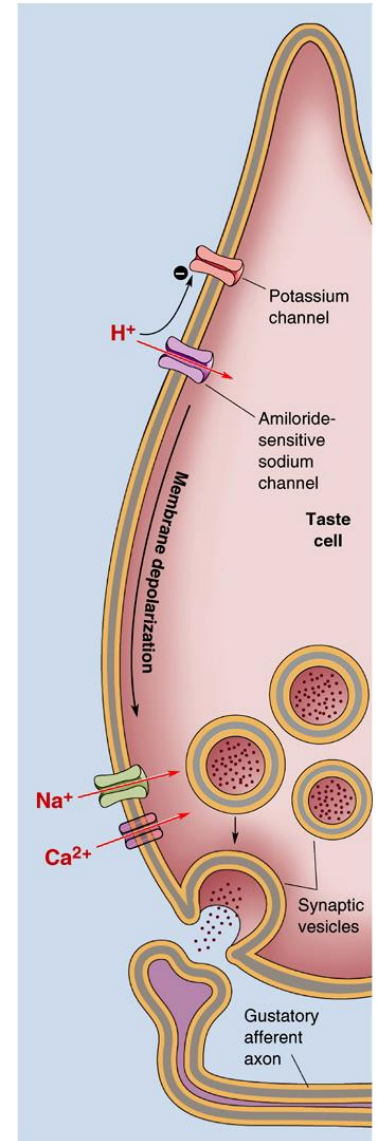


Μηχανισμός Μετατροπής της Γεύσης



- **Ξινή Γεύση (Sourness)**

- Χαμηλό pH $\rightarrow$ οξύτητα ή ξυνάδα
- Οφείλεται στα πρωτόνια (H^+)
- Δύο μηχανισμοί
 - Είσοδος από διάυλους Na^+
 - Αποκλεισμός διάυλων K^+
- Το χαμηλό pH κατά πάσα πιθανότητα επηρεάζει ένα μεγάλο αριθμό κυτταρικών διεργασιών



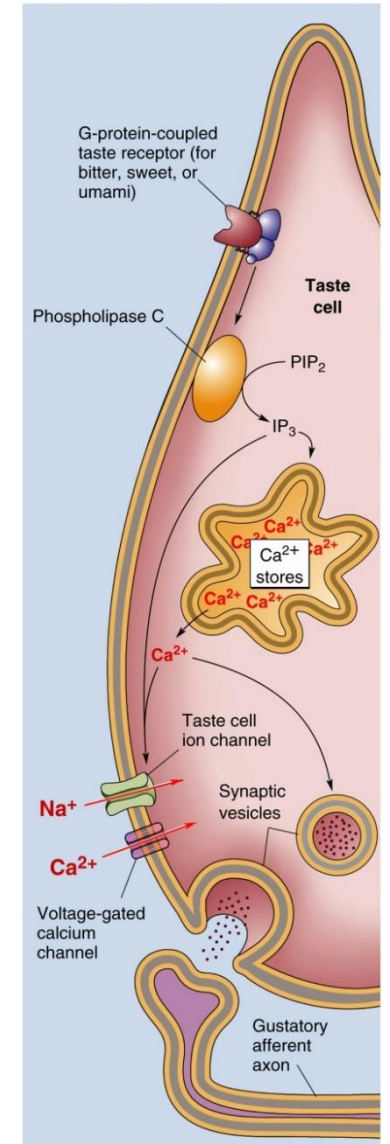
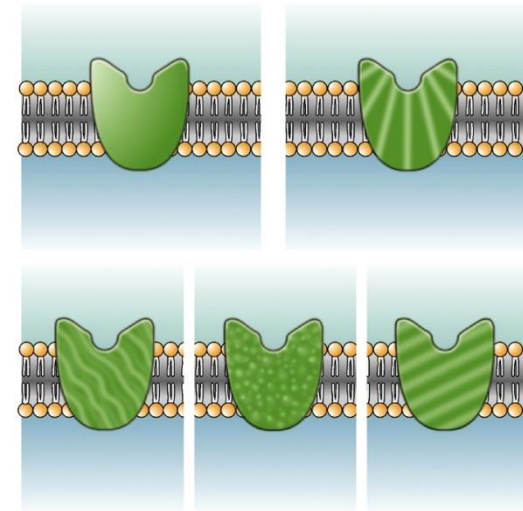
Μηχανισμός Μετατροπής της Γεύσης



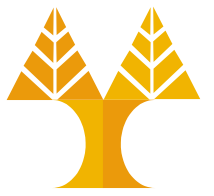
• Πικρή Γεύση (Bitterness)

- Οικογένειες από γονίδια (genes) γευστικών υποδοχέων – *T1R* και *T2R*
 - Χρησιμοποιούν δεύτερους αγγελιοφόρους (second messengers)
 - ~30 διαφορετικοί τύποι
- Δεν γίνεται διαχωρισμός μεταξύ των διαφόρων τύπων
 - Κάθε κύτταρο έχει σχεδόν όλους τους τύπους
- Πολύ ευαίσθητοι στα δηλητήρια
 - 10 nM

Bitter receptors: the T2Rs



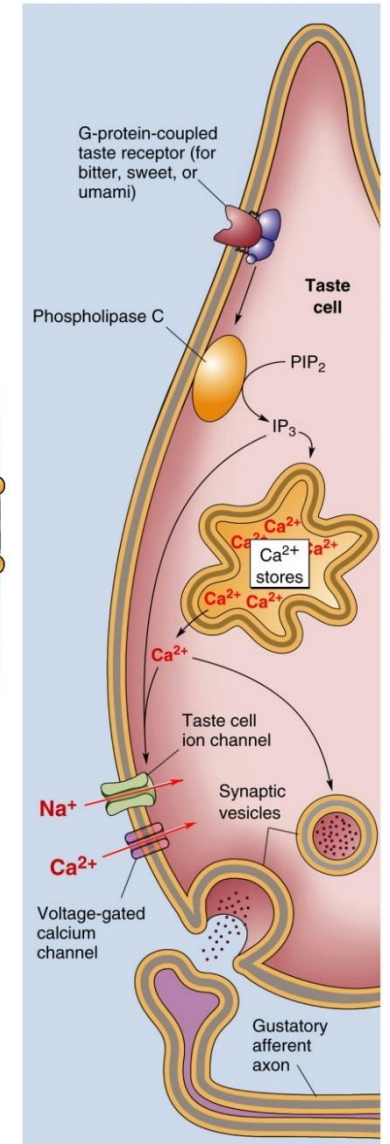
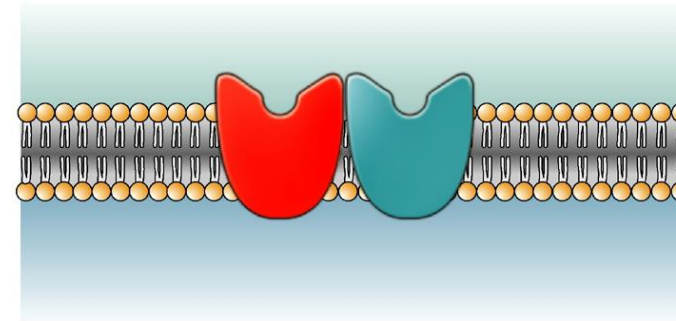
Μηχανισμός Μετατροπής της Γεύσης



- **Γλυκιά γεύση (Sweetness)**

- Γλυκιά μόρια, φυσικά και τεχνητά
- Υποδοχείς
 - Παρόμοιοι με της πικρής γεύσης
 - Σχηματίζονται από δύο πρωτεΐνες: *T1R2+T1R3*
- Γιατί τα σήματα από αυτούς τους υποδοχείς δεν μπερδεύονται με τους πικρούς υποδοχείς;
 - Γιατί οι υποδοχείς εκφράζονται σε διαφορετικά κύτταρα και επικοινωνούν με άξονες διαφορετικών νευρώνων

Sweet receptor: T1R2 + T1R3



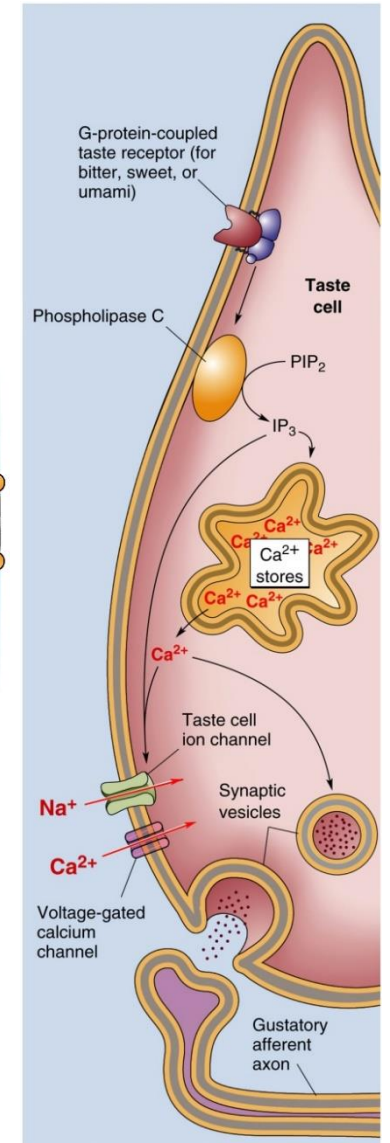
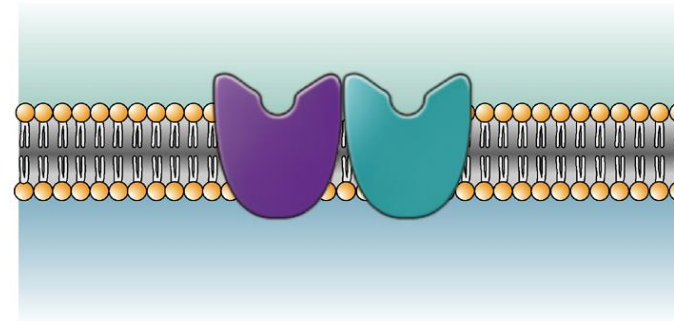
Μηχανισμός Μετατροπής της Γεύσης



- **Umami**

- Κρεατική ή πλούσια (Meaty or savory) γεύση
 - Ο υποδοχέας για το MSG!
- Υποδοχείς Umami
 - Ανιχνεύουν αμινοξέα
 - *T1R1+T1R3*

Umami receptor: T1R1 + T1R3



Κεντρικές Νευρικές Οδοί



- **Στέλεχος (Brain Stem)**

- Γευστικός Πυρήνας (Gustatory nucleus) στον Προμήκη Μυελό (Medulla)
- Οι άξονες ομαδοποιούνται και δημιουργούν συνάψεις

- **Θάλαμος (Thalamus)**

- Κοιλιακός Οπίσθιος Έσω Πυρήνας (Ventral posterior medial nucleus -VPM)

- **Φλοιός (Cortex)**

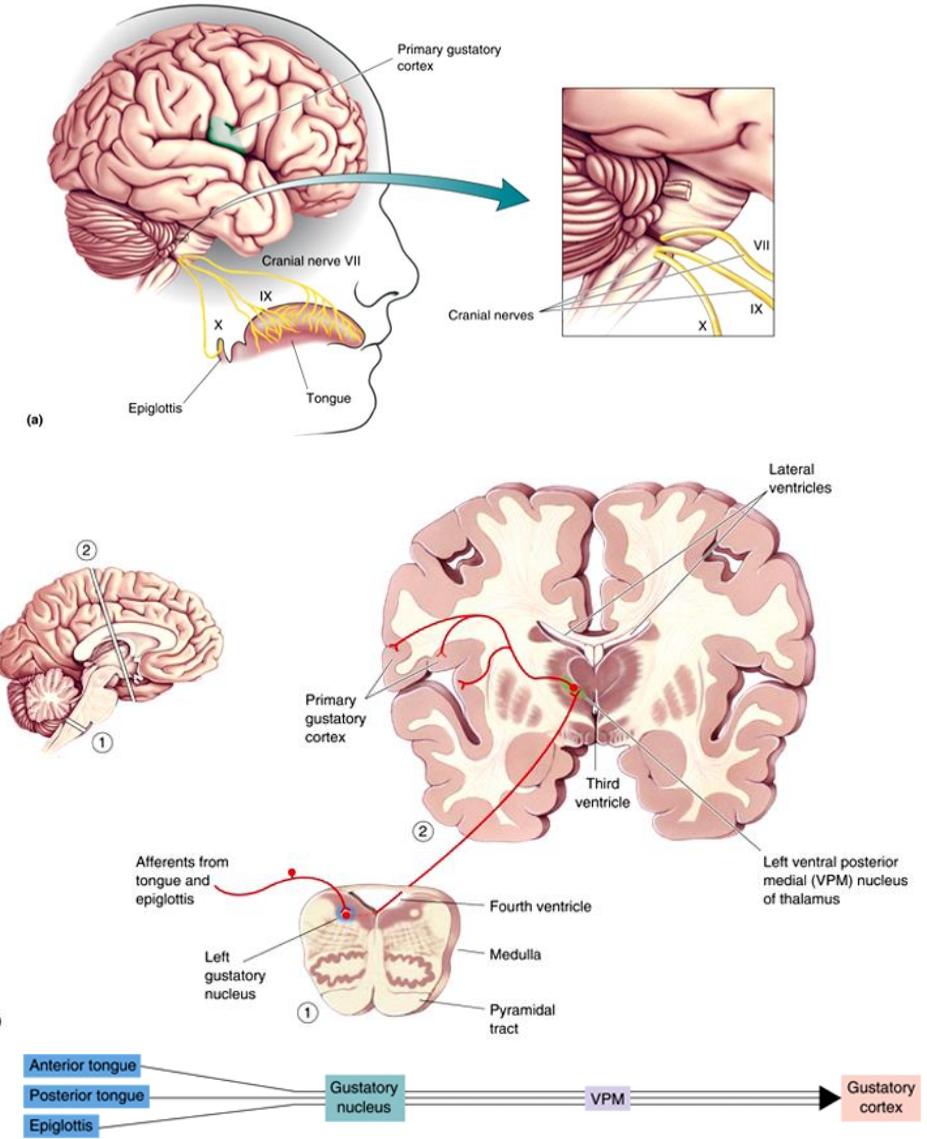
- Πρωτοταγής γευστικός φλοιός (Primary gustatory cortex) στο Σωματοαισθητικό Φλοιό (Somatosensory Cortex)
- Δέχεται άξονες από τον VPM

- **Τοπικές κακώσεις (Localized lesions)**

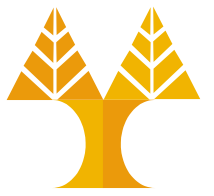
- Αγευσία (Ageusia) → απώλεια της αντίληψης της γεύσης

- **Αίσθηση της γεύσης (Gustation)**

- Σημαντική για τον έλεγχο της τροφής και της πέψης (feeding and digestion)
 - Υποθάλαμος (Hypothalamus)



Νευρική Κωδικοποίηση της Γεύσης



- **Γραμμές κατάταξης (Labelled line)**

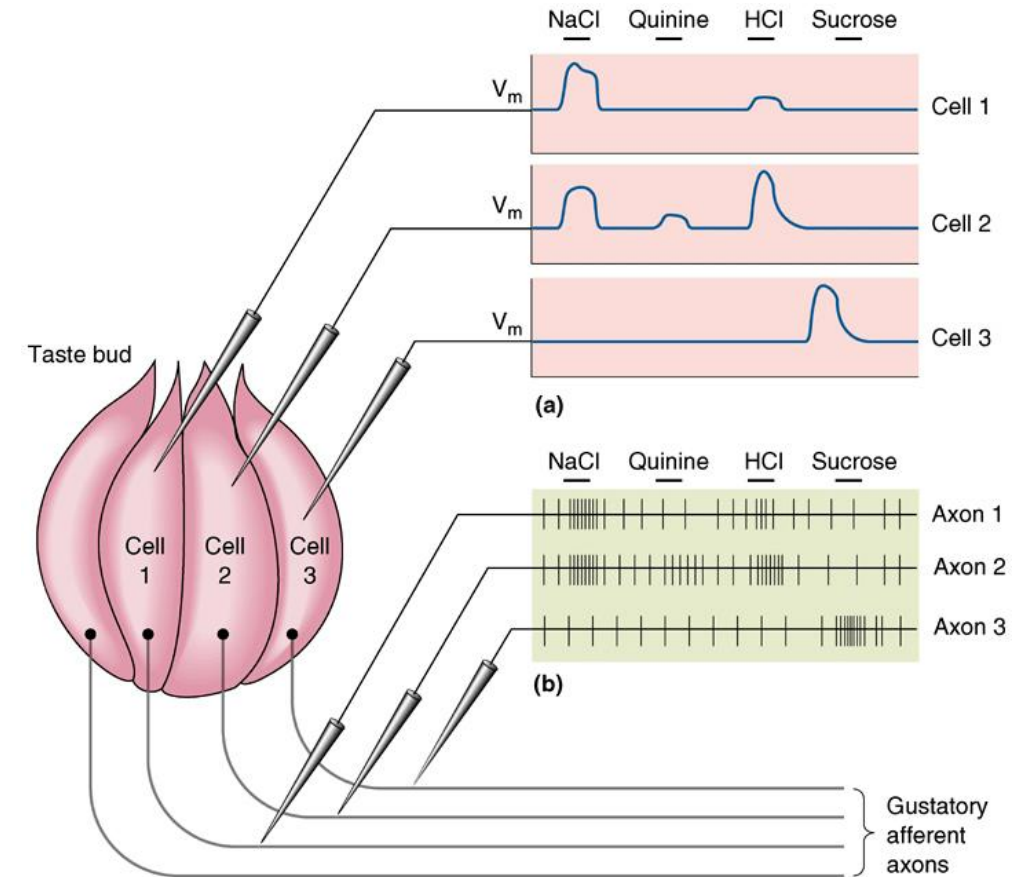
- Ένας υποδοχέας γεύσης για κάθε ερέθισμα;
 - Όχι. Στη πραγματικότητα ο κάθε νευρώνας έχει μεγάλο εύρος συντονισμού (broadly tuned)
- Κατάταξη σε γραμμές κατά προσέγγιση (Roughly labelled lines)

- **Πληθυσμιακή κωδικοποίηση (Population coding)**

- Μεγάλος αριθμός από αντιδράσεις με μεγάλο εύρος συντονισμού (broadly tuned responses)

- **Η γεύση είναι ο συνδυασμός πληροφοριών**

- Κατάταξη σε γραμμές κατά προσέγγιση (Roughly labelled lines) και πληθυσμιακή κωδικοποίηση
- Θερμοκρασία (Temperature)
- Υφή (Texture)

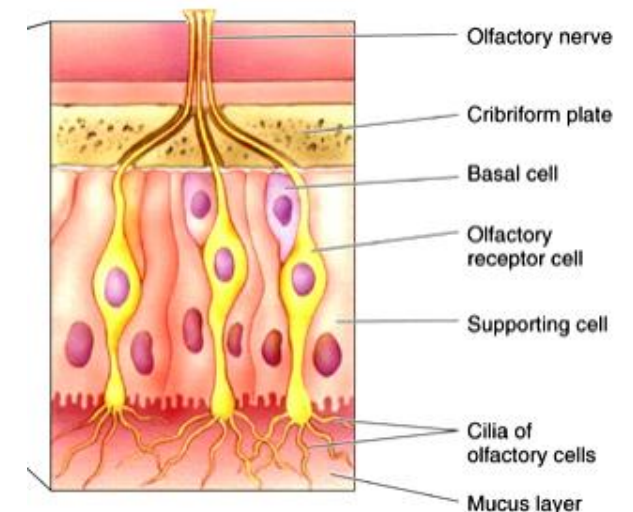
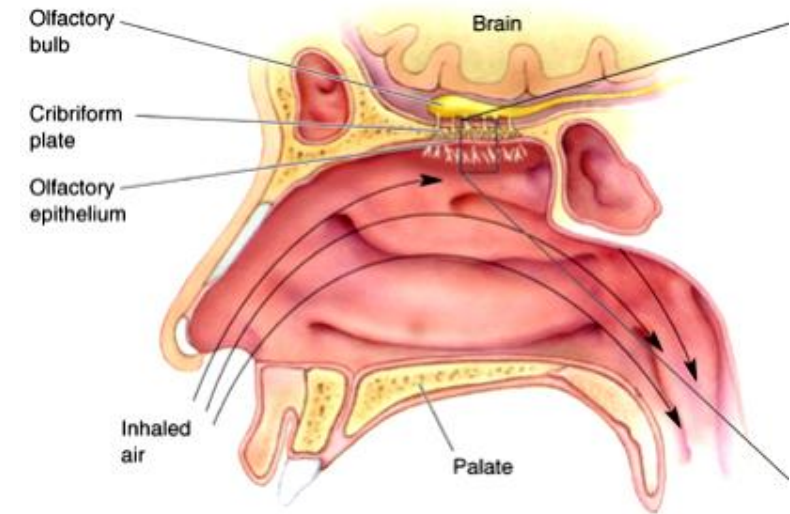


Τα Όργανα της Όσφρησης

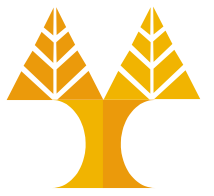


- **Όσφρητικό Επιθήλιο (Olfactory epithelium)**

- Κύτταρα με οσφρητικούς υποδοχείς (Olfactory receptor cells)
 - 4-8 εβδομάδες ζωής
- Υποστηρικτικά κύτταρα (Supporting cells)
- Βασικά κύτταρα (Basal cells)
- Βλέννα (Mucus)
 - Mucopolysaccharides
 - Ένζυμα (Enzymes)
 - Αντισώματα (Antibodies)
 - Προστασία από ιούς
 - Πρωτεΐνες που δεσμεύουν οσμηρά μόρια (Odorant-binding proteins)
 - Αυξάνουν την συγκέντρωση
- κλπ



Τα Όργανα της Όσφρησης



- **Οσμηρά Μόρια (Odorants)**

- Ενεργοποιούν την μετατροπή (transduction) στους νευρώνες
- Πρέπει να είναι πτητικά (volatile) αλλά και να διαλύονται στη βλέννα

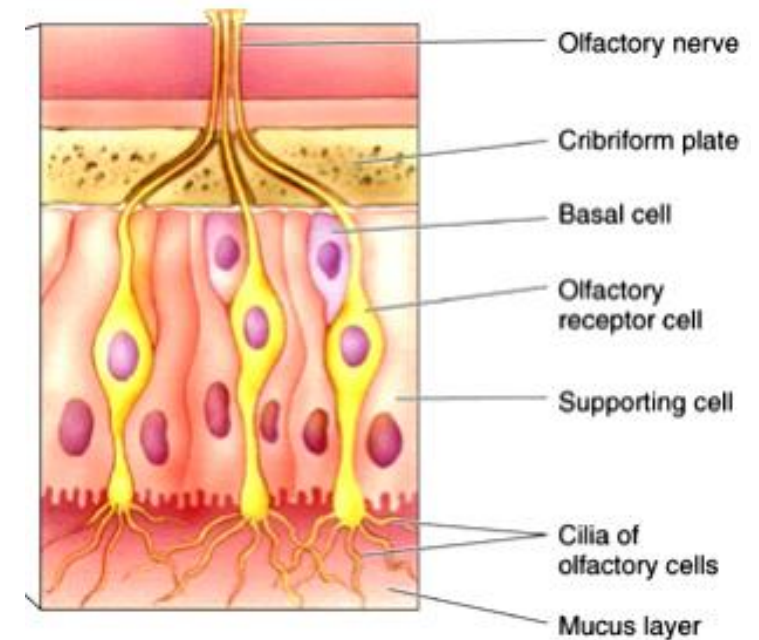
- **Οι άξονες των κυττάρων δημιουργούν το οσφρητικό νεύρο**

- **Ηθμοειδής πλάκα (Cribriform plate)**

- Λεπτή πλάκα από κόκαλο μέσα από την οποία περνούν μικρές δεσμίδες από άξονες προς τον οσφρητικό βολβό (olfactory bulb)
- Χτύπημα στο κεφάλι → Ανοσμία (Anosmia): απώλεια της όσφρησης

- **Άνθρωποι: Αδύνατη όσφρηση**

- Μικρή επιφάνεια επιθηλίου
 - 10 cm² (σκύλος → 170cm², 100x υποδοχείς)
- Μικρός αριθμός διαφορετικών υποδοχέων
 - 350 (τρωκτικά → 1000)

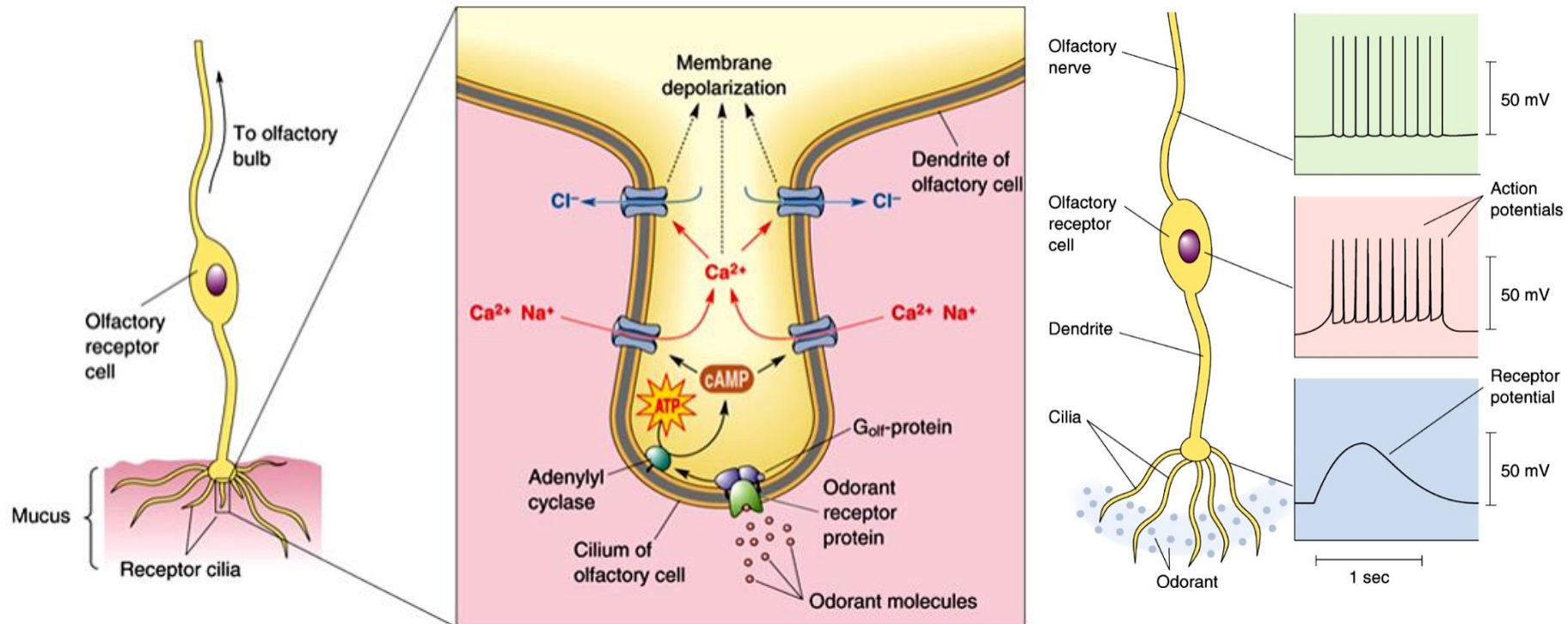


Τα Όργανα της Όσφρησης



- **Νευρώνες με Όσφρητικούς υποδοχείς (Olfactory Receptor Neurons)**

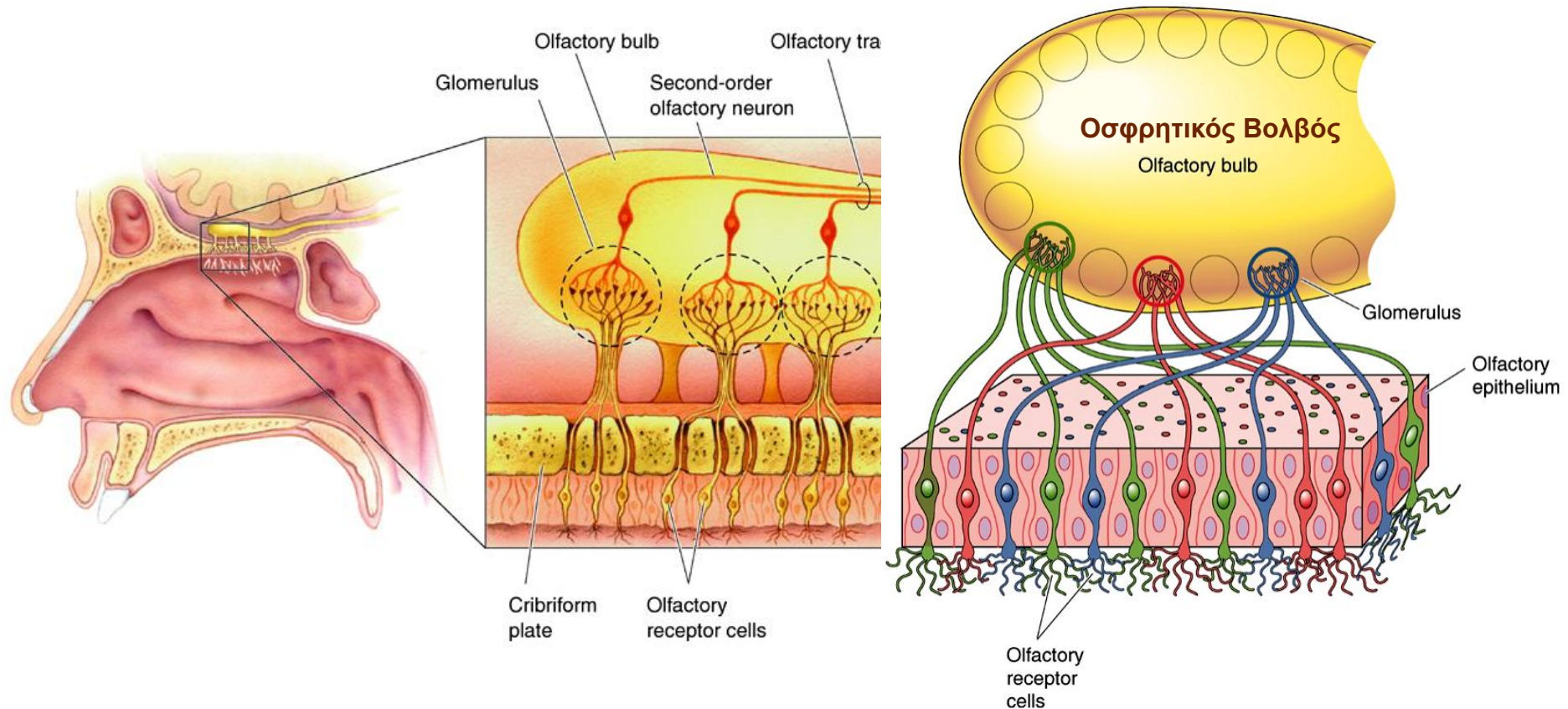
- Όσφρητική Μετατροπή (Olfactory Transduction)
 - Παρατηρείστε την ασυνήθιστη ροή Cl^-
- Τερματισμός της οσφρητικής αντίδρασης (Olfactory response termination)
 - Διάχυση (Diffusion)
 - Ενζυματική διάσπαση (Enzymatic breakdown)
 - Το cAMP ενεργοποιεί άλλες οδούς
- Προσαρμογή (Adaptation) → Μειωμένη αντίδραση (response) παρά το συνεχιζόμενο ερέθισμα (stimulus)



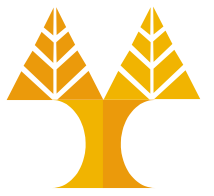
Κεντρικές Νευρικές Οδοί



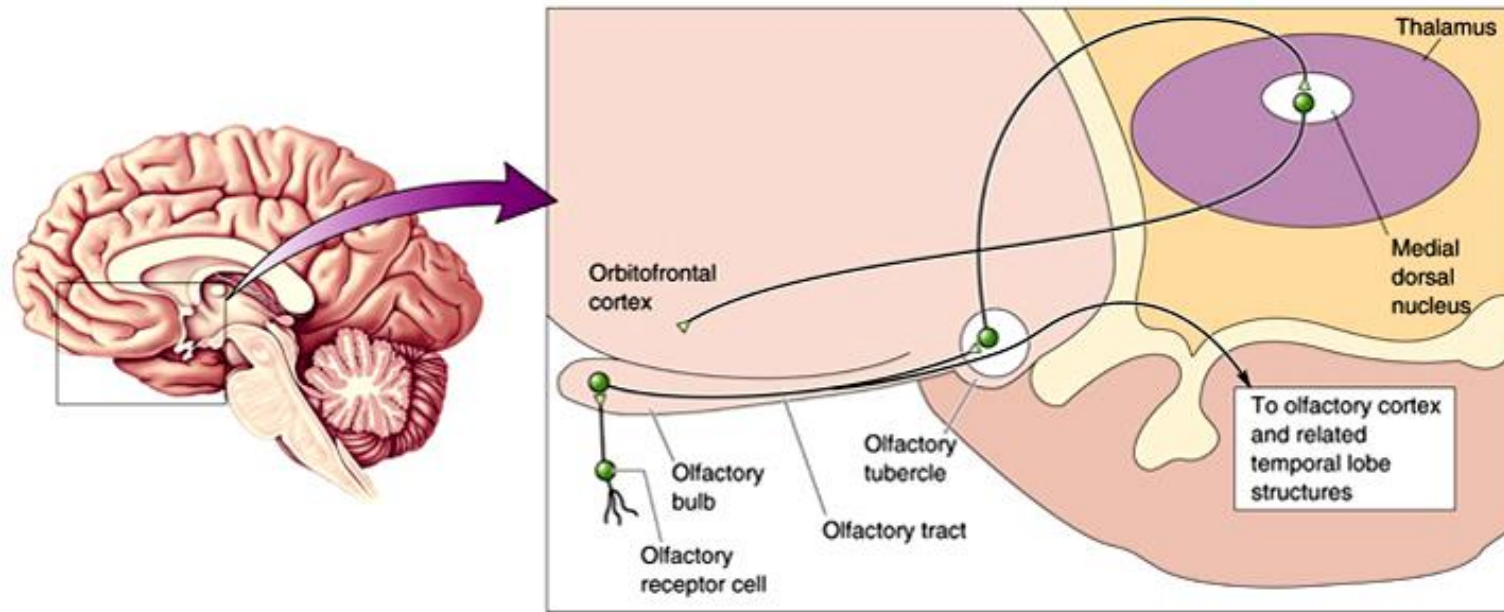
- Τοπογράφηση σε σπειράματα (glomeruli)
 - Απίστευτα ακριβής



Κεντρικές Νευρικές Οδοί



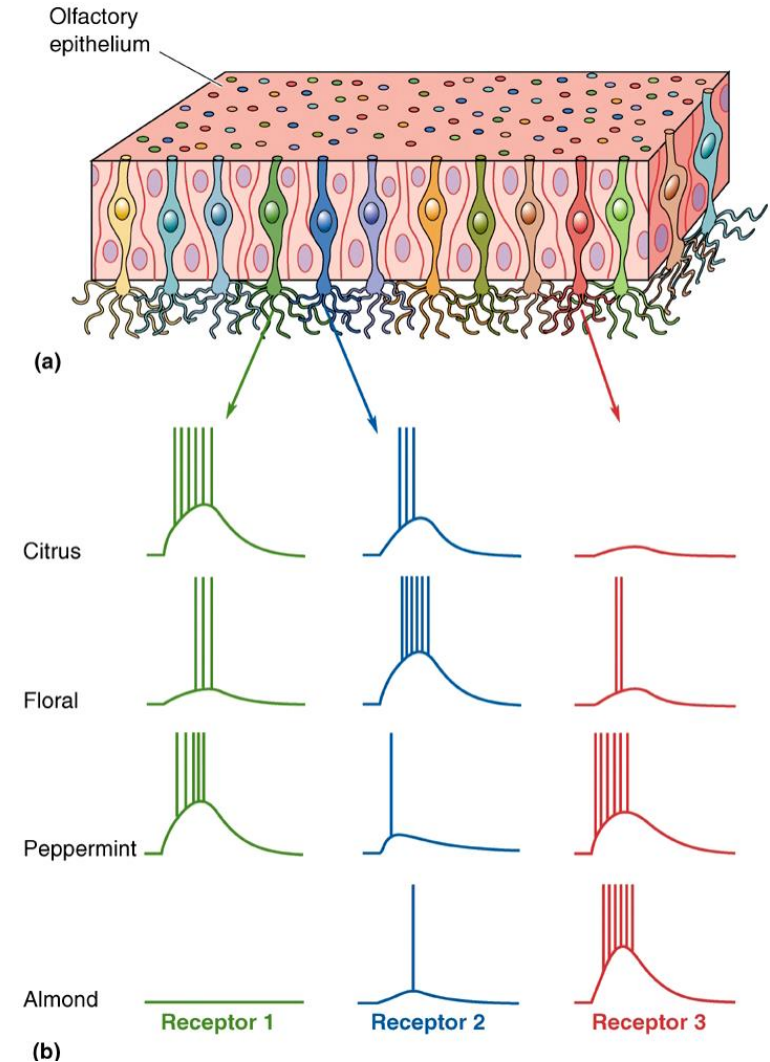
- **Άξονες της οσφρητικής οδού (olfactory tract)**
 - Ασυνήθιστα άμεσες (direct) συνδέσεις σε ευρείες περιοχές
 - Διακλαδίζονται και μπαίνουν στον πρόσθιο εγκέφαλο (forebrain)
- **Φλοιός (cortex)**
 - Από νευρώνες με συνάψεις στον έσω ραχιαίο πυρήνα (medial dorsal nucleus) του θαλάμου



Χωρική και Χρονική Παράσταση της Οσφρητικής Πληροφορίας



- **Οσφρητική Πληθυσμιακή Κωδικοποίηση (Olfactory Population Coding)**
 - Συνδυασμός αντιδράσεων
- **Οσφρητική Χάρτες (Olfactory sensory maps)**
 - Δεν υπάρχει χωρική πληροφορία στην όσφρηση
 - Κατανεμημένοι κατά ομάδες με διαφορετικούς τύπους αντίδρασης
- **Χρονική κωδικοποίηση (Temporal Coding)**
 - Οσμή → Αργό ερέθισμα (Slow stimulus)
 - Χωρική κωδικοποίηση και συγχρονισμός μεταξύ νευρώνων → ποιότητα (quality) της οσμής



Φερομόνες (Pheromones)

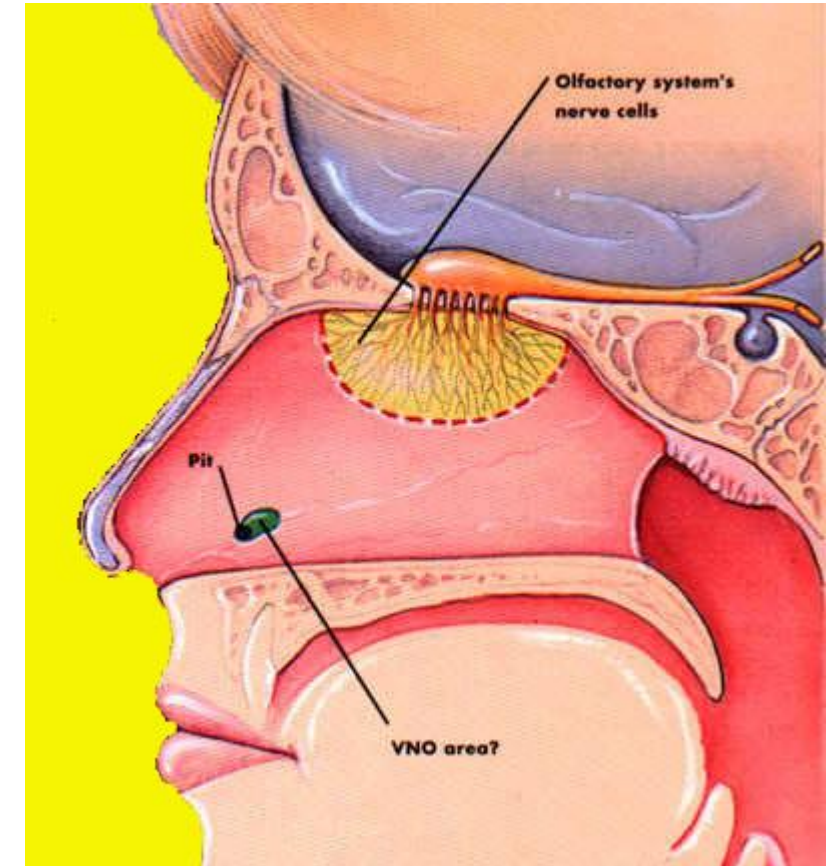


- **Όσφρηση (Smell)**

- Μια μέθοδος επικοινωνίας
- Σημαντικά σήματα για
 - Αναπαραγωγική συμπεριφορά (Reproductive behaviour)
 - Σύνορα περιοχής (Territorial boundaries)
 - Ταυτοποίηση (Identification)
 - Επιθετικότητα (Aggression)

- **Υνιορρινικά Όργανα (Vomeronasal Organ - VNO)**

- Συνηθισμένο στα θηλαστικά αλλά μέχρι πρόσφατα θεωρείτο ανύπαρκτο στον άνθρωπο
 - Ελέγχει τη συναισθηματική (emotional responses) και κοινωνική-σεξουαλική (sociosexual) συμπεριφορά
- Μέσα στη μύτη δίπλα από το υνιακό (vomer) κόκαλο
- Ανιχνεύει φερομόνες
 - Χημικά σήματα τα οποία περνούν, ασυναίσθητα, από το ένα άτομο στο άλλο
- Δεν έχει ακόμη αποδειχτεί ο ρόλος τους στον άνθρωπο
 - “Καλή Χημεία” (“Good chemistry”) ή “Κεραυνοβόλος έρωτας” (“love at first sight”)





Διάλεξη 10

The Eye (Το Μάτι)