

Ταχεία Ανίχνευση Νοθείας Ψυχρής Έκθλιψης Ελαίων με τις Ραφιναρισμένες Εκδοχές τους μέσω Φασματοσκοπίας UV-Vis

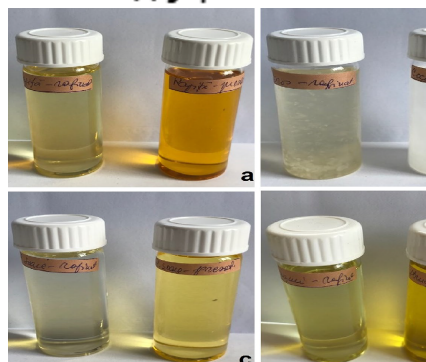
Υπότιτλος: Χημική Μηχανική

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Habil. Δρ. Μηχανικός
Simona POPA

Visual colour difference between refined (left) and cold pressed (right) oils: (a) Canola; (b) coconut; (c) sunflower; (d) grapeseed



Absorbance spectra of cold pressed oils adulterated with refined ones (percentage cold pressed oil): (a) Canola; (b) coconut; sunflower; (d) grapeseed



Περίληψη

Η ταχεία ανάπτυξη ευρωπαϊκών και εθνικών πολιτικών στον τομέα της ασφάλειας τροφίμων στοχεύει στην προστασία της ανθρώπινης υγείας και των δικαιωμάτων των καταναλωτών, καθώς και στη διασφάλιση δίκαιης σχέσης μεταξύ παραγωγών και καταναλωτών. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η ταχεία ανίχνευση νοθείας σε έλαια ψυχρής έκθλιψης μέσω της ανάμειξής τους με ραφιναρισμένα έλαια, με τη χρήση φασματοσκοπίας UV-Vis. Η μελέτη εξετάζει ορισμένα κοινά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ελαίων, όπως η πυκνότητα, το ιξώδες, ο δείκτης διάθλασης κ.ά., ώστε να εντοπιστούν διαφορές μεταξύ ελαίων ψυχρής έκθλιψης και ραφιναρισμένων, σε δείγματα εδωδιμων ελαίων της ρουμανικής αγοράς. Επιπλέον, εφαρμόστηκαν και άλλες αναλυτικές μέθοδοι, οι οποίες παρείχαν παρόμοια αποτελέσματα με εκείνα της

Βασικοί Όροι

Νοθεία ελαίων (Oils adulteration): Η πρακτική προσθήκης άλλων ελαίων σε καθαρά έλαια για την αύξηση του περιθωρίου κέρδους.

Φασματοσκοπία UV-VIS (UV-VIS spectroscopy): Έχει εφαρμογή στη αναλυτική χημεία, ειδικά στην ποσοτική ανάλυση. Ασχολείται με τη μέτρηση της απορρόφησης του φωτός από μια ουσία ή ύλη, για την εξαγωγή πληροφοριών σχετικά με τη δομή και τις ιδιότητές της.

Φυσικοχημικές παράμετροι για την παρακολούθηση ελαίων: Καθορίζονται από χαρακτηριστικά όπως:

βιβλιογραφίας. Παρ' όλα αυτά, η χρωματική ανάλυση αποδείχθηκε ιδιαίτερα αποτελεσματική και γρήγορη μέθοδος για τη διάκριση ενός ελαίου ψυχρής έκθλιψης από ένα ραφινρισμένο.

πυκνότητα, ιξώδες, δείκτης διάθλασης, δείκτης οξύτητας κ.λπ.

Εισαγωγή

Οι πρόσφατες εξελίξεις έχουν διευρύνει τους στόχους ασφάλειας τροφίμων. Η νέα προσέγγιση, που επιδιώκει μια δίκαιη και άμεση σχέση, έχει ενσωματωθεί και αναπτυχθεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο μέσα από το Ευρωπαϊκό Πράσινο Σύμφωνο του 2020, το οποίο στοχεύει στην παραγωγή υγιεινών και ασφαλών τροφίμων με σεβασμό προς το περιβάλλον.

Τα όσπρια και οι σπόροι αποτελούν τις πιο σημαντικές πηγές φυτικών ελαίων. Ορισμένα έλαια παράγονται μέσω της τεχνολογίας ψυχρής έκθλιψης, η οποία είναι φιλική προς το περιβάλλον, διατηρεί τα θρεπτικά συστατικά του ελαίου και είναι εύκολη στην εφαρμογή. Τα έλαια ψυχρής έκθλιψης περιέχουν φυσικά συστατικά με πολυάριθμα οφέλη για την υγεία. Στη βιομηχανία τροφίμων υπάρχουν διάφορες μέθοδοι παραγωγής ραφιναρισμένων ελαίων. Μέσω αυτών των τεχνολογιών, απομακρύνονται ανεπιθύμητα στοιχεία, αλλά συχνά αποβάλλονται και ορισμένα πολύτιμα συστατικά. Έχουν αναφερθεί διαφορές στην ποιότητα μεταξύ ελαίων ψυχρής έκθλιψης και ραφιναρισμένων ελαίων.

Ορισμένες φυσικοχημικές παράμετροι, όπως η πυκνότητα, ο δείκτης οξύτητας, η τιμή υπεροξειδίου, το ιξώδες ή η ανίχνευση μέσω GC-MS (χρωματογραφία αερίων με φασματοσκοπία μάζας), μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διάκριση ενός ελαίου ψυχρής έκθλιψης από ένα ραφιναρισμένο. Η σύσταση των λιπαρών οξέων στα φυτικά έλαια επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία, καθώς τα λιπίδια αποτελούν βασικά θρεπτικά συστατικά.

Η τιμή των τροφίμων-ελαίων εξαρτάται από την ποιότητα και την καθαρότητά τους, με τα έλαια ψυχρής έκθλιψης να είναι πιο ακριβά. Γι' αυτό, οι ετικέτες στις φιάλες ελαίων πρέπει να αναφέρουν αν πρόκειται για ακατέργαστο ή ραφιναρισμένο προϊόν. Τα έλαια ψυχρής έκθλιψης συχνά υπόκεινται νοθεύονται μέσω ανάμειξης με άλλα ελαία από σπόρους χαμηλότερης ποιότητας.

Διεθνείς οργανισμοί ελέγχου ποιότητας έχουν θεσπίσει πρότυπα και κανονισμούς για την ανίχνευση και την πρόληψη της νοθείας των φυτικών ελαίων. Ορισμένοι ερευνητές έχουν προτείνει διάφορες μεθόδους για τη μελέτη τέτοιων περιπτώσεων νοθείας, όπως: φασματοσκοπία τριών διαστάσεων φθορισμού, UV-IMS και χημειομετρική ανάλυση, μέθοδος απόσβεσης φθορισμού με υδατικά CTAB-επικαλυμμένα κβαντικά σημεία, ανάλυση σκέδασης ακτίνων X με συνοχή/ασυνεχή σκέδαση ακτίνων X,

Μέθοδοι

Τέσσερα διαφορετικά έλαια ψυχρής έκθλιψης και οι ραφιναρισμένες εκδοχές τους αγοράστηκαν από την αγορά της Ρουμανίας: έλαιο καρύδας, ηλιέλαιο, έλαιο από σπόρους σταφυλιού και έλαιο Canola, για περίοδο τριών ετών. Κάθε χρόνο αγοράζονταν όλα τα έλαια από τις ίδιες εμπορικές μάρκες, ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα. Επειδή οι ιδιότητες των ελαίων ήταν παρόμοιες, στο παρόν άρθρο παρουσιάζεται μόνο ένα παράδειγμα για κάθε έλαιο που αγοράστηκε κατά το τελευταίο έτος της έρευνας. Τα χημικά που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη ήταν αναλυτικής καθαρότητας.

Η πυκνότητα καθορίστηκε με τη μέθοδο πυκνόμετρου. Ο δείκτης διάθλασης καθορίστηκε με χρήση του ρεφρακτομέτρου Abbe-Zeiss. Ο αριθμός οξύτητας καθορίστηκε σύμφωνα με τη μέθοδο ISO 660:2009. Η τιμή υπεροξειδίου καθορίστηκε σύμφωνα με τη μέθοδο ISO 3960:2017.

Το ιξώδες καθορίστηκε με χρήση του ιξωδομέτρου Brookfield CAP 2000+ L. Τα φάσματα FT-IR καταγράφηκαν με τη μέθοδο μεμβράνης, με τη χρήση δισκίων KBr, χρησιμοποιώντας το φασματόμετρο Jascow FT-IR-430, με ανάλυση 4 cm^{-1} .

Η ανάλυση χρώματος πραγματοποιήθηκε με χρήση του φασματοφωτόμετρου Cary-Varian 300 Bio UV-VIS με σφαίρα

φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρης ακτινοβολίας και χημειομετρικές τεχνικές, οπτικοί βιοαισθητήρες λεπτού υμενίου ή η διέγερση σκέδασης Brillouin σε συνδυασμό με ορατή φασματοσκοπία απορρόφησης.

Το χρώμα του ελαίου αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό για τους καταναλωτές και ένας καλός δείκτης της ποιότητας του ελαίου. Ωστόσο, αυτό το χαρακτηριστικό έχει παρουσιαστεί μόνο σε λίγες επιστημονικές δημοσιεύσεις.

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία, δεν υπάρχουν αναφορές για την ανίχνευση νοθείας ελαίων ψυχρής έκθλιψης με τις ραφιναρισμένες εκδοχές τους, ούτε για τη χρήση του χρωματικού χώρου CIELab* στη μέθοδο φασματοσκοπίας UV-Vis για την ανίχνευση νοθείας.

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι να αναδείξει ότι η φασματοσκοπία UV-Vis αποτελεί μια γρήγορη και απλή μέθοδο για την ανίχνευση της νοθείας ορισμένων ελαίων ψυχρής έκθλιψης με τα ραφιναρισμένα ισοδύναμά τους σε διαφορετικές αναλογίες, συγκριτικά με άλλες γνωστές και χρησιμοποιούμενες μεθόδους.

ολοκλήρωσης, χρησιμοποιώντας το πρότυπο Spectralon και τρεις φωτισμούς: D65, A και F2. Όλα τα δεδομένα χρώματος εκφράστηκαν μέσω των συντεταγμένων L^* , a^* , b^* , όπου:

- L^* αντιστοιχεί στη φωτεινότητα,
- a^* αντιστοιχεί στη μετάβαση από πράσινο ($-a^*$) σε κόκκινο ($+a^*$),
- b^* αντιστοιχεί στη μετάβαση από μπλε ($-b^*$) σε κίτρινο ($+b^*$).



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Γυναίκες στις Επιστήμες - Στοιχεία για τη συγγραφέα.

Η Simona Pora είναι Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Habil. Δρ. Μηχανικός στο Πολυτεχνείο του Τιμισοάρα, Ρουμανία. Για περισσότερα από 25 χρόνια διδάσκει μαθήματα όπως Χρωστικές και Εντομοκτόνα, Εξοπλισμός για την Οικολογική Βιομηχανία, Εξοπλισμός για τη Βιομηχανία Τροφίμων, Πολιτική Τροφίμων, Νόμοι για τα Τρόφιμα και Προστασία Καταναλωτή.

Το 2021 παρουσίασε τη διατριβή habilitation της με τίτλο:

μ μ μ π π μ CIELab από
φασματοσκοπία UV-Vis.* Έχει δημοσιεύσει πολυάριθμα βιβλία και
άρθρα στον τομέα της και έχει παρουσιάσει τα αποτελέσματα
ερευνητικών έργων σε διάφορα εθνικά και διεθνή συνέδρια.

Οι πιο σημαντικές ερευνητικές θεματικές περιλαμβάνουν:

- Αντιδραστήρας στήλης με φυσαλίδες που χρησιμοποιείται στη χημική τεχνολογία για την παραγωγή οικολογικών προϊόντων.
- Ανάλυση χρώματος οργανικών και διατροφικών υλικών.
- Προσρόφηση ιχνών χρωστικών και άλλων τοξικών προϊόντων από λύματα.

Κάθε χρόνο αναλαμβάνει την επιστημονική καθοδήγηση φοιτητών προπτυχιακού (BS) και μεταπτυχιακού (MS) επιπέδου), συντονίζοντας τις διπλωματικές και μεταπτυχιακές εργασίες τους.

Είναι μέλος εθνικών επιστημονικών εταιρειών/επαγγελματικών οργανώσεων:

- Ρουμανική Εταιρεία Χημείας (1993 έως σήμερα).
- Ρουμανική Εταιρεία Χημικής Μηχανικής (1993 έως σήμερα).
- Κοινότητα Brainmap – UEFISCDI.

Διαθέτει 2 διπλώματα ευρεσιτεχνίας στον τομέα της δραστηριότητάς της

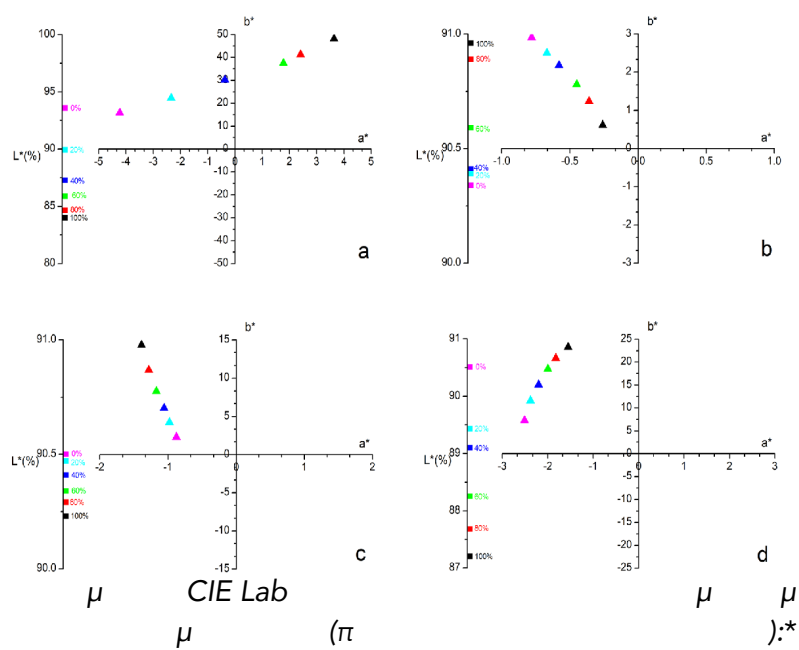


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Αποτελέσματα

Η έρευνα για τη νοθεία ελαίων ψυχρής έκθλιψης με τις ραφιναρισμένες εκδοχές τους έδειξε:

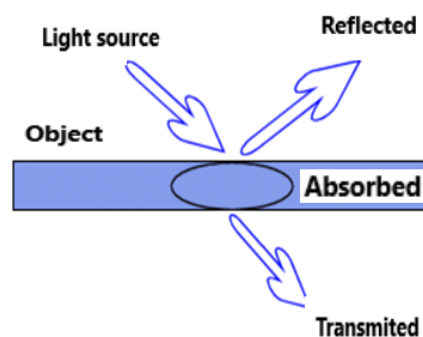
- τη χρησιμότητα της φασματοσκοπίας UV-Vis, η οποία αποτελεί μια γρήγορη και εύκολη μέθοδο για την ανίχνευση της νοθείας ορισμένων ελαίων ψυχρής έκθλιψης με τις ραφιναρισμένες εκδοχές τους σε διαφορετικές αναλογίες, σε σύγκριση με άλλες γνωστές και χρησιμοποιούμενες μεθόδους.
- τη χρησιμότητα της προτεινόμενης μεθόδου για τις αρχές προστασίας καταναλωτών, που διαθέτουν πλέον μια γρήγορη μέθοδο για μέθοδο για τον εντοπισμό αλλοίωσης της ποιότητας των ελαίων που προορίζονται για πώληση.



(a) Canola,
(b) καρύδα,
(c) ηλιέλαιο,
(d) έλαιο από σπόρους σταφυλιού.

Συζήτηση

- Τι είναι η νοθεία τροφίμων;
- Τι είναι η φασματοσκοπία UV-Vis;
- Τι είναι η ανάλυση χρώματος;
- Πόσο σημαντικά είναι τα ερευνητικά αποτελέσματα της Δρ. Simona POPA στην καθημερινή ζωή;



Απορρόφηση, ανάκλαση και διαπερατότητα του φωτός

Συμπέρασμα

Για την επαλήθευση της θεωρίας, πραγματοποιήθηκε επίσης ανάλυση χρώματος στα ίδια τέσσερα διαφορετικά έλαια ψυχρής έκθλιψης (έλαιο καρύδας, ηλιέλαιο, έλαιο από σπόρους σταφυλιού και έλαιο Canola), καθώς και στις ραφιναρισμένες εκδοχές τους, τα οποία αγοράστηκαν από διαφορετικές εμπορικές μάρκες. Οι προτεινόμενες εξισώσεις για τις παραμέτρους a^* και b^* είναι παρόμοιες με τις προηγούμενες.

Οι κλασικές φυσικοχημικές ιδιότητες παρουσιάζουν πολύ παρόμοιες τιμές για τα δοκιμασμένα έλαια ψυχρής έκθλιψης και τις ραφιναρισμένες εκδοχές τους, γεγονός που σημαίνει ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς για τη διάκριση ενός ελαίου ψυχρής έκθλιψης από ένα ραφιναρισμένο, ούτε για την ανίχνευση νοθείας.

Η διαφορά χρώματος μεταξύ των ελαίων ψυχρής έκθλιψης και των ραφιναρισμένων μπορεί να εκτιμηθεί οπτικά και να προσδιοριστεί με φασματοσκοπία UV-Vis. Για αυτόν τον λόγο, αυτή η τελευταία τεχνική διερεύνησης προτείνεται ως μια ταχεία μέθοδος εκτίμησης της νοθείας ελαίων ψυχρής έκθλιψης με ραφιναρισμένα έλαια.

Όταν γίνεται νοθεία ελαίων ψυχρής έκθλιψης με ραφιναρισμένα, οι μέγιστες τιμές στα φάσματα απορρόφησης εξασθενούν καθώς αυξάνεται το ποσοστό νοθείας με ραφιναρισμένο έλαιο.

Όσον αφορά τις παραμέτρους CIE Lab*, προτάθηκαν εξισώσεις εξάρτησης για τις παραμέτρους a^* και b^* από την περιεκτικότητα του ελαίου ψυχρής έκθλιψης (κατά μάζα %), οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της ποσότητας του ελαίου ψυχρής έκθλιψης σε ένα προϊόν.

Τα ευρήματα αυτά μας δείχνουν πώς η ερευνητική εργασία μπορεί να έχει πρακτική αξία στην καθημερινή ζωή, συμβάλλοντας στη μείωση του κινδύνου για τους καταναλωτές σε μια αναπτυσσόμενη και διαφοροποιούμενη αγορά όπως αυτή της Ρουμανίας.

Πηγές:

Αναφορά στο πρωτότυπο άρθρο: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72558-7>
Δημοσιεύθηκε στο Scientific Reports, 2020, 10:16100 WOS:000577212800012 (15/01/2021)

Άλλοι πόροι που θα βοηθήσουν στην κατανόηση (άρθρα, βίντεο, podcast, κ.λπ.):

- Pal, U. S., Patra, R. K., Sahoo, N. R., Bakhara, C. K. & Panda, M. K. *Effect of refining on quality and composition of sunflower oil*. J. Food Sci. Technol. 52(7), 4613–4618. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1461-0> (2015).

- Jing, X., Xiao-Fei, L. & Yu-Tian, W. *A detection method of vegetable oils in edible blended oil based on three-dimensional fluorescence spectroscopy technique*. Food Chem. 212, 72–77. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.158> (2016).
- Garrido-Delgado, R. M., Muñoz-Pérez, E. & Arce, L. *Detection of adulteration in extra virgin olive oils by using UV-IMS and chemometric analysis*. Food Control 85, 292–299. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.10.012> (2018).
- Siger, A., Józefiak, M. & Górnaś, P. *Cold-pressed and hot-pressed rapeseed oil: the effects of roasting and seed moisture on the antioxidant activity, canolol, and tocopherol level*. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment. 16(1), 69–81. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2017.0458> (2017).
- Vingerling, N., Oseredczuk, M., du Chaffaut, L., Ireland, J. & Ledoux, M. *Fatty acid composition of commercial vegetable oils from the French market analysed using a long highly polar column*. Oilseeds Fats Crops Lipids 17(3), 185–192. <https://doi.org/10.1051/ocl.2010.0309> (2010).
- Shirasawa, S., Sasaki, A., Saida, Y. & Satoh, C. *A rapid method for trans-fatty acid determination using a single capillary GC*. J. Oleo Sci. 56(2), 53–58. <https://doi.org/10.5650/jos.56.53> (2007).

Ερωτήσεις Αναστοχασμού:

1. Τι είναι η νοθεία;
α) η αλλαγή φυσικοχημικών παραμέτρων με την αφαίρεση ορισμένων ουσιών
β) η ενέργεια που καθιστά κάτι χειρότερης ποιότητας με την προσθήκη μιας άλλης ουσίας
γ) η διατήρηση των υφιστάμενων παραμέτρων
Απάντηση: β) η ενέργεια που καθιστά κάτι χειρότερης ποιότητας με την προσθήκη μιας άλλης ουσίας
2. Τι είναι η ανάλυση χρώματος;
α) η ταυτοποίηση και ο προσδιορισμός συγκεντρώσεων ουσιών που απορροφούν το φως
β) η αντίληψη του ματιού για μία ή περισσότερες συχνότητες (ή μήκη κύματος) φωτός
γ) η παρακολούθηση της απορρόφησης του φωτός με τη χρήση φασματοφωτομετρικών συσκευών
Απάντηση: γ) η παρακολούθηση της απορρόφησης του φωτός με τη χρήση φασματοφωτομετρικών συσκευών
3. Τι είναι η φασματοσκοπία UV-Vis;
α) η μέτρηση της απορρόφησης του φωτός από μια ουσία ή ύλη για την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με τη δομή και τις ιδιότητές της
β) ο ποσοτικός προσδιορισμός της πυκνότητας μιας ουσίας
γ) ο ποσοτικός προσδιορισμός του ιξώδους μιας ουσίας
Απάντηση: α) η μέτρηση της απορρόφησης του φωτός από μια ουσία ή ύλη για την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με τη δομή και τις ιδιότητές της
4. Ποιο είναι το ορατό φάσμα για το ανθρώπινο μάτι;
α) 380-780nm
β) 180-380nm
γ) 780-1080nm
Απάντηση: α) 380-780nm
5. Πόσο σημαντικά είναι τα αποτελέσματα της έρευνας στην καθημερινή ζωή;
α) βοηθούν στην επιλογή ενός προϊόντος που σέβεται την ποιότητα και τα χαρακτηριστικά του
β) μας βοηθούν να αγοράσουμε περισσότερο
γ) μας βοηθούν να αγοράσουμε τη χειρότερη ποιότητα
Απάντηση: α) βοηθούν στην επιλογή ενός προϊόντος που σέβεται την ποιότητα και τα χαρακτηριστικά του



Τίτλος

Σχεδίου

Μαθήματος:

Ταχεία ανίχνευση νοθείας ελαίων ψυχρής έκθλιψης με τις ραφιναρισμένες εκδοχές τους μέσω φασματοσκοπίας UV-Vis

Στόχοι:

- Οι μαθητές θα κατανοήσουν την έννοια του χρώματος και πώς αυτό εμφανίζεται υπό διαφορετικές συνθήκες.
- Οι μαθητές θα μάθουν να μετρούν τις παραμέτρους του χρώματος μέσω ενός απλού πειράματος.
- Ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών για υγιεινές διατροφικές επιλογές.

Υλικά:

- Έντυπο έργου – έγγραφα επικοινωνίας
- Φορητός υπολογιστής ή υπολογιστής με πρόσβαση στο διαδίκτυο
- Προβολέας για διαφάνειες
- Συσκευή παρακολούθησης χρώματος
- Υλικά βαμμένα με οργανικές βαφές
- Χρωματισμένα διατροφικά προϊόντα
- Υγρά απόβλητα από τη βιομηχανία βαφών

Βασικές Πληροφορίες:

Η ανάπτυξη του εμπορίου της Ρουμανίας σε μια παγκόσμια αγορά αυξάνει τη διαφοροποίηση και την ταχεία κυκλοφορία των τροφίμων κάθε χρόνο. Υπό αυτές τις συνθήκες, ο έλεγχος της ποιότητας αυτών των προϊόντων για την προστασία των καταναλωτών από την επιδίωξη μεγιστοποίησης των κερδών των παραγωγών και πωλητών υπό οποιεσδήποτε συνθήκες είναι ένας στόχος στον οποίο η έρευνα της Δρ. Simona POPA συμβάλλει άμεσα.

Εισαγωγή (15 λεπτά): Το Χρώμα

1. Ξεκινήστε με συζήτηση για το τι γνωρίζουν οι μαθητές για το χρώμα. Κάντε ερωτήσεις όπως:
 - Πώς εμφανίζεται το χρώμα;
 - Ποια είναι η σημασία κάθε χρώματος;

2. Εισαγάγετε την έννοια του χρώματος και των διαφορετικών παραγόντων που το επηρεάζουν.
 3. Αναφέρετε ποια είναι οι συσκευές παρακολούθησης χρώματος.
 4. Συζητήστε πώς το χρώμα επηρεάζει τις επιλογές μας όταν αγοράζουμε διατροφικά προϊόντα.
 - Μπορεί το χρώμα να υποδεικνύει αλλοίωση ενός προϊόντος;
-

Δραστηριότητα – Μέτρηση του Χρώματος σε Διάφορα Προϊόντα (30 λεπτά):

1. Χωρίστε τους μαθητές σε μικρές ομάδες.
 2. Δώστε σε κάθε ομάδα ένα χρωματισμένο προϊόν.
 3. Εξηγήστε σε κάθε ομάδα πώς να χρησιμοποιεί τη συσκευή παρακολούθησης χρώματος.
 4. Δείξτε σε κάθε ομάδα πώς να παρασκευάζει χρωματιστό νερό με χρήση μιας γνωστής βαφής.
 5. Στη συνέχεια, καθοδηγήστε τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν απορροφητικό υλικό για να αφαιρέσουν τη βαφή από το νερό.
 6. Μετρήστε τις παραμέτρους χρώματος του νερού και του απορροφητικού υλικού στην αρχή και στο τέλος της διαδικασίας απορρόφησης.
 7. Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος, κάθε ομάδα μοιράζεται τα ευρήματά της με την τάξη, χρησιμοποιώντας έναν πίνακα ή flipchart για τη δημιουργία ενός οπτικού χάρτη των διαφορετικών αποτελεσμάτων.
-

Συζήτηση (15 λεπτά):

1. Διεξάγετε μια συζήτηση στην τάξη σχετικά με τα αποτελέσματα του πειράματος. Συζητήστε τυχόν διαφορές στις μετρήσεις μεταξύ των ομάδων και τους λόγους για αυτές τις διαφορές.
 2. Τονίστε ότι το χρώμα είναι ιδιότητα διαφορετικών υλικών που μετράται υπό διαφορετικές συνθήκες.
 3. Εισαγάγετε την έννοια του μεταμερισμού – ότι το ίδιο αντικείμενο έχει διαφορετικά χρώματα υπό διαφορετικές πηγές φωτισμού.
-

Συμπέρασμα (10 λεπτά):

1. Συνοψίστε τα βασικά σημεία του μαθήματος: την έννοια του χρώματος και πώς να το μετράμε.
 2. Συζητήστε εφαρμογές πραγματικής ζωής για τη μέτρηση του χρώματος.
 3. Αναθέστε μια απλή εργασία για το σπίτι σχετική με το χρώμα, όπως να παρατηρήσουν πώς τα φύλλα απορρόφησης χρώματος που χρησιμοποιούνται στο πλυντήριο απορροφούν και παγιδεύουν χρωστικές από το νερό πλύσης, προστατεύοντας τα ρούχα από τις διαρροές χρώματος.
-

Αξιολόγηση:

- Αξιολογήστε τις παρουσιάσεις των ομάδων και τη συμμετοχή τους στη δραστηριότητα.
- Αξιολογήστε την κατανόηση των μαθητών μέσω της συμμετοχής τους στις ομάδες, της ακρίβειας των μετρήσεων και της ικανότητάς τους να μετρούν τις παραμέτρους χρώματος.
- Προκαλέστε τους μαθητές να εξερευνήσουν πώς το χρώμα διαφέρει υπό διαφορετικές πηγές φωτισμού, σχεδιάζοντας επιπλέον πειράματα με διατροφικά προϊόντα.