

ABOUT THE ADDITIVES PRESENT IN FOOD COLORINGS

Adelina-Iasmina JUCA*

West University of Timisoara, Faculty of Chemistry, Biology, Geography, Department of Biology-Chemistry, Center for Environmental Biology and Biomonitoring, Pestalozzi 16, Timișoara

* Corresponding author e-mail: adelina.juca01@e-uvt.ro

Received 22 June 2023; accepted 30 December 2023

ABSTRACT

In the article, general considerations are made on food additives, the most common "E"s are described and the toxicological evaluation with the Allium cepa test is exemplified.

KEYWORDS: food additives, Allium test:

1. Considerații generale asupra aditivilor alimentare

Aditivii alimentari sunt substanțe naturale sau sintetice adăugate în mod voluntar produselor alimentare. Utilizarea aditivilor alimentari este reglementată de legile specifice Uniunii Europene – UE. Astfel, trebuie să se țină cont de alimentul în care poate fi aplicat aditivul, cantitățile maxime utilizabile, caracterizarea chimică și puritatea (Silva și Lidon, 2016).

După funcția tehnologică se cunosc 25 de familii de aditivi alimentari. Una dintre familiile de bază a aditivilor este reprezentată de către agenții antioxidanți, pentru că oxidarea produselor alimentare reprezintă o formă majoră de degradare. Așadar antioxidanții protejează alimentele împotriva deteriorării. Oxidarea alimentelor se referă la adăugarea unui atom de oxigen, sau decurge din îndepărtarea unui atom de hidrogen, din moleculele care constituie hrana. Prin urmare, se conturează două categorii esențiale de oxidare: autooxidarea acizilor grași nesaturați și oxidarea catalizată de enzimele oxidative. Autooxidarea acizilor grași nesaturați presupune reacția care se întâmplă între oxigenul molecular (O_2) și legăturile duble $C=C$. Aceste reacții sintetizează radicalii liberi și speciile de oxigen foarte reactive, care dau naștere compușilor responsabili pentru mirosul neplăcut și râncezirea alimentelor (Silva și Lidon, 2016).

Antioxidanții, care diminuează ratele de oxidare, reacționează cu radicalii liberi și, prin acest mod, scad rata de autooxidare. Mai mult, anumiți antioxidanți se pot identifica în mod natural în alimente. Printre aceștia se numără acidul ascorbic (cunoscut și ca vitamina C, care se găsește în sucul de lămâie, portocale și alte fructe), tocoferolii (sau vitamina E, care există în uleiurile vegetale), acidul lactic (care se remarcă de pildă, în iaurturi) și acidul citric (din citrice). Unele alimente sunt predispuse la oxidare în contact cu aerul. Cele două grupe principale de alimente, la care este nevoie să se

adauge antioxidanți (naturali ori sintetici) sunt grăsimile (ulei, margarină) și derivatele din fructe (sucuri, conserve). Substanțele antioxidante sinergice reprezintă aditivi care nu sunt luați în considerare ca fiind antioxidanți „adevărați”, dar în prezența antioxidanților „adevărați” li se întărește acțiunea-E330/acid citric (Silva și Lidon, 2016).

În plus, aditivii alimentari sunt folosiți în produsele și procesarea aproape a tuturor tipurilor de alimente în scopul oferirii ratelor dorite. Altfel spus, un aditiv reprezintă acel material care se adaugă alimentelor pentru a-și îmbunătăți aspectul, aroma, sau alte caracteristici (Vaclavik și Christian, 2008).

Anumiți aditivi prezintă efecte negative asupra sănătății, iar alții sunt sănătoși și pot fi ingerați fără pericol. Conform mai multor studii, problemele medicale cum ar fi astmul, tulburarea de hiperactivitate cu deficit de atenție (ADHD), cancerul, dificultățile cardiace, obezitatea și altele sunt cauzate/favorizate de aditivi și conservanți nocivi. Unii aditivi alimentari pot interfera cu hormonii și influențează creșterea și dezvoltarea. Este unul dintre motivele pentru care atât de mulți copii sunt supraponderali. Totodată, cei mai predispuși la aceste tipuri de aporturi alimentare sunt copiii. Mai mulți aditivi alimentari care nu sunt pe deplin siguri sunt folosiți de femeile însărcinate și cele care alăptează. De aceea este necesar să se ia măsuri de precauție specifice pentru a evita consumul de compuși periculoși înainte ca aceștia să înceapă să facă ravagii asupra sănătății (Sambu și colab., 2022).

2. Descrierea celor mai frecvent folosite “E”-uri

E422 numit și glicerol reprezintă un aditiv integrat în Grupa I. Conform autorizației, E422 poate fi folosit în alimentele care conțin ciocolată respectiv cacao, dar și în acei îndulcitori de masă lichizi (<https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/food-additives/search/details/POL-FAD-IMPORT-3099>).

E122*(carmoizină) face parte din grupa culorilor care evidențiază o limită de maximă combinație (Grupa III). De asemenea, carmoizina (azorubina) reprezintă un colorant azioc de culoare roșie, utilizat foarte frecvent în scopul creșterii aspectului vizual și a validității alimentelor pentru consumatori (asemenea galbenului metanil) (Khan și colab., 2020). Din punct de vedere chimic, carmoizina este sarea disodică a acidului 2-(4 sulfo-1-naftilazo)-1 naftol-4-sulfonic, cu formula chimică $C_{20}H_{12}N_2N / A_2O_7S_2$ și greutate moleculară 458,459 g/mol. S-a constatat că o doză în exces de carmoizină dăunează ficatului și, de asemenea, diminuează funcția unor enzime metabolice (Amin și colab., 2010). În același timp, carmoizina a fost raportată ca producând carcinogenitate și toxicitate biochimică la șoareci prin creșterea concentrației unor enzime marker serice și prin reglarea în jos a expresiei unor gene defensive importante (Reza și colab., 2019). Acest aditiv

este utilizat în produsele următoare: brânzeturi procesate; legume și fructe uscate; legume și fructe îmbibate în ulei de oțet ori saramură; legume și fructe suspuse îmbutelierii sau conservării; alimente fabricate din fructe sau legume (în afară de compot); hrană din pește și vinuri/băuturi cu aromă de vin (<https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/food-additives/search/details/POL-FAD-IMPORT-3099>).

E110*(galben sunset FCF) reprezintă al treilea dintre cei mai utilizați coloranți. De asemenea, E110* este un colorant azoic, sulfonat și solubil în apă (Kobylewski și Jacobson, 2012). Galbenul sunset FCF provoacă reacții alergice. În urma unor anumite studii s-a constatat că E110* nu induce tumori la șoareci, doar că studiile respective nu au inclus o expunere *in utero*. În alte ordine de idei, este posibil ca aditivul alimentar în cauză să provoace tumori suprarenale și testiculare la șobolani. Legat de toxicitate, E110* a fost negativ în șase teste de genotoxicitate, dar a indus mutații directe și aberații cromozomiale în alte două teste (Hayashi și colab., 2000). E110* se poate identifica în carnea procesată care nu este supusă unui tratament de natură termică; creme; preparate care conțin fructe/legume (exceptând compotul); alimentele de natură dietetică folosite în scopuri medicale caracteristice; produse dietetice pentru regimuri de menținere a greutateii; baterii; icre de pește; muștar; diverse sosuri; alimente care conțin proteine; sucuri și pere; vinuri obținute din fructe și vinuri preparate; cocktailuri cu aromă vitivinicolă; băuturi care conțin alcool sau combinații de băuturi cu alcool; băuturi de origine spirtoasă; lactate; alimente de patiserie; gumă alimenară; decorațiuni și umpluturi; decorațiuni și învelișuri folosite la carne; lichide de băut cu arome; feluri de mâncare dulci; vinuri cu arome; băuturi cu aromă de vin; suplimente alimentare solide; suplimente alimentare lichide; pește și produse din pește (<https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/food-additives/search/details/POL-FAD-IMPORT-3099>).

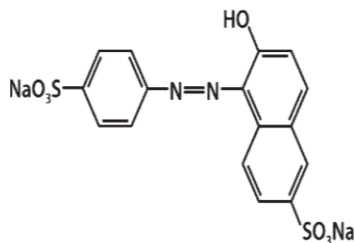


FIG. 1. Structura galbenului sunset (Kobylewski și Jacobson, 2012)

E102* (tartrazină) face parte din grupa III și este cel mai utilizat colorant, după Red 40. Acidul sulfanilic este un metabolit care rezultă din reducerea tartrazinei. Cu toate acestea, atunci când E102* marcat la nivelul

grupului fenilazo cu ^{14}C a fost administrat intraperitoneal la șobolani și iepuri, nu s-a recuperat acid sulfanilic radioactiv în urină. În același studiu, când tartrazina a fost administrată oral la șobolani, iepuri și oameni, acidul sulfanilic, dar puțin sau deloc colorat, a fost recuperat în urină. Aceste rezultate indică faptul că reducerea tartrazinei are loc prin intermediul florei GI (Ryan și colab., 1969). Unii cercetători au confirmat că E102* este metabolizat în principal de microflora intestinală a șobolanilor după o doză orală. Pe lângă metabolismul colorantului, o doză de 50 mg de tartrazină, a dus la creșterea sau accelerarea excreției urinare a zincului în cazul copiilor hiperactivi (Ward, 1996). Nu se cunoaște dacă efectul asupra zincului este o cauză a hiperactivității. Pe de altă parte, posibila genotoxicitate a tartrazinei a fost testată în 11 studii, dintre care 2 *in vivo*, au arătat rezultate pozitive. Două dintre studiile de geotoxicitate au fost criticate de către un raport din 1985 al Departamentului de Sănătate și Servicii Umane al SUA (HSS). Mai exact, concluzia că tartrazina induce aberații cromozomiale nu a fost acceptată (Flamm și Jackson, 1985).

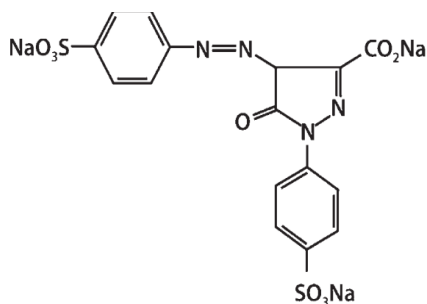


FIG. 2. Structura chimică a tartrazinei (Kobylewski și Jacobson, 2012)

Alt aspect important legat de tartrazină vizează contaminanții cancerigeni. Tartrazina (sau galbenul 5), al doilea cel mai utilizat colorant, poate conține până la 13% din alte substanțe chimice organice și anorganice. Mai mulți agenți cancerigeni pot contamina E102*, printre aceștia numărându-se benzidină și 4-aminobifenil. Oamenii de știință FDA au ajuns la ideea că o companie a eliminat contaminarea cu benzidină în 1992, sugerând că alte companii ar putea face exact la fel (Peiperl și colab., 1995). Având în vedere că mai multe substanțe chimice sunt aduse din China, India și alte țări, este important ca toți coloranții să fie testați în mod obișnuit pentru contaminanți legați. Este în mare parte acceptat că tartrazina are efecte de hipersensibilitate. În anii 1970, au fost raportate mai multe cazuri de sensibilitate la tartrazină, cele mai frecvente sub formă de urticarie și astm (Dipalma, 1990). Cercetătorii au raportat că 26% dintre pacienții cu o varietate

de tulburări alergice au avut o reacție alergică pozitivă la 10-15 minute după ingerarea a 50 mg de colorant (Neuman și colab., 1978). O asociere între intoleranța la aspirină și sensibilitatea la tartrazină a fost demonstrată în diferite cercetări. S-au administrat separat aspirina și tartrazină până la 96 de pacienți și s-a descoperit că aproximativ jumătate dintre pacienții cu reacții pozitive la aspirină au avut și reacții pozitive la tartrazină, iar aproximativ trei cincimi din cazurile pozitive ale E102* au avut și reacții pozitive la aspirină (Stenius și Lemola, 1976).

În altă ordine de idei, aditivul în cauză este certificat pentru a fi utilizat în categoria brânzeturilor procesate; în fructele/legumele îmbuteliate sau incluse în conserve; alimente pe bază de pește sau pește pur; vinuri înmiresmate și băuturi cu gust de vin (<https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/food-additives/search/details/POL-FAD-IMPORT-3099>).

E1422 (agent gelatinizat, „amidon modificat”) este inclus în Grupa I. Totodată, E1422 este întrebuințat în alimentele cu smântână fermentată lipsită de aromă; produse din cereale și produse destinate copiilor sugari, dar și alte produse alocate copiilor (<https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/food-additives/search/details/POL-FAD-IMPORT-3099>).

E415 (gumă xantan) este un aditiv din grupa I. Este folosit în produse fermentate nearomatizate; îndulcitori lichizi de masă; îndulcitori sub formă de pulbere de masă; conserve sau îmbutelieri de fructe și legume; dulceturi/jeleuri/alimente asemănătoare; sandvișu-uri cu legume/fructe; alimente care conțin cereale și alimente consumate de către sugari; diverse produse pentru copii; produse de dietă întrebuințate sugarilor în scop medical; alimente de dietă pentru copiii mici/sugari și preparate care conțin carne (<https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/food-additives/search/details/POL-FAD-IMPORT-3099>).

E202 (conservant sorbat de potasiu) este cuprins în E 200-203; E200-203, 214-219; E 200-213; E 200-219.

E330 (acid citric) reprezintă un agent care inhibă activitatea enzimatică. Mai mult, pH-ul scăzut al acestui acid, determină o mare cantitate de aplicații tehnologice, fiind un important acidifiant, regulator de aciditate, antioxidant și poate acționa și ca sinerg al altor antioxidanți.

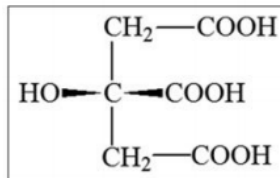


FIG. 3. E330-structură (Silva & Lidon, 2016)

Acidul citric este extrem de folosit ca aditiv alimentar și nu prezintă efecte secundare asupra sănătății umane (Inetianbor și colab., 2015). Pe de altă parte, acidul citric este membru al Grupei I și se poate folosi în brânzeturile nesupuse maturării; brânzeturile cu zer; legume și fructe supuse congelării; legume și fructe la conservă/îmbuteliate; compoturi; gemuri extra și jeleuri extra; jeleuri, marmelade, produse asemănătoare; tartine analoge cu fructe/legume; paste, paste (proaspete) fierte dinainte; pește nesupus prelucrării; crustacee și moluște crude; îndulcitori de masă în stare lichidă/pulbere/tablete; formule distribuite sugarilor; formule de continuare; diverse produse pentru copii; băuturi din malț și bere; uleiuri și grăsimi fără apă; produse fabricate din cereale și produse alocate sugarilor; sucuri pe bază de fructe; nectaruri din fructe; alimente din carne; gnocchi (de cartofi); alimente cu ciocolată și cacao; legume și fructe tăiate și mărunțite (<https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/food-additives/search/details/POL-FAD-IMPORT-3099>).

3. Exemple de evaluare toxicologică cu testul *Allium cepa*.

Materialul vegetal de *Allium cepa* este utilizat pe scară largă în diferite teste de toxicitate. De asemenea, testul *Allium cepa* este considerat una dintre cele mai eficiente metode pentru evaluarea efectele toxice ale substanțelor chimice de mediu (Herrero și colab., 2012). În afară de sensibilitatea ridicată și rentabilitatea sa, testul *Allium cepa* prezintă câteva avantaje în plus, inclusiv posibilitatea de măsurare a parametrilor macroscopici și microscopici (Fiskesjö, 1985; Ciobanu, 2019; Datcu și colab, 2020; Gheorghe și colab, 2021; Ianovici și Dirnu, 2023).

Contaminanți emergenți includ o gamă variată de compuși chimici, cum ar fi de exemplu produsele farmaceutice, produsele de îngrijire personală, agenții tensioactivi, plastifianții și aditivii industriali (Petrovic și colab., 2008). Într-un studiu bazat pe toxicitate s-au ales trei contaminanți emergenți pentru a fi evaluați cu ajutorul testului *Allium cepa*. Cei trei contaminați în cauză sunt următorii: di(2-etilhexil) ftalat (DEHP), 5-clor-2-(2,4-diclorofenoxi) fenol (triclosan, TCS) și propil-p-hidroxibenzoatul (propilparaben, PPB).

- DEHP reprezintă cel mai utilizat plastifiant pentru produsele cu clorură de polivinil. Totodată, prezintă o gamă largă de aplicații, precum materiale de construcție, ambalaje alimentare și aparate medicale. Di(2-ethylhexil) ftalatul nu este legat din punct de vedere chimic de polimer. Prin urmare acest contaminat se scurge cu ușurință de pe suprafețele din plastic și poate pătrunde în mediu sau în corpul uman prin mai multe căi (Koch și Calafat, 2009).
- Triclosanul (TCS) este un ingredient anti-bacterian oglindit în multe produse cosmetice și de îngrijire a sănătății. În plus, poate fi identificat și în mediul acvatic (Lindström și colab., 2002; Singer și colab., 2002) precum și în fluidele corporale (Calafat și colab., 2008).
- Propilbarabenul (PPB) este cuprins în seria conservanților și este folosit în numeroase produse de consum (Soni și colab., 2001).

Bulbii de *Allium cepa* cu o greutate de 15-30 g asupra cărora nu au acționat inhibitori de creștere și pesticide agricole au fost cultivați la întuneric. Totodată, bulbii de ceapă au fost puși la un incubator frigorific, la temperatura de $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$. În momentul în care rădăcinile bulbilor au atins lungimea de 15-20 mm, s-a dat start experimentelor. Soluțiile de testare de DEHP, PPB și TCS au fost selectate pe baza unor studii preliminare și au fost preparate în stare proaspătă în apă filtrată de robinet (pH = 6,5). Concentrația de solvent a fost mai mică de 0,5% (DMSO, utilizat pentru PPB) sau 1% (etanol, utilizat pentru TCS și DEHP), inclusiv grupurile de control. În cazul parametrilor macroscopici, bulbii de ceapă au fost expuși timp de 72 de ore la soluții cu concentrații crescânde ale compușilor de testat. Ulterior, rădăcinile din seturile de control și experimentale a fost măsurate (Fiskesjö, 1993). Au fost, de asemenea, examinate și alte semne de toxicitate, cum ar fi modificări ale consistenței și culorii rădăcinilor, precum și prezența tumorilor, rădăcinilor cu cârlig și rădăcinilor răsucite. Analiza microscopică a presupus determinarea indicelui mitotic, scorul micronucleilor și aberațiilor cromozomiale. Indicele mitotic a fost calculat ca raport între numărul de celule aflate în mitoză și numărul total de celule, numărând 1000 de celule pe lamă. Frecvențele micronucleilor au fost analizate prin observarea a 1000 de celule de interfază pentru fiecare bulb. Aberațiile cromozomiale au fost caracterizate în 100 de celule mitotice per lamă și clasificate ca lipiciitate și ana/telofaze anormale, care includ punți, cromozomi, dezintegrare cromozomială și fusuri multipolare. DEHP nu a influențat creșterea rădăcinilor pe când ceilalți doi contaminanți PPB și TCS au creat reduceri semnificative și dependente de doză în lungime. În ceea ce privește mănunchiurile de rădăcini din seturile de control, acestea au prezentat o lungime medie de $7,4 \pm 1,2$ cm, după 72 h de cultură hidroponică. De asemenea, nu s-au remarcat modificări macroscopice în

creșterea de la nivelul rădăcinilor. Cele trei substanțe chimice testate pot fi considerate toxice, dar au fost observate efecte diferite în funcție de compus și de punctul final analizat. Creșterea susținută a rădăcinii este reglată de activitățile combinate ale diviziunii celulare în zona meristemului mitotic activ și de alungirea celulară care are loc ulterior în regiunile proximale ale vârfului rădăcinii (Shishkova și colab., 2008). Pentru că DEHP la concentrații mari ($\geq 100 \mu\text{M}$) perturbă proliferarea celulelor meristemate de ceapă, așa cum este relevat de reducerea semnificativă a valorilor indicelui mitotic, pare rezonabil să presupunem că rădăcinile pot continua să crească din cauza alungirii celulelor preexistente. În sprijinul acestei presupuneri, s-a demonstrat că suprimarea completă a diviziunii celulare nu poate interfera cu alungirea celulelor (Ivanov, 1994). După tratamentul cu PPB, capacitatea de proliferare a celulele meristemate de *Allium cepa* a fost redusă în paralel cu o scădere bruscă a creșterii rădăcinilor. Cu toate acestea, activitatea mitotică pare să fie redusă într-o măsură mai mică decât lungimea rădăcinii, ceea ce sugerează că inhibarea totală a creșterii rădăcinii poate rezulta în principal din alungirea celulară afectată. De asemenea, nivelurile crescânde ale expunerii la TCS au fost reduse la rădăcinile bulbilor (Liu și colab., 2009; Stevens și colab., 2009). Concentrațiile mai mici de TCS testate au determinat o stimulare aparentă, dar nu semnificativă statistic, a diviziunii celulare, pe când cele mai mari ($\geq 10 \mu\text{M}$) au dus la un efect mito-depresiv. S-a remarcat, totodată, că o creștere mitotică s-a întâmplat simultan cu o ușoară creștere a celulelor aflate în profază. Acest răspuns a fost raportat diferitelor plante incluse în genul *Allium* și expuse la anumiți compuși fenolici (EL-Barghathi și Asoyri, 2007; Herrero și colab., 2012).

Genotoxicitatea carmoizinei a fost evaluată într-un experiment folosind *Allium cepa*. Bulbii de ceapă folosiți în experimentul respectiv au fost prelevați dintr-un câmp agricol în care utilizarea erbicidelor, fungicidelor sau îngrășămintelor chimice a fost evitată, iar pentru creșterea bulbilor s-a aplicat exclusiv gunoi de grajd. Bulbii de ceapă au fost așezați în tăvi de nisip pentru circa 5 zile pentru răsărirea rădăcinilor la temperatură ($25 \pm 3^\circ\text{C}$). Când rădăcinile răsărite au ajuns la 2–2,5 cm lungime, bulbii au fost îndepărtați din tăvi și supuși tratamentului experimental. Rădăcinile de *A. cepa* au fost tratate cu diferite concentrații 0,25%, 0,50%, 0,75% și 1,0% de galben de metanil și carmoizină timp de 24 de ore și 48 de ore de expunere. Unii bulbi de *A. cepa* au fost lăsați în apă dublu distilată ca martor. După tratament, partea apicală a rădăcinilor a fost ruptă, spălată și apoi fixată (acid acetic și etanol în raport 1:3) timp de 24 de ore. Vârfurile rădăcinilor au fost spălate de două ori cu apă dublu distilată și apoi hidrolizate cu HCl (1 N) la 50°C timp de 20 de minute. Vârfurile rădăcinilor au fost apoi spălate pentru a îndepărta excesul de HCl și

uscate. Ulterior, colorarea vârfurilor rădăcinilor a fost făcută cu acetocarmină (2%). S-au examinat preparatele în scopul analizării indicelui mitotic și a aberațiilor cromozomiale (Khan și colab., 2020).

Indicele mitotic activ este în general folosit pentru evaluarea genotoxicității substanțelor toxice de natură chimică. În experimentul descris aici s-a concluzionat că indicele mitotic a fost mai redus la 48 de ore de expunere decât la 24 de ore. S-a concluzionat că anormalitatea totală produsă de carmoizină este dependentă de concentrație și perioada de expunere. Concomitent, s-a ajuns la concluzia că la perioada de expunere, atât la cea de 24 de ore cât și la cea de 48 de ore, creșterea anomaliei totale a fost foarte semnificativă la toate concentrațiile de carmoizină în comparație cu martorul. Cu alte cuvinte, în experimentul dat s-a constatat că atât carmoizina cât și galbenul metanil reduc indicele mitotic și cresc anomalii cromozomiale odată cu creșterea concentrației de tratament și a timpului de expunere. Rezultatele sunt în concordanță cu cercetări privind genotoxicitatea colorantului azoic alimentar sunset yellow, folosind celule meristemice ale rădăcinilor de *Brassica campestris*. S-a observat o reducere foarte semnificativă a indicelui mitotic și o creștere a aberațiilor cromozomiale (Dwivedi și colab., 2015). Cel mai des întâlnit tip de aberații cromozomiale au fost rupturile cromozomiale, c-mitoza, punțile anafazice etc. (Luca și colab., 1987). E122* are impact citotoxic și genotoxic asupra celulelor meristemice ale cepei. Din acest motiv se recomandă utilizarea carmoizinei în doze limitate (Khan și colab., 2020).

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- Amin K.A., Abdel Hameid H., Abd Elsttar A.H. 2010. Effect of food azo dyes tartrazine and carmoisine on biochemical parameters related to renal, hepatic function and oxidative stress biomarkers in young male rats. *Food Chem Toxicol.* 48: 2994–2999.
- Calafat A.M., Ye X., Wong L.-Y., Reidy J.A., Needham L. L. 2008. Urinary concentrations of triclosan in the US population: 2003–2004. *Environ Health Perspect.* 116: 303–307.
- Ciobanu D.G. 2019. A review about phytotoxicity with a focus on the Allium test. *BIOSTUDENT*, vol. 2 (2), pp. 65-74
- Corbu VM, Dumbravă AȘ, Marinescu L, Motelica L, Chircov C, Surdu AV, Gheorghe-Barbu I, Pecete I, Balotescu I, Popa M, Marinas IC, Ianovici N, Ciobanu D-G, Dițu LM, Ficăi D, Oprea OC, Ficăi A, Eugenia Șesan T, Chifiriuc MC. 2023. Alternative mitigating solutions based on inorganic nanoparticles for the preservation of cultural heritage. *Front. Mater.* 10:1272869.doi: 10.3389/fmats.2023.1272869
- Datcu A.-D., Ciobanu D.-G., Boros B.-V., Ostafe V., Ianovici N. 2020. A new approach for phytotoxicity testing using Allium cepa bulbs, *Romanian Biotechnological Letters.* 25(2): 1488-1494
- Djalma J.R. 1990. Tartrazine sensitivity. *Am Fam Physician.* 42: 1347–50.
- Dwivedi K., Kumar G. 2015. Genetic damage induced by a food coloring dye (sunset yellow) on meristematic cells of *Brassica campestris* L. *J Environ Public Health.* 2015: 1-5.
- El-Barghathi M., Asoyri H. 2007. Effect of phenol, naphthol and gibberellic acid on seed germination of Allium cepa L. (Onion). *J Sci Appl.* 1: 6–13.
- Fiskesjö G. 1985. The Allium test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas.* 102: 99–112.
- Fiskesjö G. 1993. Allium test I: A 2–3 day plant test for toxicity assessment by measuring the mean root growth of onions (*Allium cepa* L.). *Environ Toxicol Water Qual.* 8: 461–470.
- Flamm W., Jackson B. 1985. FD&C Yellow No. 5 safety evaluation. Ref Memo Flamm Gryder Dep Health Hum Serv.
- Gheorghe I, Avram I, Corbu VM, Măruțescu L, Popa M, Balotescu I, Blăjan I, Mateescu V, Zaharia D, Dumbravă AS, Zetu OE, Pecete I, Cristea VC, Batalu D, Grigorescu MA, Burdusel M, Aldica GV, Badica P, Datcu AD, Ianovici N, Bleotu C, Lazar V, Dițu LM, Chifiriuc MC. 2021. In vitro evaluation of MgB2 powders as novel tools to fight fungal biodeterioration of heritage buildings and objects. *Frontiers in Materials.* <https://doi.org/10.3389/fmats.2020.601059>

JUCA: About the additives present in food colorings

- Hayashi M., Matsui M., Ishii K., Kawasaki M. 2000. Genotoxicity evaluation datasheet of food additives by the MHW (1980–1998). *Env Mutagen Res.* 22: 27–44.
- Herrero O., Martín J.P., Freire P.F., López L.C., Peropadre A., Hazen M.J. 2012. Toxicological evaluation of three contaminants of emerging concern by use of the *Allium cepa* test. *Mutat Res Toxicol Environ Mutagen.* 743: 20–24.
<https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/food-additives/search/details/POL-FAD-IMPORT-3099-accesat> ultima oară în data de 24 Martie 2023.
- Ianovici N., Dîrnu D. 2023. Aspects of food additives and health. *BIOSTUDENT*, 2023, vol. 6 (1), pp. 71-86
- Ianovici N., Ionuți A., Zbîrcea S., Crașovan G. 2008. Preliminary contribution to the characterization of commercial unifloral honey samples by melissopalynology analysis, *Annals of West University of Timișoara*, ser. Biology, 11:85-94
- Inetianbor J.E., Yakubu J.M., Ezeonu S.C. 2015. Effects of food additives and preservatives on man-a review. *Asian J Sci Technol.* 6: 1118–1135.
- Ivanov V. 1994. Root growth responses to chemicals. *Sov. Sci. Rev. D.: Physicochem. Biol.* 13: 1–70.
- Khan I.S., Ali M.N., Hamid R., Ganie S.A. 2020. Genotoxic effect of two commonly used food dyes metanil yellow and carmoisine using *Allium cepa* L. as indicator. *Toxicol Rep.* 7: 370–375.
- Kobylewski S., Jacobson M.F. 2012. Toxicology of food dyes. *Int J Occup Environ Health.* 18: 220–246.
- Koch H.M., Calafat A.M. 2009. Human body burdens of chemicals used in plastic manufacture. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 364: 2063–2078.
- Lindström A., Buerge I.J., Poiger T., Bergqvist P.-A., Müller M.D., Buser H.-R. 2002. Occurrence and environmental behavior of the bactericide triclosan and its methyl derivative in surface waters and in wastewater. *Environ Sci Technol.* 36: 2322–2329.
- Liu F., Ying G.-G., Yang L.-H., Zhou Q.-X. 2009. Terrestrial ecotoxicological effects of the antimicrobial agent triclosan. *Ecotoxicol Environ Saf.* 72: 86–92.
- Neuman I., Elian R., Nahum H., Shaked P., Creter D. 1978. The danger of 'yellow dyes'(Tartrazine) to allergic subjects. *Clin Exp Allergy.* 8: 65–8.
- Peiperl M.D., Prival M.J., Bell S.J. 1995. Determination of Combined Benzidine in Fd-and-C Yellow-No-6 (Sunset-Yellow Fcf). *Food Chem Toxicol.* 33: 829–39.
- Petrovic M., J. Radjenovic J., Postigo C., Kuster M., Farre M., Alda M., Barceló D. 2008. Emerging Contaminants from Industrial and Municipal Waste: Occurrence, Analysis and Effects. ed. 1, Editura Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 1–36 pp.
- Reza M.S.A., Hasan M.M., Kamruzzaman M., Hossain M.I., Zubair M.A., Bari L., Abedin M.Z., Reza M.A., Khalid-Bin-Ferdous K.M., Haque K.M.F., Islam K., Ahmed M.U., Hossain M.K. 2019. Study of a common azo food dye in mice model: Toxicity reports and its relation to carcinogenicity. *Food Sci Nutr.* 7: 667–677.
- Ryan A.J., Welling P.G., Wright S.E. 1969. Further studies on the metabolism of Tartrazine and related compounds in the intact rat. *Food Cosmet Toxicol.* 7: 287–95.
- Sambu S., Hemaram U., Murugan R., Alsofi A.A. 2022. Toxicological and Teratogenic Effect of Various Food Additives: An Updated Review. *BioMed Res Int.* 2022:1-11.
- Shishkova S., Rost T.L., Dubrovsky J.G. 2008. Determinate root growth and meristem maintenance in angiosperms. *Ann Bot.* 101: 319–340.
- Silva M.M., Lidon F.C. 2016. An overview on applications and side effects of antioxidant food additives. *Emir J Food Agric.* 28: 823–832.
- Singer H., Müller S., Tixier C., Pillonel L. 2002. Triclosan: occurrence and fate of a widely used biocide in the aquatic environment: field measurements in wastewater treatment plants, surface waters, and lake sediments. *Environ Sci Technol.* 36: 4998–5004.
- Soni M., Burdock G., Taylor S., Greenberg N. 2001. Safety assessment of propyl paraben: a review of the published literature. *Food Chem Toxicol.* 39: 513–532.
- Stenius B.S., Lemola M. 1976. Hypersensitivity to acetylsalicylic acid (ASA) and tartrazine in patients with asthma. *Clin Exp Allergy.* 6: 119–29.
- Stevens K.J., Kim S.-Y., Adhikari S., Vadapalli V., Venables B.J. 2009. Effects of triclosan on seed germination and seedling development of three wetland plants: *Sesbania herbacea*, *Eclipta prostrata*, and *Bidens frondosa*. *Environ Toxicol Chem.* 28: 2598–2609.
- Vaclavik VA., Christian EW. 2008. *Essentials of food science*. ed. 4, Ed Springer, New York. 495 p.
- Ward N.I. 1996. Assessment of chemical factors in relation to child hyperactivity. *J Nutr Environ Med.* 7: 333–42.