

МАТЕМАТИЧКА ГИМНАЗИЈА У БЕОГРАДУ

МИМИКРИЈА

МАТУРСКИ РАД ИЗ БИОЛОГИЈЕ

МЕНТОР: ЈЕЛЕНА ПОПОВИЋ

УЧЕНИК: СТЕФАНИЈА ЖИВАНОВИЋ IVA

БЕОГРАД, 2024. ГОДИНА

1. САДРЖАЈ

1. УВОД.....	4
2. ОСНОВНИ ПОЈМОВИ.....	5
3. ЕТИМОЛОГИЈА.....	6
4. КЛАСИФИКАЦИЈА	6
4.1. ПОДЕЛА МИМИКРИЈЕ ПРЕМА ЊЕНОЈ ФУНКЦИЈИ	7
4.1.1. АГРЕСИВНА МИМИКРИЈА	8
4.1.2. ОДБРАМБЕНА МИМИКРИЈА.....	8
4.1.3. РЕПРОДУКТИВНА МИМИКРИЈА.....	9
4.1.4. АГРЕСИВНО-РЕПРОДУКТИВНА МИМИКРИЈА.....	10
4.1.5. МУТУАЛИСТИЧКА МИМИКРИЈА	11
4.1.6. РЕПРОДУКТИВНА-МУТУАЛИСТИЧКА	11
4.1.7. КОМЕНСАЛИСТИЧКА МИМИКРИЈА.....	11
4.2. ПОДЕЛА МИМИКРИЈЕ ПРЕМА ТИПУ СИГНАЛА КОЈИ СЕ ЕМИТУЈЕ И ПРИМА	12
4.2.1. ИЗ УГЛА ЗАВАРАНОГ ОРГАНИЗМА	13
4.2.2. ИЗ УГЛА МИМИКА.....	20
4.3. ПОДЕЛА МИМИКРИЈЕ ПРЕМА ОДНОСУ МОДЕЛА И ПРЕВАРЕНОГ ОРГАНИЗМА	22
4.4. ПОДЕЛА МИМИКРИЈЕ ПРЕМА ЊЕНОЈ ТРАЈНОСТИ	23
4.5. ТИПОВИ МИМИКРИЈСКИХ СИСТЕМА ПРЕМА САСТАВУ ВРСТА	24
5. ТРОДИМЕНЗИОНАЛНА КЛАСИФИКАЦИЈА.....	24
5.1. БАТЕСОВА МИМИКРИЈА	26
5.2. ЕМСЛИЈЕВА МИМИКРИЈА.....	26
5.3. ГИЛБЕРТОВА МИМИКРИЈА	27
5.4. БРОВЕРОВА МИМИКРИЈА.....	28
5.5. МИЛЕРОВА МИМИКРИЈА	28
5.6. ВАВИЛОВА МИМИКРИЈА	28
5.7. ДОДСОНОВА МИМИКРИЈА	28
5.8. КИРБИЈЕВА МИМИКРИЈА.....	29

5.9. ПОУЈАНОВА МИМИКРИЈА.....	30
5.10. ВАСМАНОВА МИМИКРИЈА	30
5.11. БАКЕРОВА МИМИКРИЈА.....	30
<u>6. ЗАКЉУЧАК.....</u>	<u>31</u>
<u>7. ЛИТЕРАТУРА.....</u>	<u>32</u>

1. УВОД

Одувек су ме занимали механизми, односно начини, на које природа функционише. Занимало ме је како се одређене врсте развијају и мењају кроз време, а од свих еволутивних феномена, највише ме је заинтригирала појава мимикрије коју сам прво упознала на примеру хоботнице о којој ће касније бити речи.

Случајним променама једна врста развија особину повољнију за опстанак у датом тренутку. Поменута карактеристика може бити слична карактеристици неке друге врсте која је већ прилагођена датим условима. Како јединка са том повољном карактеристиком опстаје боље од осталих припадника исте врсте, она ту особину може пренети на даље потомство и временом ову појаву можемо сврстати у мимикрију.

Сматрам да се у данашњем свету не придаје довољно значаја овим областима које су од изузетне важности за боље разумевање природе, а самим тим и очување исте и надам се да ће овај рад свим читаоцима бити подлога за нова размишљања.

2. ОСНОВНИ ПОЈМОВИ

Несвесна биолошка мимикрија, познатија као мимикрија, јесте еволуциони феномен у коме једна врста опонаша неки аспект околине или друге врсте ради заштите, камуфлаже или остваривања других предности. То може укључивати имитирање боја, мириса, облика, понашања и других карактеристика што врсти омогућава опстанак. У неким радовима можемо наићи на дефиницију мимикрије која налаже да појаве у којима организам имитира неживу природу нису миметичког порекла, али овај рад се неће заснивати на том принципу. Тако, на пример, *крипсис* настаје када организам збуни или уклони било који физиолошки сигнал који би могао упозорити други организам на његово присуство, обично предатора; најчешћа примена ове појаве јесте кроз *камуфлажу*, а *маскарада* се јавља уколико организам имитира конкретан нејестив објекат и на тај начин избегава чељусти непријатеља. Мимикрија може бити присутна на нивоу читаве врсте, али и на нивоу групе јединки, тј. могуће је да особину мимикрије има одређен број јединки у оквиру неке врсте, а да остали припадници те врсте немају ту карактеристику. Овакву појаву можемо објаснити на примеру врсте рибе павлинке, о којој ће касније бити више речи, код које одређени број мужјака опонаша женке ради приступа гнезду. У сваком случају, систем мимикрије јесте еколошка поставка која укључује два или више протагониста који могу имати улогу *мимика*, *модела* и „*превареног*“ организма, тј. организма који прима сигнале. Модел представља организам или неживи објекат који емитује стимулансе или сигнале који бивају регистровани, мимик јесте биљка или животиња која опонаша модела, а „преварени“ организам јесте животињски непријатељ, жртва или, у неку руку, „преварени помагач“ мимика чија су чула подложна деловању моделових сигнала и који притом бива изманипулисан сличним сигнаlima који потичу од мимика.

Дуго времена није постојао одговарајући термин за трећег протагонисту мимикријског система. Деценијама је најприхваћенији назив био „непријатељ“, а касније и „предатор“ иако небројено много примера система мимикрије није развијено ради заштите од предатора и других непријатеља. Све док Лук Виклер, швајцарски палеонтолог

и еволутивни биолог, није дао трећем актеру система назив „пријемник сигнала" (signal receiver), термин предатор није почео да се губи из употребе. Термин дат од стране Виклера није био најјаснији те је због тога замењен бољим, свеобухватнијим, термином: преварени организам, тј. животиња, што на енглеском има краћи и једноставнији назив који гласи *dupe* (dju:p).

3. ЕТИМОЛОГИЈА

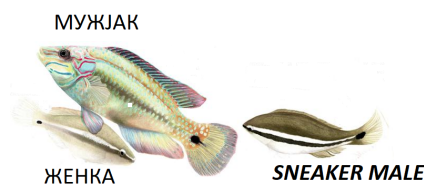
Како бисмо разумели суштину неке појаве неопходно је знати шта је почетно значење речи која представља назив разматране појаве. Стога у овом раду излагање о мимикрији започињемо образложењем етимологије наведене речи.

Термин који јесте главна тема овог рада користи се још од 1637. године када је био намењен за описивање људи. Наиме, мимикрија потиче од грчке речи *mimetikos* која, у ствари, значи *имитативно*. Термин мимикрија први пут искоришћен је у зоологији 1861. године и тако је почела примена овог термина у биологији.

4. КЛАСИФИКАЦИЈА

Као и у било којој научној области, човек настоји да објекте значајне за одређену појаву класификује. Постоје многобројни типови мимикрија. Дешава се да један пример спада у више различитих група, тј. да припада пресеку већег броја категорија. Пример за то би могла бити два типа мимикрије, а то су репродуктивна мимикрија и аутомимикрија, о којима ће касније бити више речи, али ћемо овде само дефинисати појмове. Репродуктивна мимикрија се јавља када радње превареног организма директно помажу репродукцији мимика, а аутомимикрија јесте појава мимикрије у оквиру једне врсте. Наиме, како се међусобно не искључују, могуће је наћи случај који припада и једној и другој групи. Дobar пример за овакво преклапање јесте *Symphodus ocellatus*, у народу познатији као павлинка. Женке ове врсте преферирају парење са мужјаком који је изградио гнездо и који брине о јајима, више него са мање обојеним мужјаком који

имитира изглед женке. Тај имитирајући мужјак, такозвани *sneaker male* (назив потиче од тога што се поменути мужјак „шуња“ што на енглеском значи *sneak*), може прићи гнезду, које је чувано од стране родитељског мужјака, због свог изгледа и покрета који су имитација женки и тад избацити сперму. Ова врста риба прво ослобађа сперму, па тек онда јаја у воду омогућавајући паразитирајућем мужјаку да оплоди јаја, чак иако женка није ту, у гнезду. Овај пример мимикрије јесте аутомимикрија, али је и репродуктивна мимикрија због природе исхода опонашања женки.



Илустрација представника врсте павлинке (1)



Слика мужјака и женке павлинке (2)

4.1. ПОДЕЛА МИМИКРИЈЕ ПРЕМА ЊЕНОЈ ФУНКЦИЈИ

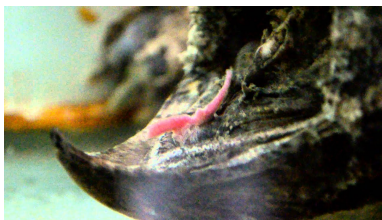
Када разматрамо улогу мимикрије, појаву анализирамо из угла мимика, тј. занимају нас погодности које мимик добија својом имитацијом неког другог организма, односно неживог објекта. Раздвајамо три главне групе: 1. *агресивну*, 2. *одбрамбену* и 3. *репродуктивну мимикрију*. Сем ове три главне категорије постоји још четири од које су две прелазне: 4. *агресивно-репродуктивна*, 5. *репродуктивно-мутуалистичка*, 6. *мутуалистичка*, 7. *коменсалистичка*.

4.1.1. АГРЕСИВНА МИМИКРИЈА

Агресивна мимикрија јесте феномен у ком је мимик предатор или паразит. Дакле, у агресивној мимикрији мимик се камуфлира или узима облик који је привлачан, односно неутралан, за његову потенцијалну жртву.

Пример:

Macrochelys temminckii, то јест, алигаторска корњача, која насељава северноамеричке воде, поред свог снажног угриза, има додатну предност. Ове слатководне корњаче се сакривају у блату и међу мртвим остацима биљака и других организама на дну река и језера, а успут померају малу израслину на свом језику у својим отвореним устима. Ова израслина oponaша кретање и изглед црва који привлачи рибе. Када се плен довољно приближи бива поједен.



Изрештај код алигаторске корњаче који подсећа на црва (3)

4.1.2. ОДБРАМБЕНА МИМИКРИЈА

Одбрамбена мимикрија јесте она у којој мимик својом имитацијом извесног објекта, живог или неживог, заваља непријатеља и тако га одбија или остаје неопажен, те због тога успева да преживи.

Пример:

Lagopus muta, птица која током године митарењем мења своје перје у зависности од годишњег доба. Зимским годишњим добом доминира бела боја перја, а лети и у пролеће смеђа. Њена обојеност омогућава јој да се стопи са својом околином, тј. камуфлира, што повећава могућност опстанка. Како живи у планинским пределима, зими

је тло прекривено снегом те је због тога оптимална боја за преживљавање бела, а остала годишња доба одликује боја лишаја и стена, те је због тога тада заступљена смеђа боја перја.



Lagopus muta (4)

4.1.3. РЕПРОДУКТИВНА МИМИКРИЈА

Код овог типа мимикрије превара је развијена само ради помоћи или пропагације миметичке врсте, док она врста чија су чула заварана наставља живот без негативних последица.

Пример:

Додсонова мимикрија је облик репродуктивне флоралне мимикрије где модел припада другој врсти (дакле, није аутомимикрија) у односу на мимика. Назив се односи на Калавеја Х. Додсона, америчког ботаничара, орхидолога и таксонома. Преко сензорних сигнала сличних онима код модела, цвет, који је мимик, мами своје опрашиваче. *Epidendrum ibaguense* из породице орхидеја својим цветовима личи на врсту *Lantana camara* и *Asclepias curassavica*, и бива опрашиван од стране лептира монарха који опрашује и наведену врсту. Овај тип мимикрије не може бити репродуктивно-мутуалистичка јер нектар опрашивачу није обезбеђен, те зато он нема користи, али уједно нема ни негативних последица.



Epidendrum ibaguense(5) *Lantana camara* (6) *Asclepias curassavica* (7)

4.1.4. АГРЕСИВНО-РЕПРОДУКТИВНА МИМИКРИЈА

Као што сам назив овог типа мимикрије каже, ово је појава која има одлике и агресивне и репродуктивне мимикрије. Дакле, овом мимикријом врста мимика бива пропагирана, а врста модела угрожена.

Пример:

Кукавичја пчела, која је добила назив по познатом примеру кукавице која полаже своја јаја у туђе гнездо, јесте занимљив представник овакве мимикрије. Имитирањем неке друге врсте, мимик себи омогућује неприметан улазак у гнездо где полаже своја јаја, која потом опстају на рачун модела. Дакле, на овај начин кукавичја пчела успева да одржи потомство, а успут ускраћује ресурсе од имитираног организма.



Кукавичја пчела (8)

4.1.5. МУТУАЛИСТИЧКА МИМИКРИЈА

Мутуалистичка мимикрија јесте феномен у ком корист имају и мимици и модели.

Пример:

Класичан пример овакве мимикрије могли би бити примери који спадају у Милерову мимикрију. Наиме, како се две врсте које су штетне за превареног организма међусобно опонашају, број напада на обе мимичке, тј. моделске врсте, се смањује, те тако већи број јединки опстаје.

4.1.6. РЕПРОДУКТИВНА-МУТУАЛИСТИЧКА

У оваквом типу мимикрије, као што нам и сам назив говори, имамо елементе који је чине репродуктивном, дакле, долази до поспешивања репродукције миметичке врсте, али како је и мутуалистичка, корист има и заварани организам, те због тога долази до пропагације и његове врсте.

Пример:

Најједноставнији пример за овај тип мимикрије јесу цветнице и њихови опрашивачи. Наиме, поједине цветнице, имитирајући мирис или изглед јединке привлаче представнике исте врсте који, слећући на цвет, преузимају полен и носе га до другог цвета биљке исте врсте. На тај начин цветници је омогућена фертилизација, а опрашивачу је обезбеђен нектар.

4.1.7. КОМЕНСАЛИСТИЧКА МИМИКРИЈА

Коменсалистичка мимикрија представља однос у ком само мимик има користи (али не директно повезану са репродукцијом, јер бисмо ову мимикрију онда класификовали као репродуктивну), али тиме не наноси никакву штету моделу. Такав однос имају *Syrphidae* и пчеле, односно осе. Овај тип мушице је обојен тако да својим изгледом подсећа наведене

организме, што му омогућава да избегне предаторе који пчеле и осе везују за убод и бол који следи, те их због тога избегавају.



Представник *Syrphidae* (10)

4.2. ПОДЕЛА МИМИКРИЈЕ ПРЕМА ТИПУ СИГНАЛА КОЈИ СЕ ЕМИТУЈЕ И ПРИМА

Главно чуло које људи поседују јесте чуло вида, те је због тога велики број биолошких имитација проглашен колорацијом, иако велики број ових појава уопште и није био *хомохромија* (асимиловање боја, реч грчког порекла). Чак и у случајевима у којима се јављају боје и шаре укључени су и други једнако важни феномени као што су покрети и држање код животињских мимика, или мирис код биљних мимика, али и животињских, као и врло честа појава имитирања форме, тј. облика, те због тога такво опонашање не можемо окарактерисати као хомохромију већ морамо пронаћи свеобухватнији термин. У наведеној табели можемо видети каква је мимикрија заправо из угла мимика (емисија сигнала), а каква из угла „превареног“ (перцепција сигнала).

	Мимикрија према перцепцији сигнала			
Мимикрија према емисији сигнала	Оптичка	Хемијска	Акустича	Додирна
Хомохемија		+		
Хомохромија	+			
Хомокинемија	+	+	+	+

Хомоморфија	+	+	+	+
Хомофонија			+	
Хомофотија	+			
Хомотермија				+

4.2.1. ИЗ УГЛА ЗАВАРАНОГ ОРГАНИЗМА

4.2.1.1 ОПТИЧКА МИМИКРИЈА

Оптичка мимикрија је феномен у којем један организам имитира изглед или облик другог организма или околине. Овим типом мимикрије се заваара чуло вида одређеног организма, те се због тога и зове оптичка мимикрија.

Пример:

Живећи под интензивном претњом грабљивица, хоботнице су развиле ефикасну и импресивну способност камуфлирања која искоришћава карактеристике свог окружења како би им омогућила да се „уклопе и сакрију“. Предаторство прави селекцију развоја различитих одбрамбених механизма и понашања (опстаће јединке чије су особине погодне у датом тренутку), укључујући мимикрију. Уколико животиња боље опонаша своје окружење, мања је вероватноћа да ће бити уочена од стране предатора. Главоношци, посебно хоботнице, поседују изузетну способност да мењају изглед свог тела како би се прилагодили променама у визуелном окружењу. Подударање са околином је једна стратегија за постизање крипсиса, чији је принцип Дарвин одавно препознао. Код цефалопода, подударање са околином је динамичан процес у којем животиња процењује низ варијабли околине као што су контраст, светлост, облик и величина објеката при одлучивању какве шаре да прикаже.

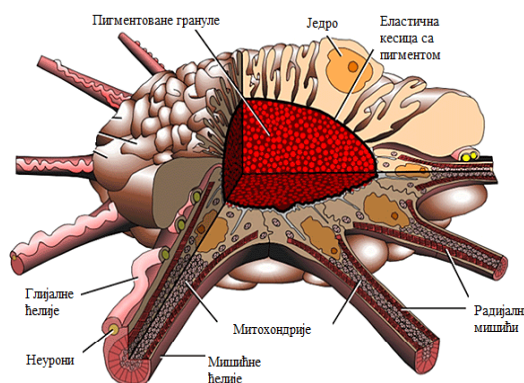
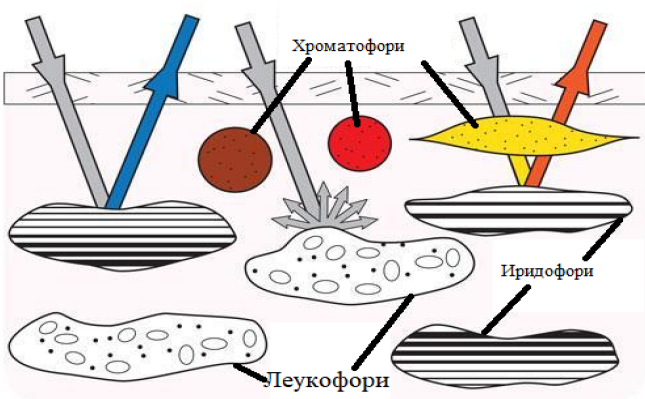
Прво питање које се поставља јесте како функционише механизам којим се велики број главоножаца служи. Ове животиње користе своју кожу, која садржи пигментоване хроматофорне органе, рефлектујуће иридофоре и светлосне леукофоре. Ове структуре дају хоботницама способност да тренутно мењају своје приказивање тела како би

постигле завањавајућу и општу сличност са околином.

Хроматофори су органи који се налазе у кожи многих главоножаца, као што су лигње, сипе и хоботнице, које садрже кесице са пигментом које постају видљивије када се мали радијални мишићи око те кесице контрахују, чиме се пигмент шири испод коже.

Иридофори се дефинишу као ћелије које производе иридесценцију (оптички феномен који се манифестирује као промена боје или сјаја у зависности од угла гледања или осветљења). За разлику од хроматофора, остаје спорно да ли се иридофори директно контролишу нервним системом јер реагују много спорије (око неколико секунди до минута) и стога се сматра да су они контролисани неурохормонима. Како су пигменти у хроматофорима углавном жути, црвени или смеђи, неопходно је додати структуру која омогућава имитацију и осталих боја. У овом случају су то, управо споменути, иридофори.

Леукофори су структурни рефлектори који својим пружањем беле подлоге, утичу на интензитет изражених хроматофора. Леукофори су бели под белом светлошћу али одбијају боје које су доступне у окружењу: на пример, црвену у црвеној светлости, зелену у зеленој светлости итд. На овај начин се додатно побољшава камуфлажа.



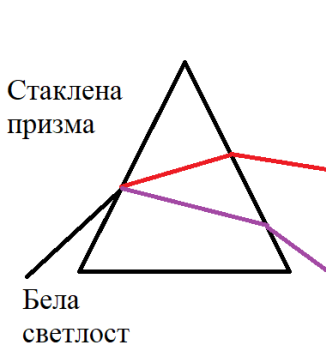
Распоред хроматофора, иридофора и леукофора (12) Грађа хроматофора (13)

Још једно од питања које се поставља јесте како хоботнице врше одабир свог тренутног изгледа. Наиме, познато је да хоботнице, лигње и сипе имају само један тип фоторецептора што имплицира да не могу видети боје, то јест, све што уоче јесте у некој нијанси сиве. С обзиром на то да су ови организми познати по камуфлажној способности, овај закључак се коси са њиховом немогућношћу да разликују боје. Постоје две теорије

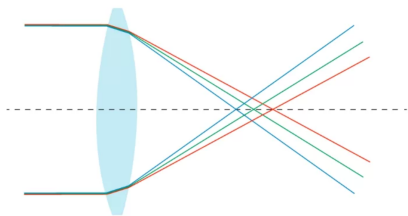
које објашњавају ову интригантну појаву.

Прва теорија, мање вероватна, јесте да, како главноошци поседују фотосензитивне молекуле, који се зову опсини, у својој кожи, цефалоподи могу детектовати светлост својом кожом. Међутим, фотосензитивни молекули у кожи су слични онима у очима, те није сасвим јасно како би им постојање опсина помогло да виде боје боље него што и то очи омогућују.

Друга теорија сматра да се ови организми користе хроматском аберацијом, која представља скретање светлости под различитим углом у зависности од фреквенције, односно боје. Познато је да љубичаста светлост, приликом преласка из једне средине у другу, скреће највише, а црвена најмање. Како светлости различитих боја скрећу под различитим углом, оне имају и различите фокусне тачке.



Разлагање беле светлости кроз стаклену призму (14)



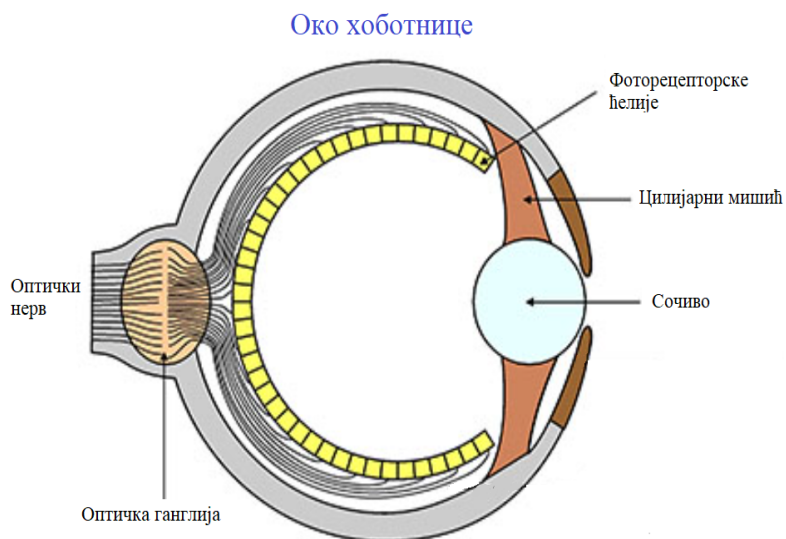
Светлости различитих боја имају различите фокусне тачке (пресеке са оптичком осом)
(15)

Хипотеза о хроматској аберацији предлаже да главноошцима ту могућност оспособљавају зенице необичних облика. Ова особина им омогућава да детектују боју

праћењем замућења слике како се фокус мења. Наиме, цефалоподи променом облика, тј. дубине очне јабучице, имају способност да, како светлости различитих боја скрећу под различитим углом, фокусирају светлости различитих фреквенција и на тај начин их разликују. Рачунарски модели показују да је овај метод детекције слике могућ.



Изглед зенице сипе (16)



Око хоботнице , немају слепу мрљу (17)

4.2.1.2 ХЕМИЈСКА МИМИКРИЈА

Мимикрија хемијских сигнала, такође позната и под називом молекуларне мимикрије, представља тип биолошке мимикрије у ком се користе хемијска једињења којима се насамарује прималац сигнала. Хемијски мимик, стварајући одређену супстанцу,

показује хемијску сличност са неким другим супстанцама и као последицу добија селективну предност. Дакле, способност регистровања неког хемијског једњења и његовог утицаја на завараног организма бивају промењене што доводи до некакве предности мимики.

Пример:

Трутови улажу више времена и енергије у репродуктивно понашање, него женке, које више времена проводе у храњењу и сакупљању хране за одгој потомака. Због тога се сматра да су обично женке ефикаснији опрашивачи. Ипак, велики број биљака је специјализован за опрашивање од стране трутова. Овај закључак поставља питање зашто је то тако. Наиме, пошто се понашање трутова и матица разликује, резултат добијен опрашивањем не може бити исти, док су женке које траже храну ефикаснији опрашивачи, мужјаци прелазе веће дистанце и на тај начин доприносе даљем распрострањању полена. С обзиром на то да мужјаци проводе више времена у репродуктивном понашању, а не у потрази за храном, можемо се запитати како цветнице уопште привлаче мужјаке. Наиме, велики број специјализованих биљака ствара псеудо-феромоне који наликују феромонима матица. На овај начин трут бива привучен овом хемијском супстанцом, те због тога омогућава опрашивање.

4.2.1.3 АКУСТИЧНА МИМИКРИЈА

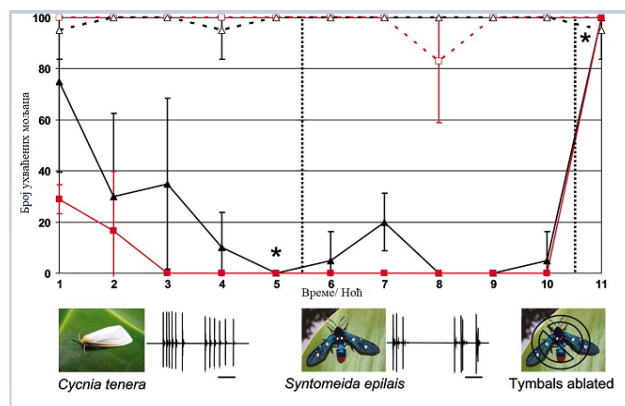
Акустична мимикрија, такође позната као мимикрија звука, је облик мимикрије у којем један организам опонаша звукове које производи други организам или предмет и на тај начин заваља чуло слуха неког организма.

Пример:

Тиграсти мољци одговарају на ехолокацију напада слепих мишева ултразвучним кликовима који се емитују из билатералних структура званих тимбали (наборане егзоскелетне структуре које се користе за производњу звукова код инсеката). Дебата о функцијама ових звукова произвела је три хипотезе које се међусобно не искључују: застрашивање, ометање и упозорење. Иако постоје неки докази и за ефекте застрашивања

и ометања, недавни рад је потврдио једну претпоставку модела упозорења: велики смеђи слепи мишеви (*Eptesicus fuscus*) нису успели да науче да избегавају хемијски заштићене мољце осим ако ти мољци нису пружили и акустично упозорење. Пример који ћемо посматрати спада у Милерову мимикрију о којој ће касније бити више речи, али како бисмо разумели шта је заправо мимикрија у целој овој причи, навешћемо кратку дефиницију: Способност различитих отровних, несродних врста да имитирају једна другу и самим тим њихова врста има све мање жртви, односно продужавају свој животни век.

Тројици представника врсте *E. fuscus* и једном представнику врсте *L. borealis* су представљени *Cicnia tenera* као модели и *Syntomeida epilais* као мимици, док су другој групи слепих мишева која се састојала од два припадника врсте *E. fuscus* и једног припадника врсте *L. borealis* представљени исти мољци, али у обрнутом редоследу (прво *Syntomeida epilais*, па онда *Cicnia tenera*) . Обе групе су научиле да избегавају штетни модел током првих пет ноћи. Пошто су резултати за оба редоследа презентације мољца били скоро идентични, подаци су обједињени за анализу. Гусенице *C. tenera* издвајају срчане гликозиде из своје биљке домаћина *Apocynum cannabinum*, и развијају се у одрасле јединке које су потпуно неукусне за слепе мишеве. *S. epilais*, која се ослања на сличну хемију срчаних гликозида и на тај начин остварује своју непријемчивост слепим мишевима, конзумира *Echites umbellata* као своју главну биљку домаћина. Расподела свих мољаца, слепих мишева и биљака домаћина коришћених у Милеровим експериментима се преклапају у централној и северној Флориди. До пете ноћи, сви слепи мишеви су научили да потпуно избегавају модела. Шесте ноћи, када су представљени Милерови мимици само је један велики смеђи слепи миш уловио једног мољца (*S. epilais*). *E. fuscus* је показао одређено понашање хватања 7. ноћи, али се брзо смањило и избегавање мимика се наставило током пет вечери презентације. Да бисмо утврдили да ли су слепи мишеви генерализовали на основу кликова, 11. ноћи уклоњени су бубњеви лептира и утишани мољци представљени су слепим мишевима. Проценат ухваћених тиграстих мољаца вратио се на контролне нивое, тј. нивое броја ухваћених јестивих мољаца. Звуци генерисани пленом су ти који покрећу и мимикрију.



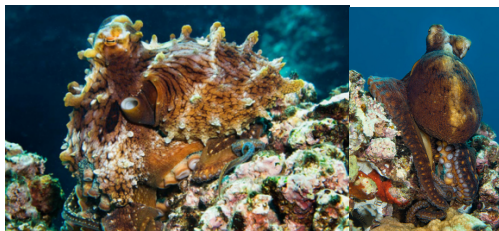
Приказ истраживања (18)

4.2.1.4 ДОДИРНА МИМИКРИЈА:

Додирна мимикрија је појам који описује феномен где животиње или биљке подражавају додирне особине своје околине. Наиме организам који има овај тип мимикрије имитира неку особину своје околине коју заварани организми препознају чулом додира.

Пример:

Мајстори камуфлаже, већ споменути у тексту, могу бити поменути и у овом одељку. Наиме, хоботнице имају и ту могућност да мењају рељеф свог тела тако да се стапа са рељефом околине. Хоботнице свуд преко тела имају мале избочине зване папиле које могу мењати величину. Ти мали снопови мишића омогућавају брзу промену текстуре коже.



Поређење изгледа хоботнице након што је прилагодила текстуру коже околини и изгледа пре прилагођавања (19)

Пример:

Један класичан пример хомотермије у мимикрији постоји код одређених инсеката који подражавају изглед, понашање, а успут и термалне карактеристике мрава. Мрави су познати по томе што су термално различити у зависности од својих социјалних понашања и метаболичке активности. Неки инсекти опонашањем телесне температуре избегавају откривање и на тај начин стичу приступ мрављим колонијама. Један од конкретних примера хомотермије у мимикрији присутан је код групе инсеката *Myrmecophilidae*. Ове бубице имитирају изглед, мирис и термалне карактеристике мрава, што им омогућава да се инфилтрирају у мравље колоније без примећивања и напада од стране мрава



Myrmecophilidae и мрав (20)

4.2.2. ИЗ УГЛА МИМИКА

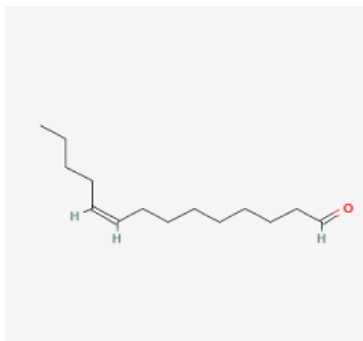
Сад кад смо обрадили начине на које различита подражавања могу бити перципирана, можемо посматрати елементе који бивају опонашани и чијом комбинацијом добијамо претходно наведене типове мимикрије из угла завараног организма.

Префикс *хомо-* потиче од грчке речи *хомос* која на српском језику значи *исто*. Уводимо ово објашњење из тог разлога што у оквиру термина које ћемо користити, овај префикс објашњава суштину описаних појава.

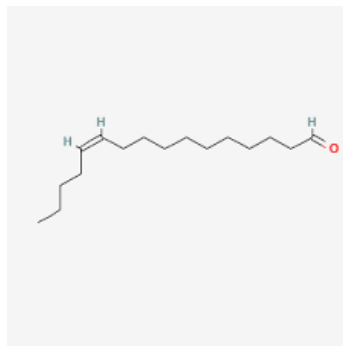
- Хомохемија представља опонашање хемијских супстанци.
- Хомохромија представља опонашање боја.
- Хомокинемија представља опонашање покрета и понашања.
- Хомоморфија представља опонашање облика.
- Хомофонија представља опонашање звука
- Хомотермија представља подударање температуре тела са температуром тела модела, чиме организам који региструје друга бића преко њихове температуре, бива заваран и посматра мимика и модела као припаднике исте врсте.

Пример:

Као пример хемијске мимикрије, можемо навести врсту паука латинског назива *Mastophora cornigera* и мољце мушког пола. Наиме, женке ове врсте паука производи испарљиве материје у чији састав улазе (цис)-9-хексадеценал и (цис)-11-хексадеценал. Исте те материје јесу компоненте мешавина феромона које произво-де женке мољаца, те због тога мужјаци којима се предатор храни бивају привучени и ухваћени.



(цис)-11-хексадеценал (21)



(цис)-9-хексадеценал (22)



Mastophora cornigera (23)

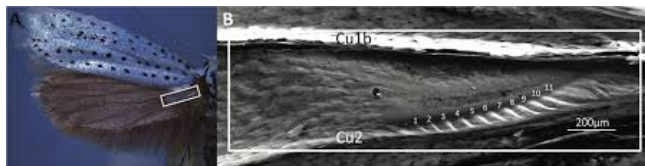
Пример:

Механизам опонашања у једном од примера хомофоније објаснићемо на примеру Милерових мимика из рода *Uronomeuta* и потпородице *Arctiinae*.

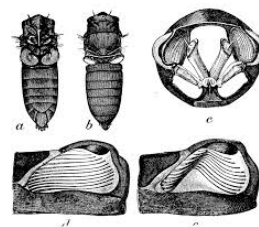
Чланови потпородице латинског назива *Arctiinae* поседују тимбале, који код њих представљају измењени део торакса којим производе звукове високих фреквенција.

Представници рода *Uronomeuta* на крилима имају пругасту структуру која наликује тимбалима и која, приликом лета, кривљења и ротације крила производи звуке високих фреквенција који наликују кликовима које производе мољци горенаведене потпородице.

Како су обе групе мољаца отровне за слепе мишеве, слободно можемо рећи да су они Милерови мимици.



Структура код *Uronomeuta* (24)



Тимбали (25)

4.3. ПОДЕЛА МИМИКРИЈЕ ПРЕМА ОДНОСУ МОДЕЛА И ПРЕВАРЕНОГ ОРГАНИЗМА

Природа модела у мимикријском систему је или индиферентна према преваренима или није, и тада може бити или одобравајућа или неодобравајућа према њима. Такође може бити дефинисан или неодређен. Неодређени модел је део окружења или свеукупно окружење, а дефинисан је уколико је неки јединствен покретан или непокретан објекат.

Индиферентном природом модела можемо сматрати, на пример, природу средине у оквиру камуфлаже. Средина која је подражавана нема никаквог утицаја на превареног, али, својим опонашањем, мимик избегава примећивање и тако преживљава.

У случају да је модела природа неодобравајућа, најједноставнији пример могао би бити било који систем у ком је модел токсичан за насамареног организма. Мимик, имитацијом неукусног модела, бива посматран као припадник имитиране врсте што одбија предатора.

У случају када је природа модела одобравајућа према природи завараног организма, за пример можемо узети Додсонову мимикрију. Наиме, овај тип мимикрије карактерише цветница коју опрашују заварани организми и која бива имитирана од стране мимика, тј. неке друге цветнице. Дакле, модел јесте одобравајући према завараном организму.

4.4. ПОДЕЛА МИМИКРИЈЕ ПРЕМА ЊЕНОЈ ТРАЈНОСТИ

Код одређеног модела, мимикрија може бити *прилагодљива* променама окружења или *развојна* (у спрези са свеукупним развојем организма). Развојна мимикрија је присутна у одређеном стадијуму живота и тад је такав облик опонашања *фиксан*. Пример овакве појаве могла би бити јесетра, која, као врло млада, подсећа на плутајуће гранчице. Такође, као баналан пример, можемо узети миметичку гусеницу која прераста у миметичког лептира. Јасно је да лептир, који има крила, не може делити исти облик мимикрије са том гусеницом.

Прилагодљива мимикрија може бити *сезонска*, *циркадијална* и *ад хок*.

Код првонаведене прилагодљиве мимикрије, један облик опонашања заузима одређени период године. За пример сезонске мимикрије можемо узети већ поменути птицу латинског назива *Lagopus muta*. Ова птица своје смеђе перје мења пред зимски период у бело, како би се боље уклопила у снежно окружење.

Циркадијална мимикрија јесте она која свој облик мења у зависности од периодичних промена средине, као што су смена дана и ноћи или светлости и таме.

Пример оваквог типа мимикрије могли би бити горски скакавци (*Orthoptera Acrididae*). Наиме, неке врсте горских скакаваца имају способност да промене своју боју у

зависности од времена дана. На пример, неки скакавци могу бити зелени док је околно лишће зелено, али када се приближи ноћ, могу променити боју у тамно браон или сиву како би се боље сакрили од потенцијалних противника.

Ад хок мимикрија јесте облик мимикрије у ком се промене дешавају релативно брзо и чији је процес потпуно реверзибилан. Савршен пример за ову појаву морају бити хоботнице о којима је већ било речи.

4.5. ТИПОВИ МИМИКРИЈСКИХ СИСТЕМА ПРЕМА САСТАВУ ВРСТА

Вејн Врајт (Vane Wright), британски ентомолог и таксономиста, у област проучавања мимикрије увео је корисну формалну номенклатуру за састав врста мимикријског система који је сачињен од модела, мимика и превареног организма.

Систем је *дисјунктан* уколико сви протагонисти мимикријског система припадају различитим врстама, а *конјунктан* је уколико сва три протагониста припадају једној врсти. Уколико два од могућа три протагониста припадају једној врсти, а преостали некој другој, систем је *биполаран*. Постоје три могућа облика биполарног мимикријског система: модел наспрам мимика и превареног организма, мимик наспрам модела и превареног организма и модел и мимик наспрам превареног организма. Уколико модела и мимика означимо, као пошиљаоце сигнала, са S1 и S2 (енглески: *signal*), а превареног означимо са R као примаоца (енглески: *reciever*), наведени биполарни системи били би означени са S2/S1R, S1R/S2 и S1S2/R.

5. ТРОДИМЕНЗИОНАЛНА КЛАСИФИКАЦИЈА

Како постоје главна три критеријума по којима се одређена мимикријска појава може класификовати и издвојити од других, то се овај начин поделе назива тродимензионална класификација.

Први критеријум по ком класификујемо одређену мимикријску појаву јесте функција мимикрије. Други критеријум јесте да ли је модел одобравајући, неодобравајући

или индиферентан према мимику, а трећи критеријум јесте управо претходно наведена подела мимикријских система према саставу врста.

У следећој табели наведени су најпознатији облици мимикрија

Модел је неодобравајући према завараном организму		
Мимикрија	Тип мимикријског система према саставу врста	Функција мимикрије
Батесова	дисјунктна	одбрамбена
Емслијева	дисјунктна	одбрамбена
Гилбертова	S1R/S2	одбрамбена
Броверова	S1S2/R	одбрамбена
Милерова	S1S2/R	одбрамбена

Модел је одобравајући према завараном организму		
Мимикрија	Тип мимикријског система према саставу врста	Функција мимикрије
Вавилова	дисјунктна	агресивно-репродуктивна
Додсонова	дисјунктна	репродуктивна
Кирбијева	S1R/S2	агресивно-репродуктивна
Поујанова	S1R/S2	репродуктивна
Васманова	S1R/S2	мутуалистичка/ коменсалистичка
Бакерова	S1S2/R	репродуктивна

S1- модел, S2- мимик, R - заварани организам

5.1. БАТЕСОВА МИМИКРИЈА

Већ познати пример имитације неукусног организма био би један од примера Батесове мимикрије. Наиме, мимик, имитирајући отровног организма, не бива поједен. Модел је неодобравајући према завараном организму, сва три протагониста припадају различитим врстама и функција ове мимикрије јесте заштита, тј. ова појава јесте одбрамбена мимикрија.



Limenitis archippus опонаша отровног *Danaus plexippus* (26)

5.2. ЕМСЛИЈЕВА МИМИКРИЈА

Иако има исте атрибуте као Батесова мимикрија у овом систему класификације, можемо је издвојити као посебну групу појава. Емслијева мимикрија односи се на облик мимикрије који постоји код одређених врста где отровнији мимик имитира мање отровног модела. Овај тип мимикрије може бити помало збуњујући с обзиром на то да је модел углавном отрован, а мимик није. Наиме, овде је ситуација другачија. Мимик је отровнији (смртоносан), а модел није, те због тога животиња која дође у контакт са мимиком не може научити да избегава мимика, али како је и модел, иако не смртоносан, отрован, број напада на мимике се смањује јер животиња учи да избегава мимика. Емслијева мимикрија се јавља код коралних змија из рода *Micrurus* (мимик) и лажних коралних змија из рода *Erythrolamprus* (модел)



Micrurus frontalis (отровна) и *Erythrolamprus aesculapii* (мање отровна) (27)

5.3. ГИЛБЕРТОВА МИМИКРИЈА

Гилбертова мимикрија укључује само две врсте. Потенцијални домаћин (или плен) одбацује свог паразита (или предатора) имитирајући га. Гилбертова мимикрија се јавља у роду *Passiflora*. Листови ове биљке садрже токсине који одбијају хербиворне животиње. Међутим, неке ларве лептира *Heliconius* су развиле ензиме који разграђују ове токсине, што им омогућава да се специјализују на овај род биљака. То је створило додатни притисак селекције на ове биљке, које су развиле структуре које имитирају јаја врсте *Heliconius* близу тачке излегања. Ови лептири обично избегавају полагање јаја близу постојећих, што помаже избегавању интраспецифичне конкуренције између гусеница - оне које полажу на празне листове пружају својим потомцима већу шансу за преживљавање јер је већина ларви врсте *Heliconius* канабалистичка, што значи да на листовима, старија јаја се излежу прва и касније, како су канибалистичке природе, једу придошлице.



Имитација јаја врсте *Heliconius* (28)

5.4. БРОВЕРОВА МИМИКРИЈА

Броверова мимикрија је облик аутомимикрије (модел припада истој врсти као и мимик). Ово је аналог Батесове мимикрије унутар једне врсте, и јавља се када постоји спектар палатабилности у оквиру популације. Примери укључују монарха и краљицу из подфамилије *Danaïnae*.

5.5. МИЛЕРОВА МИМИКРИЈА

Милерова мимикрија представља облик мимикрије у ком се две неукусне, односно отровне, врсте међусобно имитирају и тиме бивају избегнуте од стране предатора. Пример који смо већ навели описивао је акустичну мимикрију између *Cicnia tenera* и *Syntomeida epilais* чији је однос могуће окарактерисати као Милерову мимикрију.

5.6. ВАВИЛОВА МИМИКРИЈА

Овај тип мимикрије је специфичан по томе што се не јавља у системима који нису под антропогеним утицајем, тј. у системима у којима човек не мења услове. Наиме, овај тип мимикрије јавља се код корова који насељавају усеве. Човек жели да их уклони, али не успева да уклони оне које су сличне биљци коју човек жели да одгаји. Стога се, вештачком селекцијом развија Вавилова мимикрија где коров имитира усеве. Ова мимикрија је агресивно-репродуктивна јер коров може сметати биљци коју човек гаји и јер се на овај начин пропагира коровска врста.

5.7. ДОДСОНОВА МИМИКРИЈА

Додсонова мимикрија представља облик репродуктивне мимикрије цветница, где модел припада другој врсти у односу на мимику. Обезбеђујући сличне сензорне сигнале као цвет модела, мимик може привући своје опрашиваче, иако нектар није обезбеђен.



Модел и мимик (*Lantana camara* и *Epidendrum ibaguense*) (29)

5.8. КИРБИЈЕВА МИМИКРИЈА

Мимикрија под овим називом јесте ситуација у којој паразит имитира свог домаћина. У овом случају учествују само две врсте, при чему су модел и преварени организам припадници исте врсте. Врста паразитизма где мајка има своје потомство одгајано од стране другог организма један је од случајева у којима је развијена мимикрија у којој паразит имитира домаћина. Дobar пример за ову појаву је, наравно, кукавица, која имитирајући изглед јаја неке друге птице успева да их остави у гнезду исте и на тај начин олакша опстанак на рачун друге врсте.



Кукавичја јаја у гнезду птице која припада другој врсти (30)

5.9. ПОУЈАНОВА МИМИКРИЈА

У Поујановој мимикрији, цветови визуелно имитирају потенцијалног женског партнера. Сигнали који бивају имитирани су најчешће хемијски и тактилни (додирни).



Изглед цвета орхидеје који изгледа као потенцијални женски партнер опрашивача (31)

5.10. ВАСМАНОВА МИМИКРИЈА

У Васмановој мимикрији, мимик личи на модела са којим живи у гнезду или његовој колонији. Већина модела у оваквим примерима представљају социјалне инсекте као што су мрави, термити, пчеле или осе.

5.11. БАКЕРОВА МИМИКРИЈА

Овај тип мимикрије је сличан Додсоновој мимикрији, једина разлика јесте у томе што је ово тип аутомимикрије. Дакле, мимик и модел припадају истој врсти, то јест, цветнице женског пола не обезбеђују нектар опрашивачима, али, имитирајући јединке исте врсте, али мушког пола, успевају да их намаме.

6. ЗАКЉУЧАК

Преласком преко основа, порекла назива матурског рада и класификације мимикрије, упознала сам неке друге аспекте проучавања природе и више сам се заинтересовала за поједине организме и могућу примену њихових способности.

У данашњем друштву потреба за проучавањем живог света расте и сматрам да ће се све више значаја придавати областима које су до сад биле занемарене. Можда је то необзирање на остале области допринело уништењу биосфере, јер људи нису били ни свесни последица својих поступака нити онога на шта њихове акције имају утицај.

Стога се надам да ћу својим даљим школовањем успети да, макар мало, допринесем очувању живота на Земљи и омогућим да интригантне појаве, као што је мимикрија, наставе свој ток.

7. ЛИТЕРАТУРА

- *"Animal Camouflage: From Mechanisms to Function."* Cambridge University Press, 2011. Stevens, M., & Merilaita, S.
- *"Avoiding Attack: The Evolutionary Ecology of Crypsis, Warning Signals and Mimicry."* Oxford University Press, 2004. Ruxton, G. D., Sherratt, T. N., & Speed, M. P.
- *"Cephalopod Behaviour."* Cambridge University Press. Hanlon, R. T., & Messenger, J. B.
- *"Chemical Mimicry: Bolas Spiders Emit Components of Moth Prey Species Sex Pheromones."* Mark K. Stowe, James H. Tumlinson, Robert R. Heath
- *"Deaf moths employ acoustic Müllerian mimicry against bats using wingbeat-powered tympana."* Scientific Reports, 9, Article 1444. O'Reilly, L., Agassiz, D., Neil, T., & Holderied, M. (2019)
- *"Dynamic Insect Camouflage: Maintaining Crypsis Over Varying Backgrounds in Cuttlefish."* Frontiers in Ecology and Evolution 3 (2015): 1-9. Langridge, K. V., & Karolyi, F.
- *"Insect Hydrocarbons: Chemical Deception/Mimicry Using Cuticular Hydrocarbons."* Cambridge University Press.
- *"Plant-insect Interactions: From Evolutionary History to Current Mechanistic Insights."* Functional Ecology 30, no. 1 (2016): 5-6. Heil, M.
- *"The Bees of the World."* Michener, C. D. (2000)
- *"Aggressive Mimicry: Ten Animals That Are Dressed to Kill."* Earth Archives. (<https://eartharchives.org/articles/aggressive-mimicry-ten-animals-that-are-dressed-to-kill/index.html>) (декембар 2023.)
- *"Cephalopod Camouflage: Cells and Organs of the Skin."* Nature. (<https://www.nature.com/scitable/topicpage/cephalopod-camouflage-cells-and-organs-of-the-144048968/>) (апрел 2024.)
- *"Cephalopod Camouflage."* IOPscience. (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-3190/aaa3a9>) (апрел 2024.)
- *"Chemical Mimicry."* Wikipedia. (https://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_mimicry) (февруар 2024.)
- *"Ethnomedicinal Uses of Orchidaceae Taxa in Turkish Traditional Medicine."* Bozyel, M. E., & Merdamert-Bozyel, E. Canakkale Onsekiz Mart University. (https://www.researchgate.net/publication/347927091_Ethnomedicinal_uses_of_Orchidaceae_Taxa_in_Turkish_traditional_medicine/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Il9kaXJlY3QiLCJwYWdlIjoieX2RpcmVjdCJ9fQ) (январ 2024.)

- *"How Does an Octopus Change its Colour and Shape?" Two Oceans Aquarium.*
(<https://www.aquarium.co.za/news/how-does-an-octopus-change-its-colour-and-shape>)
(април 2024.)
- *"Octopus Eyes: Everything You Need To Know About Cephalopod Vision" Octonation*
(<https://octonation.com/facts-about-octopus-eyes-and-vision/>)(мај 2024.)
- *"Sneaky Male Fish Not as Sly as They Might Think." DeMarco, Inside Science.*
(<https://www.insidescience.org/news/brief-sneaky-male-fish-not-sly-they-might-think>)
(децембар 2023.)
- *"The Adaptive Value of Biological Coloration." Britannica.*
(<https://www.britannica.com/science/coloration-biology/The-adaptive-value-of-biological-coloration>)(јануар 2024.)
- *"The Ant Cricket (Myrmecophilus Albicinctus)." ResearchGate.*
(https://www.researchgate.net/figure/The-ant-cricket-Myrmecophilus-albicinctus-Orthoptera-Myrmecophilidae-receives-a-food_fig2_337050289)(април 2024.)