

PRACE INSTYTUTU im. NENCKIEGO.
TRAVAUX DE L'INSTITUT NENCKI.

Tom III, zes. 4.

*Z Zakładu Fizjologii Instytutu
i Stacji Zoologicznej w Neapolu.*

K. BIAŁASZEWICZ.

O składzie mineralnym komórek jajowych.

(Sur la composition minérale des oeufs).

Rzecz zgłoszona dn. 15.XI.1926.

Ces recherches eurent pour point de départ la nécessité de combler une lacune dans nos connaissances touchant la composition minérale des oeufs. Une analyse plus approfondie du rapport entre les électrolytes anorganiques et les substances colloïdales des cellules, doit forcément être basée sur la connaissance de la composition chimique de la cendre. Les analyses complètes des cendres de quelques espèces d'oeufs, qui ont été exécutées jusqu'ici et dont le tableau I nous présente les résultats, ne peuvent pas suffire à caractériser à un point de vue général et comparé la composition minérale des cellules de ce type histologique.

Nous donnons dans ce mémoire le résultat de l'analyse des cendres d'oeufs de treize espèces d'animaux poikil- et homoïsmotiques, vivant dans des milieux différant par leur composition et leur concentration en sels minéraux. Les dosages des composés de la cendre, mentionnés dans le tableau II (*K, Na, Ca, Mg, Cl, P*), ont été exécutés à l'aide des méthodes microanalytiques généralement employées¹⁾; les résultats des analyses

¹⁾ Ce sont les méthodes de Kramer et Tisdall '21 b (*K*), de Bálint '24 et Kramer — Tisdall '21 a, c, d (*Na*), de de Waard '19 (*Ca*), de Kramer—Tisdall '21 d, Bell—Doisy '20 et Briggs '22 (*Mg*) et de Briggs '22 (*P*).

sont calculés en miligrammes par 1 gr d'ooplasme. L'incinération fut exécutée par la combustion des substances organiques à chaud, en présence de l'acide nitrique concentré. Cette méthode, décrite en détail dans le texte polonais, nous permet d'employer de petites quantités de substance, sans perte des composés de la cendre durant l'incinération.

Nos analyses caractérisent la composition minérale des cellules du type étudié, surtout au point de vue du rapport quantitatif entre les métaux uni- et bivalents que nous trouvons dans la cendre. L'étude de ce rapport dans la cendre des espèces d'oeufs analysés, nous démontre que le potassium est le métal dominant ²⁾, sa quantité étant à peu près le double de la somme de tous les autres métaux, c'est à dire du sodium, du calcium et du magnésium. Un autre trait caractéristique de la composition minérale de l'oeuf, c'est la petite quantité de sodium en comparaison de celle du potassium. On peut en outre dire qu'en général le calcium et le magnésium se trouvent dans les oeufs en quantités à peu près égales, quoique le calcium soit d'autre part le composé le plus variable des cendres. Quand à la quantité de chlore décelé par l'analyse, elle se rapproche de celle du potassium, sans égaler la quantité totale des cations métalliques.

Nos analyses ont en outre démontré, qu'il n'existe que relativement une petite différence entre les oeufs des animaux terrestres et ceux des animaux marins quand à la concentration des sels des métaux alcalins et alcalino-terreux. Des calculs appropriés nous apprennent, que les oeufs des animaux marins, tant vertébrés qu'invertébrés, contiennent une quantité relativement petite d'électrolytes minéraux, quatre à neuf fois moindre que le milieu ambiant de l'ooplasme, c'est à dire l'eau de mer.

Ce fait semble être un cas particulier du phénomène plus général de „l'hypotonie minérale“ des tissus d'animaux marins, remarqué pour la première fois par Fredericq ('01) dans ses études sur la teneur en cendre des muscles d'animaux poikilosmotiques.

²⁾ A l'exception des oeufs des Céphalopodes (*Sepia*) qui ne contiennent qu'une petite quantité de potassium.

Pomimo, że komórka jajowa stanowi oddawna przedmiot intensywnie prowadzonych badań doświadczalnych w szeregu zagadnień ogólnofizjologicznych, to jednak jej skład chemiczny, a zwłaszcza — skład mineralny jest poznany w sposób zgoła niedostateczny. Istniejące w literaturze bardzo nieliczne dane, dotyczące składu popiołu ooplazmy zwierzęcej, noszą cechę przeważnie obserwacyjnej luźnych i niekompletnych, nie pozwalających na zcharakteryzowanie tego typu elementów komórkowych z punktu widzenia składu mineralnego.

Przeważna część tych danych dotyczy głównie ogólnej zawartości składników mineralnych, oznaczanych na drodze spiekania na sucho, t. j. z pomocą metody, jak wiadomo, niezupełnie ścisłej, powodującej znaczne straty niektórych składników. Do tej grupy odnoszą się przede wszystkim prace Kojó '11 (zawartość popiołu w żółtku jaj kury), Sommera i Wetzela '04 (jaja *Tropidonotus*), Zdareka '04 (*Acanthias*), Kolba '01 (jajniki żaby), Fauré-Fremiet'a i Garrault '22 (jaja *Cyprinus* i *Trutta*), Fredericq'a '01 (jajniki *Sphaerechinus*), Wetzela '07 (*Paracentrotus*, *Maja*, *Sepia*, *Scyllium*) oraz Greenego '19, '21 (*Salmo*).

W innym znowu szeregu badań znajdujemy bądź wyniki jakościowych analiz niektórych składników popiołu (Schücking '03 — jaja jeźowców, Pouchet i Chabry '89 — wykrycie małych ilości wapnia w jajach jeźowców, Fauré — Fremiet i Garrault '22 — znalezienie w popiele jaj ryb kostnoszkieletowych znacznej zawartości fosforu i wapnia), bądź oznaczenia ilościowe tych składników. Do ostatniej kategorii należą poszukiwania Runnströma ('25), który w jajach jeźowców znalazł znaczne ilości niezwiązanego z koloidami potasu, około ośmiu razy przewyższającego zawartość tego pierwiastka w wodzie morskiej. Nadto należy tutaj cały szereg prac, traktujących o udziale wapnia skorupy jaj w procesach przemiany mineralnej w czasie rozwoju zarodkowego ptaków (Delezenne i Fourneau '18, Masai i Fukutomi '23, Plimmer i Lowndes '24, Buckner, Martin i Peter '24, '25).

Na specjalną uwagę zasługują nieliczne prace, w których znajdujemy wyniki kompletnych analiz popiołu. W liczbie ich

wymienić należy dawne analizy popiołu żółtka jaj kury, wykonane przez Polecka i Webera¹⁾, z nowszych zaś publikacji — poszukiwania Zdareka ('04) nad składem popiołu jaj ryb spodoustych (*Acanthias*) oraz analizy jaj kilku gatunków ryb kostnoszkieletowych, przeprowadzone przez Königa i Grossfelda ('13) oraz Macalluma ('26).

Rezultaty ostatnio wymienionych analiz są podane w streszczeniu w załączonej tabeli I: zawartość poszczególnych składników została obliczona w miligramach na gram substancji świeżej.

Moje poszukiwania, których wyniki podaje tabela II, zostały przeprowadzone na jajach trzynastu gatunków zwierząt, należących do różnych grup układu systematycznego (robaki, szkarłupnie, mięczaki, skorupiaki, ryby spodoste i kostnoszkieletowe, płazy, ptaki). Wszystkie analizy zostały przeprowadzone z pomocą metod mikroanalitycznych na materiale, spopielenym na drodze mokrej.

Spopielenie materiału zwierzęcego nastęrcza, jak wiadomo, wiele trudności. Wszystkie metody, oparte na zasadzie spopielenia na sucho, i w tej liczbie stosowana specjalnie do małych ilości materiału metoda Stoltego ('11) w danym przypadku zupełnie zawodzą: pomijając nieobliczalne straty anjonów, spalanie przeprowadzane tą drogą — nawet po zastosowaniu najdalej idących ostrożności w ogrzewaniu — powoduje w oznaczeniach niektórych metali, np. potasu, deficyt, niejednokrotnie przekraczający 20%. Główną przyczyną tych strat jest obecność w materiale przez nas badanym znacznych ilości substancji tłuszczowych, które, zwęglając się, tworzą zbitą masę, ulegającą bardzo powolnemu w przepisanej temperaturze utlenianiu się.

Z pośród metod, opartych na zasadzie spalania w obecności mocnych kwasów mineralnych, sposób Neuberga również nie prowadzi do celu, ponieważ wymaga odpędzania kwasu siarkowego w temperaturze wyższej i wyklucza możliwość oznaczenia chloru i siarki w tej samej próbce materiału.

Po szeregu prób w kierunku znalezienia odpowiedniej metody ilościowego spopielenia małych ilości substancji, zatrzymaliśmy się wreszcie na sposobie spalania stężonym kwasem azotowym na gorąco (Carus, Dahn '25). Wprawdzie doprowadzenie substancji organicznych jaja do stanu całkowitej mineralizacji wymaga specjalnych zabiegów i dosyć długiego czasu ogrzewania, lecz zato unika się w danym razie strat, spowodowanych przegrzaniem. Sposób postępowania był następujący.

W dwu miseczkach szklanych („Pyrex”) umieszczano odważone ilości (1—2.5 g) jaj i zalewano je jednakowymi objętościami (10 cm³) chemicznie czystego, stężonego (c. wł. = 1.4) kwasu azotowego (Kahlbaum). Do pierwszej porcji, służącej wyłącznie do oznaczenia chloru, doda-

¹⁾ Cytowane według v. Gorup-Besaneza ('74).

TABELA I.

Gatunek (Espece d'animaux)	Autor (Auteur)	Miligramy w 1 g ooplazmy (Milligrammes dans 1 gr. d'ooplasmе)					
		K	Na	Ca	Mg	Cl	P
<i>Gallus domesticus</i> L.	Poleck I ¹⁾	1·07	0·55	1·26	0·18	—	4·01
<i>Gallus domesticus</i> L.	Poleck II ¹⁾	0·96	0·70	1·36	0·18	—	4·20
<i>Gallus domesticus</i> L.	Weber ¹⁾	1·30	0·11	1·40	0·19	—	3·79
<i>Acanthias vulgaris</i> Risso.	Zdarek ('04)	1·30	0·87	—	—	0·68	2·97
<i>Clupea harengus</i> L.	Macallum ('26)	1·79	0·82	0·09	0·15	2·94	—
<i>Gadus morrhua</i> L.	König i Grossfeld ('13) ²⁾	1·25	0·93	0·93	0·39	—	3·06
<i>Esox lucius</i> L.	König i Grossfeld ('13) ²⁾	2·22	1·43	0·89	0·40	—	3·09

¹⁾ Obliczono w założeniu, że zawartość popiołu w żółtku wynosi 1·44% (por. K o j o '11). Cyt. wdł. Gorup-Besaneza '74.

²⁾ Przyjęto zawartość popiołu równą 2% substancji świeżej (por. Fauré-Fremiet i Garrault '22, dane dla *Cyprinus*).

wano przedtem około 0.5 g $AgNO_3$ w roztworze wodnym. Zawartość obu miseczek odparowywano następnie na łaźni wodnej do sucha, zważając zwłaszcza na początku ogrzewania na silne pienienie się cieczy i na mogące stąd wyniknąć straty. Dalsze postępowanie z zawartością obu miseczek było różne.

Do miseczki, zawierającej wytrącony $AgCl$ i nadmiar $AgNO_3$, wlewano dwukrotnie po 10 cm^3 stężonego kwasu azotowego i za każdym razem odparowywano na łaźni wodnej do sucha. Pozostałość po drugim odparowaniu traktowano na gorąco słabym (5%) kwasem azotowym, po ochłodzeniu osad zbierano na sączku i przemywano kilkakrotnie, w celu rozpuszczenia niespalonych resztek kwasów tłuszczowych, najprzód alkoholem (95%) zakwaszonym, potem eterem. Osad na sączku rozpuszczano w amonjaku, z którego po zakwaszeniu kwasem azotowym wytrącano czysty chlorek srebra, oznaczany następnie zwykłą metodą wagową.

Do drugiej miseczki, zawierającej przeznaczoną do spopielenia pozostałość suchą, wlewano również około 10—15 cm^3 stężonego kwasu azotowego, ogrzewano ją następnie na łaźni wodnej i po rozpuszczeniu się reszty stałej całą zawartość miseczki przenoszono ilościowo, splukując ją czystym kwasem, do kolbki kjeldahlowskiej („Pyrex“) o pojemności 200—250 cm^3 . Wylot kolbki zamykano luźno dopasowaną chłodniczką z tegoż gatunku szkła, zakończoną u dołu przecięciem, sięgającym do dna kolbki. Kolbkę ogrzewano następnie małym płomieniem gazowym, utrzymując zawartość jej w stałym wrzeniu (temp. 180—220°) przez czas dłuższy po zniknięciu dymów brunatnych. Zależnie od ilości wziętego do analizy materiału oraz od zawartości w nim tłuszczów ogrzewanie kolbki trwało od 8 do 16 godzin. Po ochłodzeniu kolbki zawartość jej przelewano z powrotem do tej samej miseczki, oplukując wodą destylowaną, i odparowywano do sucha. Pozostałość zadawano kilkoma kroplami stężonego kwasu solnego i odparowywano, kilkakrotnie (4—5 razy) rozpuszczając osad w wodzie destylowanej. Po odpędzeniu w ten sposób resztek kwasów, pozostałość, zawierającą zwykle zaledwie ślady substancyj organicznych, rozpuszczano wreszcie w określonej objętości (10—25 cm^3) wody destylowanej. Z roztworu tego brano odpowiednie próbki do oznaczeń potasu, sodu, wapnia, magnezu i fosforu, które przeprowadzono podanymi poniżej metodami mikroanalitycznymi.

W oznaczeniach tych kierowano się pewnymi ogólnymi zasadami, ważnymi z punktu widzenia ścisłości i porównywalności wyników. Były one następujące: 1° — oznaczenia każdego składnika były w analizach równoległych wykonywane jednocześnie, t. j. w jednej serji pomiarów; 2° — we wszystkich serjach ściśle przestrzegano warunku zbliżonych ilości substancyj, branych do oznaczeń; 3° — zawsze robiono równoległe oznaczenia kontrolne w roztworach wzorcowych, zawierających ściśle określone i sprawdzone ilości badanej substancji i 4° — oznaczenie każdego składnika we wszystkich analizach wykonywano przynajmniej dwukrotnie.

Poszczególne składniki oznaczano następującymi metodami.

Sód — zmodyfikowaną przez Bálinta ('24) metodą Kramera i Tisdalla ('21 a, c i d), miareczkując wytrącony i przemyty alkoholem pyroantymonjan sodu 0.5 n roztworem $Na_2S_2O_3$. Niestety, metoda ta

nawet po usunięciu z roztworu, zgodnie ze wskazówkami Tisdalla i Kramera ('21), związków, strącających się w obecności nadmiaru KOH , okazała się nieprzystosowaną do małych ilości sodu, występujących w jajach. W analizach, w których nie rozporządzano dostateczną ilością materiału, wyniki otrzymane mają wskutek tego wartość tylko orientacyjną.

Potas był oznaczany metodą Kramera i Tisdalla ('21 b), która daje przy ścisłym wypełnieniu warunków przepisowych wyniki zupełnie zadawalające ($\pm 3\%$). Celowem okazało się użycie probówek stożkowato zakończonych u dołu, zapewniających minimum strat w czasie przemywania osadu wodą. Koniecznym jest przed przystąpieniem do analizy przekonanie się o nieobecności w roztworze badanym amonjaku (odczyn Nesslera), dającym z odczynnikiem kobaltowym obfity osad. W razie obecności amonjaku, odpędzono go, wielokrotnie odparowując do sucha roztwór, zalkalizowany przez dodanie $NaOH$.

Wapń oznaczano metodą de Waarda ('19), używając probówek specjalnego kształtu, opisanych przez tego autora, oraz kierując się wskazówkami, podanymi w pracy Hechta ('23), mającymi na celu pozostawienie w roztworze związków magnezowych.

Magnez analizowano, posługując się skombinowanymi metodami Kramera i Tisdalla ('21 d) oraz Bell-Doisy'ego ('20) i Briggsa ('22). W szczególności zaś oznaczenia te były przeprowadzane w sposób następujący. Całą ciecz, pozostałą po wytrąceniu wapnia w postaci szczawianu, przenoszono z powrotem do probówek de Waarda, dodawano do każdej próbki po 1 cm^3 pięciokrotnie rozcieńczonego roztworu $(NH_4)_2HPO_4$, przygotowanego według przepisu Kramera i Tisdalla ('21 d), i następnie — po 2 cm^3 stężonego (ca. 25%) amonjaku. Następnego dnia drobny, częściowo przylegający do ścianek osad fosforanu amonowo-magnezowego odwirowywano, trzykrotnie przemywano rozcieńczonym roztworem (2%) amonjaku i rozpuszczano w określonej objętości 0.1 n HCl : stąd brano próbki do pomiarów kolorymetrycznych. Magnez, znajdujący się w roztworze w postaci fosforanu amonowo-magnezowego, obliczano z oznaczeń fosforu, które przeprowadzano metodą kolorymetryczną według wskazówek Briggsa ('22). Jako płynu wzorcowego używano roztworu czystego, kilkakrotnie wytrąconego, przemytego i wysuszonego w próżni fosforanu amonowo-magnezowego ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) o stężeniu, odpowiadającym zawartości około 0.1 mg magnezu w 1 cm^3 . W pół godziny przynajmniej po jednorazowym dodaniu do roztworu badanego i wzorcowego niezbędnych odczynników (molibdenjanu amonu, siarczynu sodu i hydrochinonu) mierzono różnicę w ich zabarwieniu, posługując się hemoglobinometrem Bürkera (Leitz).

Wreszcie oznaczenia fosforu w popiele przeprowadzano cytowaną przed chwilą, metodą kolorymetryczną przy użyciu tego samego co w analizach magnezu roztworu wzorcowego.

W analizach tych główna uwaga została zwrócona na kompletne i możliwie dokładne przeprowadzenie oznaczeń metali alkaliów (Na , K) i ziem alkalicznych (Ca , Mg). Oznaczany był

również stale fosfor, który, jak wykazały dalsze poszukiwania nasze, występuje w jajach głównie w wiązaniu organicznym i jest wskaźnikiem ilości substancji deutoplazmatycznych w cytoplazmie. Oznaczenia zaś chloru, będącego głównym anjonem wolnych, niezwiązanych z koloidami związków nieorganicznych ooplazmy, mogły być wykonane tylko w części analiz, z powodu nie zawsze dostatecznej ilości materiału rozporządzalnego.

Liczby, podane w tabeli II, wyrażają, podobnie jak i w tabeli I, średnią zawartość wymienionych składników w ooplazmie, obliczoną w miligramach na jeden gram substancji świeżej.

W zestawieniu z wynikami poprzednich autorów (tab. I), którzy, jak już wspomniano, posługiwali się sposobem spopielenia na sucho oraz zwykłymi metodami analitycznymi, nasze analizy wykazują ten sam w pierwszym przybliżeniu porządek wielkości liczb, wyrażających zawartość poszczególnych składników mineralnych w ooplazmie. Dotyczy to zwłaszcza naszych analiz żółtka jaj kurzych, które są dosyć zbliżone do wyników, otrzymanych przez Webera. To samo w ogólnych zarysach można powiedzieć o analizach jaj ryb kostnoszkieletowych (*Salmo*, *Labrax*), zgodnych z wynikami Macalluma ('26), Königa i Grossfelda '13 (*Clupea*, *Gadus*, *Esox*). Natomiast wszystkie prawie analizy autorów wykazują w porównaniu z naszymi mniejszą zawartość potasu, wynikłą zapewne wskutek strat, które powstają w czasie spopielenia na sucho. Pomijając jednak te różnice, wyniki autorów możemy rozważać łącznie z naszymi, zwłaszcza jeżeli chodzi o składniki mniej lotne (*Ca*, *Mg*).

Istotnie, przegląd wyników, streszczonych w obu tabelach, daje możliwość ustalenia pewnych cech ogólnych, charakteryzujących skład chemiczny popiołu komórek jajowych. Cechy te zaznaczają się przede wszystkim w swoistym stosunku wzajemnym występujących w popiele metali, a następnie — w ogólnym stężeniu składników mineralnych w ooplazmie zwierząt pojkiloi i homojosmotycznych.

Jeżeli ograniczymy się w rozbiorze wyników tylko do pierwiastków metalicznych, to pierwszym rzucającym się w oczy faktem o znaczeniu ogólnym jest przewaga ilościowa potasu nad innymi metalami alkalicznymi i ziem alkalicznymi: ilość jego w popiołach przewyższa nie tylko zawartość każdego z wymienionych składników z osobna, ale nawet w większości przypadków jest

TABELA II.

Gatunek (Espèce d'animaux)	Materiał analizowany (Matériel analysé)	Liczba analiz (Nombre d'analyses)	Ilość materjału spopielonego (Quantité de matériel incinéré)		Zawartość składników w miligramach w 1 g ooplazmy (Teneur de 1 gr. d'ooplasmе en composés)						
			g		K	Na	Ca	Mg	Cl	P	
<i>Gallus domesticus</i> L.	Zółtko jaj zniesionych (Jaune des oeufs pondus)	2	7.99		1.75	0.21	1.40	0.20	2.62	3.69	
<i>Rana temporaria</i> L.	Miazga jaj z jajnika (Oeufs ovariens, broyés)	1	2.22		2.27	0.42	0.19	0.65	1.58	5.71	
<i>Salmo fontinalis</i> L.	Jaja dojrzale z jamy ciała (Oeufs murs de la cavité du corps)	5	12.24		2.18	0.25	0.47	0.60	1.63	3.33	
<i>Salmo salar</i> L.	Jaja dojrzale z jamy ciała (Oeufs murs de la cavité du corps)	2	6.03		2.39	0.18	1.03	0.45	1.19	3.48	
<i>Labrax lupus</i> Cav.	Jaja w stadium 2-8 blastomerów (Oeufs au stade de 2-8 blastomeres)	1	2.95		2.95	0.05	0.20	0.08	1.16	1.05	
<i>Torpedo ocellata</i> Raf.	Jaja zapłodnione, z macicy (Oeufs de l'uterus, fécondés)	1	2.22		2.06	—	0.30	0.07	1.44	4.57	
<i>Scyllium canicula</i> L.	Wyrosłe jaja z jajników (Oeufs ovariens, formés)	2	2.12		2.19	0.82	0.26	0.11	2.57	3.90	
<i>Maja verrucosa</i> M. Edw.	Jaja z odwłoku, wczesne stadja (Oeufs de l'abdomen, premiers stades)	2	4.44		1.58	0.54	0.36	0.15	0.94	4.86	
<i>Sepia officinalis</i> L.	Jaja z jajowodu (Oeufs de l'oviducte)	3	9.12		0.34	0.09	0.12	0.07	1.71	3.37	
<i>Arhacia pustulosa</i> Gray.	Jaja dojrzale, niezapłodnione (Oeufs murs, non fécondés)	1	1.11		4.56	0.42	0.29	0.24	—	2.80	
<i>Paracentrotus lividus</i> Lm.	Jaja dojrzale, niezapłodnione (Oeufs murs, non fécondés)	2	4.23		5.36	0.24	0.40	0.44	—	2.28	
<i>Sipunculus nudus</i> L.	Jaja wykształcone, z jamy ciała (Oeufs formés, de la cavité du corps)	1	3.28		1.45	0.36	0.18	0.12	—	1.11	
<i>Arenicola Claparedii</i> Lev.	Jaja wykształcone, z jamy ciała (Oeufs formés, de la cavité du corps)	1	0.25		3.55	0.29	0.43	0.90	—	1.57	

znacznie większa od sumy wszystkich trzech pozostałych metali. Potas jest więc metalem ilościowo najważniejszym, nakładającym piętno charakterystyczne na skład mineralny komórek jajowych.

Jedyny dotychczas przez nas notowany i z pewnych względów ciekawy wyjątek stanowią jaja głowonogów. Liczne, prócz przytoczonych w tabeli, analizy nasze jaj *Sepia officinalis* wykazują zgodnie wyjątkowo małą zawartość potasu, wynoszącą zaledwie 0.20 — 0.36 mg w gramie ooplazmy. Fakt ten w związku z występowaniem w jajach znacznych stosunkowo ilości chloru, z dużą nadwyżką pokrywającego sumę wykrytych katjonów, wskazuje na obecność w jajach *Sepia* znacznie większych ilości jakiegoś, bliżej nie dającego ustalić się metalu. W każdym bądź razie metalem tym nie jest miedź, która, jak zdołaliśmy niejednokrotnie stwierdzić, w jajach głowonogów występuje w ilościach bardzo nieznacznych, zaledwie jakościowo wykrywalnych.

Ilość znajdującego się w jajach sodu jest uderzająco mała: z tab. II wypływa, że średnio na 100 g potasu w popiele przypada zaledwie około 16 g sodu, przyczem wahania wartości tego stosunku, pozostające zapewne w związku z małą dokładnością metody na sól, są dosyć znaczne. W cytoplazmie zatem komórek jajowych oba metale jednowartościowe występują względem siebie w stosunku ilościowym wręcz odwrotnym, niż w środowisku zewnętrznym komórki (ciecze ciała, woda morska), w którym, jak wiadomo, katjonem dominującym jest sól, około 27 razy przewyższający ilość potasu.

Również i metale dwuwartościowe występują w popiele jaj w stosunku zarówno względem siebie jak i względem metali jednowartościowych w ilościach, znacznie odbiegających od tych, jakie są charakterystyczne dla składu mineralnego środowiska komórki.

Istotnie, na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, pomijając łatwo zrozumiałe wahania dwukierunkowe, że metale ziem alkalicznych znajdują się w ilościach mniej więcej zbliżonych do siebie, z wyraźną przewagą w niektórych przypadkach wapnia w stosunku do magnezu. Skład mineralny jaj można zatem ogólnie zcharakteryzować jako mieszaninę, w której obok soli potasowych, jako składnika głównego, występują ilości nieznaczne i zbliżone do siebie soli pozostałych trzech metali, t. j. sodu, wapnia i magnezu.

W rzeczywistości jednak, porównyując zawartość poszczególnych metali w jajach różnych zwierząt, można stwierdzić liczne i dosyć charakterystyczne wyjątki z powyższej reguły. Odchylenia te pozostają zapewne w związku z rolą, jaką poszczególne składniki mineralne odgrywają w procesach rozwoju zarodkowego zwierząt.

Zdaje się, że specjalne pod tym względem znaczenie posiadają związki wapnia, który należy do najbardziej zmiennych składników mineralnych jaj: dowodzą tego zarówno analizy, przeprowadzone na jajach różnych zwierząt (tab. II), które wykazują wahania w zawartości tego pierwiastka w granicach 0·12 do 1·4 mg w gramie ooplazmy, jak również, aczkolwiek w stopniu mniejszym, analizy popiołu jaj jednego i tego samego gatunku zwierzęcego (*Salmo fontinalis*), przeprowadzone w różnym czasie (tab. III). Szczególnie duże ilości wapnia występują w jajach kury oraz niektórych gatunków ryb kostnoszkieletowych (*Salmo salar*, *Gadus*, *Esox*).

T A B E L A III.

Analiza jaj dojrzałych *Salmo fontinalis*.

№ samicy (№ de la femelle)	Zawartość składników mineralnych w miligramach w 1 g ooplazmy (Teneur de 1 gr. d'ooplasmе en composés minéraux)		
	K	Ca	Mg
1	2·40	0·67	0·61
2	2·51	0·32	0·66
3	2·08	0·41	0·47
4	1·66	0·53	0·66
5	2·26	0·44	0·62
6	1·96	0·59	0·59
7	1·77	0·43	0·44

Magnez natomiast należy zaliczyć do najbardziej stałych, obok potasu, składników komórki jajowej.

Wreszcie co się tyczy chloru, to zawartość jego w jajach pozostaje w pewnym prostym stosunku do potasu, jako głównego składnika metalicznego popiołu. Jednak wykrywane ilości tego anjonu tylko w części pokrywają sumę składników metalicznych

popiołu (por. tab. II). Okoliczność ta wskazuje na obecność w ooplazmie znacznych ilości innych anjonów, ewentualnie anjonów organicznych, wchodzących w połączenia chemiczne z metalami lekkimi.

Poza omówionymi powyżej cechami, charakterystycznymi dla popiołu komórek jajowych, analizy nasze rzucają ponadto światło na kwestję stężenia elektrolitów w ooplazmie. Sprawę tę, nie pozbawioną ogólnego znaczenia fizjologicznego, wyjaśnia porównanie ogólnej zawartości metali w jajach różnych zwierząt.

Zwróćmy uwagę na razie tylko na potas, występujący w ooplazmie w ilościach największych. Porównanie pierwszych czterech liczb tabeli II, wyrażających zawartość tego pierwiastka w jajach zwierząt lądowych, z analogicznymi liczbami, odnoszącymi się do zwierząt morskich, stwierdza, że jaja obu grup zwierzęcych zawierają dosyć zbliżone do siebie ilości potasu. Tak np. gdy średnia zawartość potasu w jajach kury, żaby, pstrąga i łososia wynosi od 1.75 do 2.39 mg na gram substancji świeżej, to największa ze znalezionych liczb dla jaj zwierząt morskich, zarówno pojkilo- jak i homojosmotycznych, nie przekracza 5.36 mg (*Paracentrotus*), czyli jest nieco więcej niż dwa razy większa od ilości potasu, znalezionych w jajnikach żaby. W podobnym stosunku względem siebie pozostają również i inne metale, jak to wynika z analiz sodu, wapnia i magnezu w jajach obu grup zwierzęcych.

Fakt ten występuje jeszcze wyraźniej, jeżeli zawartość wszystkich czterech metali w jajach zwierząt morskich wyrazimy w ilościach gramojonowych obliczonych na litr¹⁾ ooplazmy i wartości te porównamy ze stężeniem tychże metali w wodzie morskiej:

	Ilości gramojonowe w litrze
<i>Sepia officinalis</i>	0.016
<i>Sipunculus nudus</i>	0.064
<i>Maja verrucosa</i>	0.079
<i>Labrax lupus</i>	0.091
<i>Clupea harengus</i> ²⁾	0.100
<i>Scyllium canicula</i>	0.107
<i>Arbacia pustulosa</i>	0.159
<i>Paracentrotus lividus</i>	0.180

¹⁾ Objętość jaj obliczano z ich masy i ciężaru właściwego.

²⁾ Według danych Macalluma ('26).

Widzimy, że stężenia te różnią się od siebie więcej niż dziesięciokrotnie, jeżeli weźmiemy pod uwagę liczby znalezione dla *Sepia* i *Paracentrotus*; pomijając natomiast liczby krańcowe ¹⁾, stwierdzamy, że wartości pozostałe ujawniają różnice niespełna trzykrotne, wahając się w granicach od 0·06 do 0·16.

W porównaniu natomiast ze stężeniem gramojonowym pierwiastków metalicznych w wodzie morskiej, wynoszącym — zgodnie z analizami Forschhammera dla wody Morza Śródziemnego — około 0·6, stężenie elektrolitów wewnątrz-komórkowych jest wybitnie mniejsze: wynosi ono, po pominięciu analiz jaj *Sepia* i *Paracentrotus*, niespełna 1/9 (*Sipunculus*) do 1/4 (*Arbacia*) części stężenia soli nieorganicznych w środowisku zewnętrznym komórki.

Z powyższych faktów i rozważań wynika, że zawartość soli mineralnych w jajach bezkręgowców morskich jest kilkakrotnie mniejsza, niż w cieczach ciała tych zwierząt, wzgl. w ich naturalnym środowisku zewnętrznym, t. j. w wodzie morskiej; z drugiej zaś strony jest ona zbliżona do zawartości tych soli w ooplazmie zwierząt homojosmotycznych, zarówno morskich jak i lądowych, których ciecze ciała odznaczają się, jak wiadomo, małym stężeniem elektrolitów nieorganicznych.

W dalszym ciągu nasuwa się bardzo prawdopodobne przypuszczenie, że mała w porównaniu z wodą morską zawartość składników mineralnych cechuje nie tylko komórki jajowe, lecz również i inne tkanki zwierząt morskich. Przypuszczenie to zostało wypowiedziane poraz pierwszy przez Fredericę (01) na podstawie badań, w których autor ten wykazał, że w mięśniach wielu zwierząt morskich (*Selachia*, *Palinurus*, *Mytilus*, *Ostrea*, *Sipunculus*, *Tethys*, *Cythrea*, *Eledone*, *Haliotis*) znajduje się zaledwie od 0·6 do 2% rozpuszczalnych w wodzie składników popiołu, gdy zawartość soli w wodzie morskiej (zatoka neapolitańska) osiąga 3·9%. Fakt ten potwierdzają również wykonane przez Henzega (04) analizy popiołu mięśni *Octopus*, wykazujące wyraźnie mniejsze, niż we krwi tych zwierząt, stężenie soli nieorganicznych.

¹⁾ Podane stężenie dla jaj *Sepia* jest mniejsze od rzeczywistego, jak na to wskazują omawiane powyżej oznaczenia chloru; znaleziona natomiast wartość dla jaj *Paracentrotus* jest za duża z powodu niedokładnego usunięcia resztek przylegającej do jaj wody morskiej.

Jest rzeczą zrozumiałą, że na podstawie analiz popiołu nie możemy sądzić o rzeczywistym składzie i stężeniu całkowitem związków mineralnych, występujących w komórce. Skład bowiem chemiczny oraz wartość stężenia tych związków zależy od całego szeregu warunków, zrealizowanych w cytoplazmie, jako mieszaninie heterogenicznej, złożonej z zawiesin grubo-ziarnistych, dyspersyj koloidalnych oraz krystaloidów organicznych i nieorganicznych. W szczególności zaś na wartość rzeczywistą stężenia cząsteczkowego elektrolitów mineralnych może wpływać, oprócz innych czynników, zarówno rodzaj rozmieszczenia tych elektrolitów pomiędzy poszczególnymi fazami komórki, jak i objętość cieczy międzycielarnej, w której te elektrolity są rozpuszczone.

Dalsze poszukiwania moje stwierdziły, że w ooplazmie różnych gatunków zwierzęcych wyszczególnione powyżej warunki nie są jednakowe.

Wyniki pracy niniejszej dadzą się streścić w sposób następujący:

1^o Głównym kationem popiołu komórek jajowych jest potas.

2^o Cechą charakterystyczną składu mineralnego ooplazmy jest mała w stosunku do potasu zawartość sodu.

3^o Wapń i magnez występują w popiele w ilościach naogół zbliżonych do siebie, z wyraźną jednak przewagą wapnia; w pierwiastek ten szczególnie obfitują jaja ptaków i ryb łososiowatych.

4^o Znajdująca się w ooplazmie ilość chloru nie pokrywa całkowicie wszystkich metali alkaliów i ziem alkalicznych.

5^o Stężenie elektrolitów nieorganicznych w ooplazmie bezkręgowców morskich jest przynajmniej 4 — 9 razy mniejsze, niż w cieczech ciała tych zwierząt.

Materiał ryb łososiowatych był otrzymywany z pstrągarni w Złotym Potoku, dzięki uprzejmości p. F. Jurkowskiego.

PIŚMIENNICTWO.

- Bálint M. 1924. Jodometrische Mikrobestimmung des Natriums. *Bioch. Zeitschr.* **150** (424).
- Bell R. D. and E. A. Doisy. 1920. Rapid colorimetric methods for the determination of phosphorus in urine and blood. *Journ. biol. Chem.* **44** (55).
- Briggs A. P. 1922. A modification of the Bell-Doisy phosphate method. *Journ. biol. Chem.* **53** (13).
- Buckner G. D., J. H. Martin, W. C. Pierce and A. M. Peter. Calcium in eggshell formation. *Journ. biol. Chem.* **50** (41).
- Buckner G. D., J. H. Martin and A. M. Peter. 1925. Concerning the mode of transference of calcium from the shell of the henn's eggs to the embryo during incubation. *Amer. Journ. of Physiol.* **72** (253).
- Buckner G. D., J. H. Martin and A. M. Peter. 1925. The relation of calcium restriction to the hatchability of eggs. *Amer. Journ. of Physiol.* **71** (543).
- Dahn von, O. 1925. Zur Methodik der getrennten Kali- und Natronbestimmung in Harn. *Zeitschr. f. physiol. Chem.* **144** (178).
- Delezenne O. et E. Fourneau. 1918. *Ann. de l'Inst. Pasteur.* **32** (413) *Cyt. wdł. Maly Jahresber.* **48** (251).
- Fauré-Fremiet E. et H. Garrault. 1922 a. Constitution de l'oeuf de Truite (*Trutta fario*). *C. R. Acad. des Sc.* **174** (1375).
- Fauré-Fremiet E. et H. Garrault. 1922 b. Étude des substances grasses et lipoides de l'oeuf de Truite. *Bull. Soc. Chim. Biol.* **4** (378).
- Fauré-Fremiet E. et H. Garrault. 1922 c. Constitution de l'oeuf ovarien de Carpe (*Cyprinus Carpio*). *C. R. Acad. des Sc.* **174** (1495).
- Fauré-Fremiet E. et H. Garrault. 1922 d. Les substances grasses et lipoides de l'oeuf ovarien de Carpe (*Cyprinus Carpio*). *Bull. Soc. Chim. Biol.* **4** (429).
- Forchhammer. *Cyt. wedł. M. Henzego. Abderhalden's Handbuch der bioch. Methoden.* Bd. 3, Th. 2 (1108).
- Fredericq L. 1901. Sur la concentration moléculaire du sang et des tissus chez les animaux aquatiques. *Bull. Acad. Roy. de Belgique. Classe des Sciences* (418).
- Gorup-Besanez. 1874. *Lehrbuch der physiologischen Chemie.* IV Auflage (739—740).

- Greene Ch. W. 1919. Biochemical changes in the muscle tissue of king salmon during the fast of spawning migration. Journ. biol. Chem. **39** (435).
- Greene Ch. W. 1921. Chemical development of the ovaries of the king salmon during the spawning migration. Journ. biol. Chem. **48** (59).
- Hecht G. 1923. Bestimmung des Organkalkes nach de Waard. Bioch. Zeitschr. **143** (342).
- Henze M. 1904. Beiträge zur Muskelchemie der Octopoden. Zeitschr. f. physiol. Chem. **43**.
- Kojo K. 1911. Zur Chemie des Hühnereies. Zeitschr. f. physiol. Chem. **75** (1).
- Kolb H. 1901. Chemische Untersuchungen der Eier von *Rana temporaria* und ihrer Entwicklung. Inaug. Diss. Zürich.
- König J. und J. Grossfeld. 1913. Der Fischrogen als Nahrungsmittel für den Menschen. Bioch. Zeitschr. **54** (351).
- Kramer B. and F. F. Tisdall. 1921a. A simple method for the direct quantitative determination of sodium in small amounts of serum. Journ. biol. Chem. **46** (467).
- Kramer B. and F. F. Tisdall. 1921b. A clinical method for the quantitative determination of potassium in small amounts of serum. Journ. biol. Chem. **46** (339).
- Kramer B. and F. F. Tisdall. 1921c. The direct quantitative determination of sodium, potassium, calcium and magnesium in small amounts of blood. Journ. biol. Chem. **48** (223).
- Kramer B. and F. F. Tisdall. 1921d. A simple technique for the determination of calcium and magnesium in small amounts of serum. Journ. biol. Chem. **47** (475).
- Macallum A. B. 1926. The paleochemistry of the body fluids and tissues. Physiol. Rev. **6** (316).
- Masai J. and T. Fukutomi. 1923. Beitrag zur Kenntnis der wechselseitigen Beziehungen zwischen den organischen Phosphorverbindungen und den unorganischen Phosphaten im tierischen Organismus. Journ. of Bioch. **2** (271).
- Plimmer R. H. A. and J. Lowndes. 1924. The changes in the lime content of the henn's egg during development. Bioch. Journ. **18** (1163).
- Pouchet G. et L. Chabry. 1889. L'eau de mer artificielle comme agent teratogénétique. Journ. Anat. et Physiol. **25** (298).
- Pouchet G. et L. Chabry. 1889. De la production des larves monstrueuses d'Oursin, par privation de chaux. C. R. Acad. des Sc. **108** (196).
- Runnström J. 1925. Über den Einfluss des Kaliummangels auf das Seeigelei. Experimentelle Beiträge zur Kenntnis des Plasmabaues, der Teilung und der Deformation des Eies. Publ. della Staz. Zool. di Napoli. **6** (1).
- Schücking A. 1903. Zur Physiologie der Befruchtung, Parthenogenese und Entwicklung. Arch. f. ges. Physiol. **97** (58).

- Sommer A. und G. Wetzel. 1904. Die Entwicklung des Ovarialeies und des Embryos, chemisch untersucht, mit Berücksichtigung der gleichzeitigen morphologischen Veränderungen. I. Die chemische Veränderungen des Ovarialeies der Ringelnatter bis zur Reife. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. (389).
- Stolte K. 1911. Eine einfache und zuverlässige Methodik der Aschenanalyse. Bioch. Zeitschr. 35 (104).
- Tisdall F. F. and B. Kramer. 1921. Methods for the direct quantitative determination of sodium, potassium, calcium and magnesium in urine and stools Journ. biol. Chem. 48 (1).
- Wetzel G. 1907. Die Entwicklung des Ovarialeies mit Berücksichtigung der gleichzeitigen morphologischen Veränderungen. II. Die chemische Zusammensetzung der Eier des Seeigels, der Seespinne, des Tintenfisches und des Hundhaies. Arch. f. (Anat. u.) Physiol (507).
- de Waard D. J. 1919. Eine Mikrobestimmung des Calciums in Blut, Serum und anderen organischen Substanzen. Bioch. Zeitschr. 97 (176)
- Zdarek E. 1904. Untersuchung der Eier von *Acanthias vulgaris* Risso. Zeitschr. f. physiol. Chem. 41 (524).

