

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АМИНОКИСЛОТНОГО КОМПЛЕКСА САЛАКИ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ КРАТКОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ ЕЕ УЛОВОВ

Канд. биол. наук И. Н. ПЕТРЕНКО, А. А. КАРАСИКОВА

Изучение химических превращений в организме рыб в преднерестовый и нерестовый периоды дает возможность полнее познать процесс их размножения.

Исследования Косселя [12, 13] показали возможность использования показателей некоторых аминокислот белков мышц и гонад рыб в качестве индикатора при прогнозировании сроков промысла. Впоследствии этот вопрос как в отечественной, так и в зарубежной литературе освещался недостаточно, поэтому мы поставили задачу частично изучить его. Мы исследовали изменения аминокислотного состава белков мышц и половых продуктов весенненерестующей салаки Рижского залива.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал для исследования был собран в Рижском заливе в районе Вецаки и у Салацгрива.

Промысловые уловы салаки в Рижском заливе состоят главным образом из трехгодовиков, поэтому для анализа отбирали салаку этого возраста. При сборе материала возраст рыбы ориентировочно определяли по линейным размерам (для контроля возраст определяли также и по чешуе салаки).

Вся просмотренная салака длиной от 12,5 до 13,5 см была трехлетней. Каждую рыбу измеряли (по Смитту), взвешивали и определяли степень зрелости ее половых продуктов по шестибальной шкале. Всего было проанализировано 900 самок и 800 самцов. Из них биохимическому анализу было подвергнуто 182 самки и 170 самцов.

Для биохимического анализа брали мышцы и половые продукты отдельно у самцов и самок. При этом рыбу очищали от кожи, удаляли кости и внутренности. Затем мышцы салаки и вынутые из полости тела гонады растирали (в отдельности) в ступке до однородной массы. Из массы (отдельно мышцы и гонады) брали навеску по 1,5—2 г для определения содержания влаги, сырого протеина<sup>1</sup>, жира и установления аминокислотного состава белка.

Белки мышц и белки гонад салаки подвергали гидролизу, который проводили в пробирках с обратным холодильником на кипящей водяной бане в течение 12 часов [9].

Навеску исследуемого образца помещали в пробирку, заливали 22%-ной соляной кислотой из расчета 1 мл кислоты на 1 г сырого ве-

<sup>1</sup> Для определения сырого протеина навеску фиксировали в концентрированной серной кислоте из расчета 1 мл кислоты на 1 г сырого вещества.

щества или 5 N едким натром из расчета 2,5 мл щелочи на 1 г сырого вещества. В щелочном гидролизате определяли триптофан и тирозин, в кислотном — все остальные аминокислоты.

При проведении биохимического анализа применяли следующие методики:

- а) сырой протеин определяли по микрокельдалю [10];
- б) жир — по модифицированной методике Белькевича [2];
- в) качественное определение незаменимых и заменимых аминокислот и количественное определение триптофана и тирозина проводили по методу распределительной хроматографии на бумаге по Бодэ;
- г) количество триптофана определяли колориметрически по методу Гопкинса и Винклера, количество тирозина — по методу Фолина и Маренци, метионина — по Мак-Картти и Сулливану, аргинина — по Сакагу-чи-Веберу, гистидина — по Кесслеру и Ханке.

Для проверки метода распределительной хроматографии на бумаге мы определяли количество триптофана и тирозина по методу, модифицированному Е. М. Маликовой [9]. В табл. 2 приведены средние данные по ароматическим аминокислотам, полученные этими методами.

### АМИНОКИСЛОТЫ БЕЛКОВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ И ПОЛОВЫХ ПРОДУКТОВ САЛАКИ

У салаки Рижского залива в ходе овогенеза и сперматогенеза изменяется химический состав мышц. Установлено, что по мере созревания гонад содержание сырого протеина в мышечной ткани понижается, а в гонадах повышается.

У отнерестившихся особей в мышечной ткани отмечено относительное увеличение содержания влаги и сырого протеина (табл. 1). Такое увеличение сырого протеина после нереста связано, вероятно, с резким уменьшением жирности рыбы. Так, по данным М. Н. Кривобока и О. И. Тарковской [7], отнерестившаяся салака теряет около 50% жира.

Таблица 1

| Основные химические показатели | Пол   | Изменение химического состава мышц салаки различной стадии зрелости (в % на сухое вещество) |       |       |       |       |
|--------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                |       | II                                                                                          | III   | IV    | V     | VI    |
| Влага . . . . .                | Самки | 77,17                                                                                       | 74,39 | 73,89 | 76,89 | 79,33 |
|                                | Самцы | 78,22                                                                                       | 75,37 | 73,45 | 75,93 | —     |
| Протеин . . . . .              | Самки | 66,10                                                                                       | 62,84 | 61,01 | 63,50 | 75,31 |
|                                | Самцы | 67,50                                                                                       | 63,87 | 60,23 | 65,11 | —     |
| Жир . . . . .                  | Самки | 22,84                                                                                       | 28,94 | 31,61 | 24,28 | 14,42 |
|                                | Самцы | 18,94                                                                                       | 29,10 | 33,60 | 29,90 | —     |

У салаки при созревании половых продуктов не все аминокислоты мышц изменяются в равной степени. Так, у самок салаки, имевших половые продукты в стадии II и III, содержание аргинина в белках мышц было почти неизменным (9,95 и 9,30%). Начиная с IV стадии, обнаружено резкое уменьшение содержания аргинина — до 5,18%.

Содержание гистидина в белках мышц самок салаки до V стадии зрелости немного увеличивается (с 1,21 до 1,65%). У рыб, достигших V стадии зрелости, содержание гистидина в мышцах резко уменьшается — до 0,90%.

Ароматические аминокислоты в период нереста рыб также изменяются. Количественное изменение аминокислот в процентах на сырой протеин у самок и самцов салаки приведено в табл. 2. В ходе овогенеза в белках мышц самок содержание триптофана снижается с 2,73 до 1,02% и тирозина — с 3,65 до 2,66%.

Таблица 2

| Аминокислоты | Изменение аминокислот у салаки в % на сырой протеин по стадиям зрелости |     |    |   |    |        |     |    |      |  |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|----|---|----|--------|-----|----|------|--|
|              | II                                                                      | III | IV | V | VI | II     | III | IV | V-VI |  |
|              | мышцы                                                                   |     |    |   |    | гонады |     |    |      |  |

С а м к и

|                     |      |      |      |      |      |      |      |      |       |  |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--|
| Аргинин . . . . .   | 9,95 | 9,30 | 5,18 | 4,52 | 4,68 | 7,70 | 7,71 | 8,78 | 10,41 |  |
| Гистидин . . . . .  | 1,21 | 1,41 | 1,65 | 0,90 | 1,23 | 1,30 | 1,35 | 1,38 | 1,48  |  |
| Метионин . . . . .  | 3,69 | 3,56 | 2,56 | 1,68 | 1,73 | 3,12 | 2,89 | 2,37 | 2,12  |  |
| Триптофан . . . . . | 2,73 | 1,77 | 1,33 | 1,17 | 1,02 | 2,20 | 1,93 | 1,61 | 1,58  |  |
| Тирозин . . . . .   | 3,65 | 3,80 | 3,81 | 2,87 | 2,66 | 4,87 | 4,29 | 3,73 | 3,37  |  |

С а м ц ы

|                     |      |      |      |      |      |      |      |       |      |  |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|--|
| Аргинин . . . . .   | 3,71 | 6,96 | 7,52 | —    | —    | 8,74 | 9,21 | 10,43 | —    |  |
| Гистидин . . . . .  | 0,63 | 1,32 | 1,65 | —    | —    | 1,07 | 1,41 | 1,79  | —    |  |
| Метионин . . . . .  | 2,37 | 2,33 | 2,31 | —    | —    | 2,41 | 2,50 | 2,68  | —    |  |
| Триптофан . . . . . | 1,57 | 1,26 | 1,14 | 1,10 | 0,95 | 5,60 | 2,68 | 1,49  | 1,41 |  |
| Тирозин . . . . .   | 4,23 | 3,86 | 3,46 | 3,04 | 2,87 | 6,21 | 4,18 | 2,68  | 0,74 |  |

По мере созревания гонад относительное содержание метионина в мышцах самок уменьшилось с 3,69 до 1,68%; у отнерестившихся самок количество метионина, аргинина и гистидина немного увеличилось. У самцов этот процесс до конца проследить (количественным путем) не удалось вследствие недостатка материала (рыб со стадией зрелости V—VI). Однако на хроматограмме у самцов этой стадии обнаружено явное уменьшение метионина в мышцах (рис. 1).

Данные, полученные нами при изучении самок (1956—1957 гг.), подтверждают имеющееся предположение о том, что на построение половых продуктов расходуются в основном аминокислоты мышц [12, 13]. Салака во время нереста питается слабо или совсем не питается [11]. У самок салаки IV стадии зрелости в белках мышц были обнаружены следы фенилаланина. У отнерестовавших особей (VI стадия зрелости) отмечены не только следы указанной аминокислоты, но и следы метионина, валина, серина, аспарагиновой кислоты, цистина, содержание же аргинина уменьшается (рис. 2).

На хроматограммах (рис. 3 и 4) видно, как по мере созревания половых продуктов происходит постепенное накопление аминокислот в гонадах самцов и самок салаки. Так, на хроматограмме гидролизата гонад самцов во II стадии зрелости выявилось несколько незаменимых аминокислот: лизин, гистидин, аргинин, метионин и триптофан. В гонадах самок, кроме перечисленных аминокислот (незаменимых), обнаружен еще треонин. В гонадах самцов и самок III стадии зрелости найдена группа лейцинов.

В гонадах самцов и самок IV—V стадий зрелости имеется комплекс почти всех незаменимых и заменимых аминокислот. Однако на хрома-

тограмме тирозин в гонадах самцов проявляется в виде слабых очертаний, что свидетельствует о незначительном его количестве. Определение показало, что в ходе сперматогенеза в белках гонад самцов количество тирозина уменьшается в среднем с 6,21 до 0,74%. Столь незначительное количество тирозина в гонадах было нами обнаружено при анализах, проведенных в 1956 г. (0,73%) и в 1957 г. (0,75%)\*.

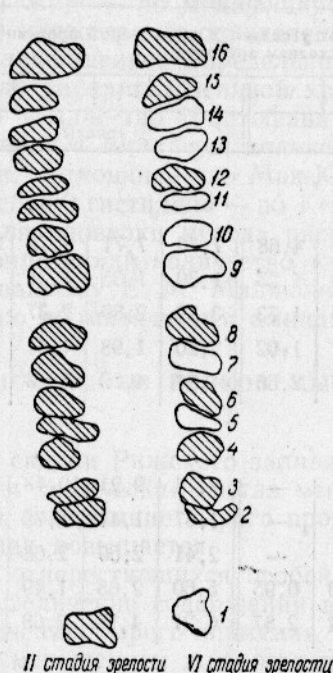


Рис. 1. Хроматограмма гидролизата мышц самца II и VI стадии зрелости (заштрихованные пятна — большое количество аминокислоты, незаштрихованные — следы аминокислоты).

1—цистин; 2—лизин; 3—гистидин; 4—аргинин; 5—аспарагиновая кислота; 6—серин; 7—глицин; 8—глутаминовая кислота; 9—треонин; 10—аланин; 11—пролин; 12—тирозин; 13—триптофан; 14—метионин; 15—валин; 16—изолейцин + лейцин.

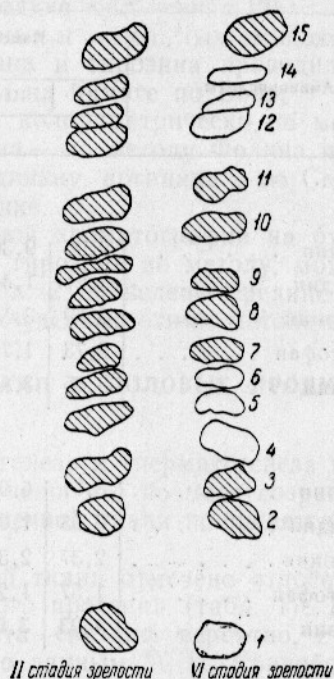


Рис. 2. Хроматограмма гидролизата мышц самки II и VI стадии зрелости:

1—цистин; 2—лизин; 3—гистидин; 4—аргинин; 5—аспарагиновая кислота; 6—серин; 7—глутаминовая кислота; 8—треонин; 9—пролин; 10—тирозин; 11—триптофан; 12—метионин; 13—валин; 14—фенилаланин; 15—изолейцин + лейцин.

Коссель [12], работавший над лососем, отметил полное отсутствие этой аминокислоты в белках гонад самцов IV—V стадии зрелости. Нельзя не согласиться с автором, что содержание тирозина у самцов рыб можно использовать в качестве индикатора при составлении краткосрочных промысловых прогнозов уловов.

Для самок таким индикатором является аргинин, содержание которого в мышцах по достижении рыбой IV стадии зрелости резко понижается.

В белках гонад самок по мере их созревания постепенно увеличивается содержание аргинина (с 7,7 до 10,4%). То же отмечено и у самцов: содержание аргинина в период созревания их половых продуктов увеличилось с 8,74 до 10,4%. Однако в мышцах самцов и самок в период созревания половых продуктов изменение аргинина имело диа-

\* Вероятно, в период нереста в гонадах самцов происходит усиленное йодирование аминокислоты тирозина, в результате чего йод внедряется в молекулу тирозина с образованием тироксина [6].

метрально противоположный характер: если в мышцах самок содержание этой аминокислоты по мере созревания гонад уменьшалось, то в мышцах самцов оно увеличивалось (см. табл. 2).

Накопление гистидина в белках гонад самцов шло более интенсивно, чем у самок. У последних этот процесс был слабо выражен. Практически содержание последнего оставалось постоянным. Аналогичная

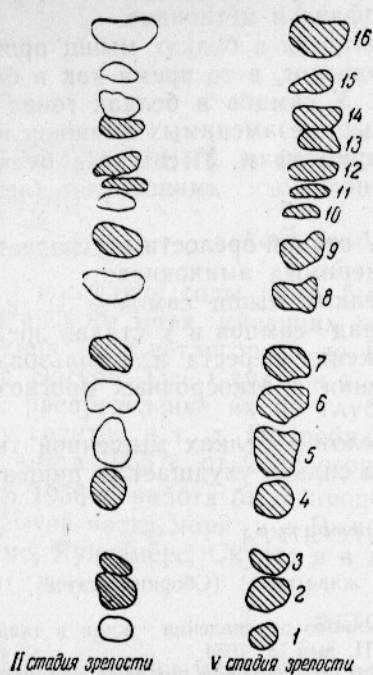


Рис. 3. Хроматограмма гидролизата гонад самки II и V стадии зрелости:

1—цистин; 2—лизин; 3—гистидин; 4—аргинин; 5—аспарагиновая кислота; 6—серин; 7—глицин; 8—глутаминовая кислота; 9—треонин; 10—пролин; 11—тирозин; 12—триптофан; 13—метионин; 14—валин; 15—фенилаланин; 16—лейцин + изолейцин.

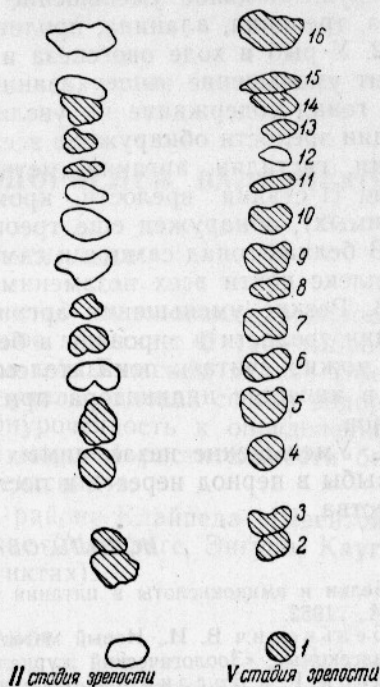


Рис. 4. Хроматограмма гидролизата гонад самца II и V стадии зрелости:

1—цистин; 2—лизин; 3—гистидин; 4—аргинин; 5—аспарагиновая кислота; 6—серин; 7—глицин; 8—глутаминовая кислота; 9—аланин; 10—треонин; 11—пролин; 12—тирозин; 13—триптофан; 14—метионин; 15—валин; 16—лейцин + изолейцин.

картина наблюдалась в белках гонад осетра [3], где содержание гистидина оставалось неизменным как у морских (4,2 мг %), так и у входящих в реку (4,1 мг %) и нерестующих особей (4,1 мг %).

Процесс накопления метионина в гонадах у самцов и самок протекал различно. По мере созревания гонад относительное количество метионина в мышцах самцов незначительно уменьшилось, а в гонадах увеличилось. У самок с уменьшением метионина в мышцах уменьшалось и содержание его в гонадах. Кроме того, вероятно, что из серосодержащих аминокислот значительную роль в процессе созревания гонад играет цистин.

Синтез цистина в животном организме происходит деметилированием метионина в гомоцистеин, конденсацией гомоцистеина и серина в цистатионин и путем распада последнего с образованием цистеина (цистина) [6]. На хроматограммах (см. рис. 1, 2, 3 и 4) видно, что по мере созревания гонад содержание цистина в мышцах уменьшается, а в гонадах возрастает.

Таким образом, степень обесценивания белков мышечной ткани как пищевого продукта зависит от того, какие аминокислоты в основном пошли на построение гонад.

## ВЫВОДЫ

1. У самок и самцов салаки на построение половых продуктов используются в основном аминокислоты мышц. У отнерестившихся самок отмечены следы цистина, аспарагиновой кислоты, серина, метионина, валина, фенилаланина и значительное уменьшение аргинина. У самцов обнаружено явное уменьшение цистина, аспарагиновой кислоты, глицина, треонина, аланина, пролина, триптофана и метионина.

2. У рыб в ходе овогенеза и сперматогенеза в белках мышц происходит уменьшение вышеуказанных аминокислот, в то время как в белках гонад содержание их увеличивается. У самцов в белках гонад II стадии зрелости обнаружено всего несколько незаменимых аминокислот: лизин, гистидин, аргинин, метионин и триптофан. У самок в белках гонад II стадии зрелости, кроме перечисленных аминокислот (незаменимых), обнаружен еще треонин.

В белках гонад самцов и самок IV и V стадий зрелости наблюдается комплекс почти всех незаменимых и заменимых аминокислот.

3. Резкие уменьшения аргинина в белках мышц самок в IV и V стадии зрелости и тирозина в белках гонад самцов в V стадии зрелости можно считать показателем приближения нереста и использовать его в качестве индикатора при составлении краткосрочных прогнозов уловов.

4. Уменьшение незаменимых аминокислот в белках мышечной ткани рыбы в период нереста и после нереста сильно ухудшает ее пищевые качества.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Белки и аминокислоты в питании человека и животных, (Сборник статей), ИЛ, М., 1952.
2. Белькевич В. И., Новый метод количественного определения жира в тканях насекомых, «Зоологический журнал», т. XXXIII, вып. 3. 1954.
3. Блок Р. и Боллинг Д., Аминокислотный состав белков и пищевых продуктов, ИЛ, М., 1949.
4. Буданова А. М., Об изменениях аминокислотного состава половых продуктов осетра в связи с нерестовой миграцией. Известия Академии наук СССР, серия биологическая, № 2, 1941.
5. Буданова А. М., Некоторые аминокислоты в белках мышц осетровых рыб и содержание триметиламинооксида в их крови при нерестовой миграции, «Биохимия», т. XVII, вып. 1, 1952.
6. Збарский Б. И., Иванов И. И., Мардашов С. Р., Биологическая химия, Медгиз, 1954.
7. Кривобок М. Н. и Тарковская О. И., Связь между созреванием половых продуктов салаки и количеством жира в ее теле. Труды Латвийского отделения ВНИРО, т. 2, Рига, 1957.
8. Кугенев П. В. и Медведева М. Н., Количественное определение аминокислот в белках молока методом бумажной хроматографии, «Молочная промышленность», № 8, 1957.
9. Маликова Е. М., К методике определения тирозина и триптофана. Труды Латвийского отделения ВНИРО, вып. 1, Рига, 1953.
10. Парнас Я. О., Определение азота по методу Кьельдаля, «Журнал аналитической химии», т. IV, вып. 1, 1949.
11. Сушкина А. П., Питание салаки Балтийского моря и Рижского залива. Труды ВНИРО, т. XXVI, Пищепромиздат, 1954.
12. Kossel A., Einige Bemerkungen über die Bildung der Protamine im Tierkörper. Ztschr. Physiol. Chem. Bd. 44, 5, 147, 1905.
13. Kossel A., The Protamines and Histones Longmans. New York, 1928.