

ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ПЛИНУ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ЗАСОЛЕННЯ ОКЕАНІЧНОЇ РИБИ

Г.М. Постнов, М.А. Чеканов, В.М. Червоний, О.В. Яковлєв

Розглянуто електрохімічний метод визначення швидкості плинущо масообмінних процесів під час засолення океанічної риби. За результатами досліджень підтверджено зміну електрофізичних властивостей рибної сировини під час її засолення на прикладі визначення показників електричного опору та провідності. Подальші дослідження в цьому напрямку дозволять отримати кореляції для визначення значень концентрації NaCl у різних продуктах усередині зразка, що сприятиме отриманню нових залежностей з кінетики процесу соління.

Ключові слова: риба, сировина, опір, провідність, концентрація.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОСОЛЕ ОКЕАНИЧЕСКОЙ РЫБЫ

Г.М. Постнов, Н.А. Чеканов, В.Н. Червоний, О.В. Яковлєв

Рассмотрен электрохимический метод определения скорости течения массообменных процессов при посоле океанической рыбы. По результатам исследований подтверждено изменение электрофизических свойств рыбного сырья при его посоле на примере определения показателей сопротивления и проводимости. Дальнейшие исследования в этом направлении позволят получить корреляции для определения значений концентрации NaCl в различных продуктах внутри образца, способствовать получению новых зависимостей по кинетике процесса посола.

Ключевые слова: рыба, сырье, сопротивление, проводимость, концентрация.

ELECTROCHEMICAL METHOD OF DETERMINING THE RATE OF MASS TRANSFER PROCESSES DURING OCEAN FISH SALTING

G. Postnov, M. Chekanov, V. Chervonyi, O. Yakovliev

The article considers the electrochemical method of determining the rate of mass transfer processes during ocean fish salting. The atlantic herring whose trunk is weighing 300...350 g was chosen as the object of the study, in order to reduce the fat impact on the NaCl diffusion during the salting. During the studies there were used fish samples subject to be salted in 5, 10, 15% aqueous NaCl solution. Fish

raw materials were subject to salting during 24 hours. According to the research results the change of electrical properties of raw fish was confirmed due to its salting stating from indicators of resistance and conductivity. Thus, the resistance value for the fish which was subject to salting in 15% NaCl solution, at the depth of 10 mm from the skin surface is reduced by 14...16 % as compared with 10% NaCl solution. Further research in this direction will provide correlations needed to determine the values of NaCl concentration in different products within the sample, will contribute to receiving new dependencies on the kinetics of the process of salting.

Keywords: *fish, raw material, resistance, conductivity, concentration.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Засіл – це комплекс технологічних операцій із консервації риби хлоридом натрію, у результаті яких відбуваються складні масообмінні та біохімічні процеси в тканинах риби. Засіл характеризується тривалістю процесу, способом засолення, ступенем насиченості сіллю, температурою, за якої відбувається процес, ступенем завершеності та має таку класифікацію: теплий, охолоджений і холодний; насичений і ненасичений; сухий, змішаний і тузлучний; завершене і перерваний; засіл ін'єктуванням [1].

Із термодинамічної точки зору засіл риби є типовим масообмінним процесом у гетерогенній системі. Унаслідок капілярно-пористої структури риби, крім дифузійного перенесення молекул солі в тканини риби, здійснюється дифузійно-осмотичне перенесення води з тканин у сольовий розчин або навпаки, залежно від співвідношення концентрацій солі в тузлуці та рибі. Як і всі масообмінні процеси, інтенсивність засолу залежить від співвідношення швидкості зовнішнього масообміну і внутрішнього масоперенесення.

Ураховуючи те, що найголовнішим недоліком існуючих методів засолення є значна тривалість процесу, на практиці доволі складно визначити значення швидкості перебігу масообмінних процесів під час засолення океанічної риби.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із можливих методів визначення швидкості перебігу масообмінних процесів є визначення окремих показників, наприклад, зміну концентрації солі NaCl у продукті.

Широкого розповсюдження набув метод Мора [2], який полягає в наступному. Вміст хлористого натрію в м'ясопродуктах визначають титруванням водної витяжки з продукту 0,05 н розчином азотнокислого срібла за наявності індикатора хромовокислого калію. Іон срібла, взаємодіючи з іоном хлору, утворює важкорозчинний білий осад хлористого срібла. Коли осадження іона хлору закінчується,

надлишок азотнокислого срібла вступає в реакцію з індикатором. Утворений осад хромовокислого срібла червоно-бурого кольору змінює забарвлення білого осаду хлористого срібла. Визначення вмісту хлористого натрію методом Мора дає похибку за рахунок осадження в нейтральному середовищі іоном срібла не тільки хлоридів, але й фосфатів та карбонатів. Метод Фольгарда [3], заснований на звільненні зразка від білкових речовин і титрування надлишку доданого розчину азотнокислого срібла розчином роданистого калію в кислому середовищі з вмістом залізоамонійних квасців, є більш точним.

Відомі також експериментальні дослідження зміни в процесі засолу концентрації тузлуку в примезовому шарі біля шкіри риби, які проводили за допомогою спеціально виготовленого датчика і моста змінного струму [4]. Метод засновано на тому, що електропровідність сольового розчину залежить від вмісту в ньому хлористого натрію і температури. Для вивчення примезового шару засолювали філе скумбрії, окуня і путасу. Проте ці дослідження виявляли лише характеристики тузлуку, а не рибної сировини.

Мета статті. Метою статті стало обґрунтування припущення щодо зміни електрофізичних властивостей рибної сировини під час процесу засолення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Авторами були проведені дослідження щодо виявлення зміни значень електричного опору рибної сировини залежно від концентрації NaCl у тузлуці під час засолення.

Як об'єкт досліджень обрано оселедець атлантичний (*Clupea harengus*), тушки якого мають вагу 300...350 г, щоб зменшити вплив жиру на дифузію NaCl під час засолу. У ході досліджень були використані зразки риби, засолені у 5, 10, 15%-ому водному розчині NaCl (зразки 1, 2, 3 відповідно). Як контроль використано зразок несолоної риби (зразок 4). Рибну сировину засолювали впродовж 24 год.

Відбір проб проводили з використанням металевої капсули, якою вирізали зразок із поверхні риби до хребта у найбільш широкій її частині. Потім зразок розміщували в діелектричній камері з електродами на відстані 2...10 мм від поверхні шкіряного покриву тушки оселедця. Для визначення значень електричного опору тушки риби було використано міст одинарний для вимірювання на постійному струмі опору P333 (рис. 1).

Під час досліджень було виявлено, що значення електричного опору в зразках оселедця зменшується залежно від збільшення

концентрації тузлуку для засолу риби при однаковій тривалості процесу. Так, для риби, яку не засолювали, значення опору більшується від 242 до 462 Ом; для риби, що знаходилась у 5%-ому розчині NaCl – від 209 до 260 Ом; для риби, що знаходилась у 10%-ому розчині – від 152 до 180 Ом; для риби, що знаходилась у 15%-ому розчині – від 130 до 152 Ом. Таким чином, значення електричного опору для риби, яку засолювали у 15%-ому розчині NaCl, на глибині 10 мм від поверхні шкіряного покриву зменшується на 14...16% порівняно з тією, яку використовували в 10%-ому розчині

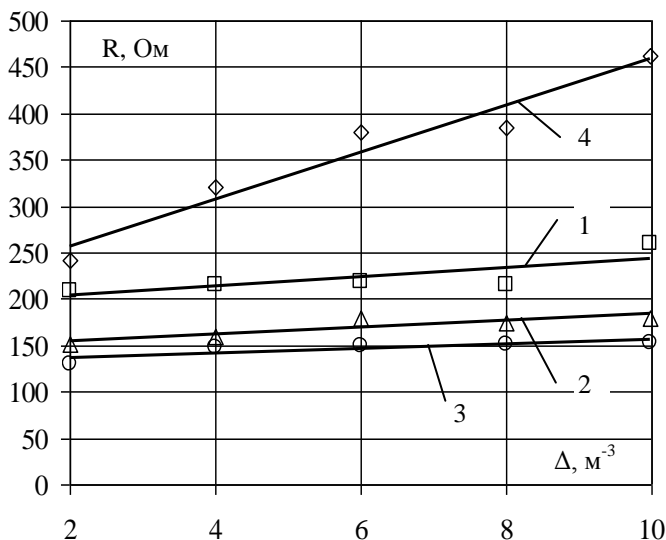


Рис. 1. Залежність зміни електричного опору зразка риби залежно від глибини проникнення іонів NaCl: 1 – засіл у 5%-ому розчині NaCl; 2 – засіл у 10%-ому розчині NaCl, 3 – засіл у 15% розчині NaCl; 4 – контроль

NaCl.

Зміну електрофізичних властивостей рибної сировини можна також розглядати в аспекті зміни значень електричної провідності для різної товщини зразка. Під час проходження електричного струму крізь розчини електролітів відбувається рух електричних зарядів, що супроводжується рухом атомів або груп атомів, пов'язаних один з одним, оскільки ці атоми або атомні групи являють собою частини молекули розчиненої речовини. Природно припустити, що заряджені саме ці частини молекули в розчині й вони є носіями електричного

заряду. Їх переміщення під дією сил електричного поля і є

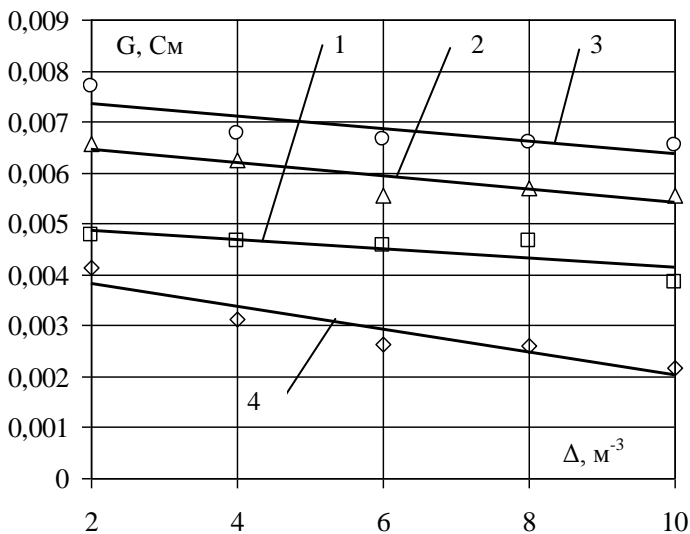


Рис. 2. Залежність зміни електричної провідності зразка риби в залежності від глибини проникнення іонів NaCl:
1 – соління у 5% розчині NaCl, 2 – соління у 10% розчині NaCl,
3 – соління у 15% розчині NaCl, 4 – контроль.

електричним струмом, що проходить крізь електроліт (рис. 2).

Отже, за результатами досліджень відзначено, що найбільше значення електричної провідності притаманне зразку, засоленому в 15%-му розчині NaCl. Істотне збільшення значення провідності зразка 3 порівняно зі зразком 1 свідчить про збільшення швидкості перебігу масообмінних процесів під час засолення. Проте незначне збільшення провідності зразка 3 порівняно зі зразком 2 можна пояснити досягненням рівноважної концентрації солі у продукт та розчині, що збігається з особливостями засолення, які на сьогодні добре відомі й описані в літературі [5]. Під час засолення в тузлуку низької концентрації м'язова тканина риби спочатку вбирає сіль, вологу і набухає. Потім, після досягнення критичної концентрації солі (для більшості видів риб 8%) тканини риби починають втрачати вологу, а концентрація солі в них зростає. Якщо засіл риби відбувається в тузлуку з високою концентрацією солі, то відбувається висолування білків, і м'язова тканина відразу починає втрачати вологу. Головною

рушійною силою соління є різниця концентрацій солі в тузлуку і води в рибі. Цей процес триває до встановлення рівноваги.

Висновки. Результатами досліджень підтверджено зміну електрофізичних властивостей рибної сировини під час її засолення на прикладі визначених показників електричного опору та провідності. Подальші дослідження в цьому напрямі дозволять одержати кореляції для визначення значень концентрації NaCl у продуктах усередині зразка, що сприятиме отриманню нових залежностей із кінетики процесу засолення.

Список джерел інформації / References

1. Шляхи удосконалення способів соління рибної сировини океанічного походження / Г. М. Постнов, М. А. Чеканов, В. М. Червоний, О. В. Яковлев // Рибне господарство України, 2013. – №2. – С. 51-53.

Postnov, G.M., Chekanov, M.A. Chervonyi, V.N., Yakovliev, O.V., (2013), “Ways of improving methods of salting fish raw oceanic origin”, [“Shlyakhy udoskonalennya sposobiv solinnya rybnoyi syrovyny okeanichnoho pokhodzhennya”], *Fishery Ukraine*, 2013. - № 2. - P. 51–53.

2. Журавская Н. К. Исследование и контроль качества мяса и мясopодуктов / Н. К. Журавская, Л. Т. Алехина, Л. М. Отряшенкова. – М. : Агрoпромиздат, 1985. – 296 с.

Zhuravska, N.K., Alekhina L.T., Otryashenkova L.M. (1985), *Research and quality control of meat and meat products [Issledovanie i kontrol' kachestva mjasa i mjasoproduktov]*, Agropromizdat, Moscow, 296 p.

3. Исследование продовольственных товаров : Учеб. пособие / В.И. Базарова, Л. А. Боровикова, А. Л. Дорофеев, [и др.]. – 2-е изд., перераб. – М. : Экономика, 1986. – 295 с.

Bazarov, V.I., Borovikova, L.A., Dorofeev, A.L. (1986), *The study of food products: Textbook. Manual [Issledovanie prodovol'stvennyh tovarov : Ucheb. posobie]* - 2nd ed., Economics, Moscow, 295 p.

4. Димова В. В. Изучение влияния различных параметров на равномерность просаливания слоя мелкой рыбы и филе / В. В. Димова, А. М. Ершов, В. А. Гроховский // Вестник МГТУ, 2006. – Т. 9, № 5. – С. 866–871.

Dimova, V.V., Ershov, A.M., Grokhovsky, V.A. (2006), “Study of the influence of various parameters on brining layer uniformity and small fish fillet” [“Izuchenie vlijaniya razlichnyh parametrov na ravnomernost' prosalivaniya sloja melkoj ryby i file”], *Bulletin MSTU*, Т. 9, № 5. – pp. 866–871.

5. Postnov, G., Deynichenko G., Chekanov M., Chervonyi V., Yakovliev O. (2013) “Physicochemical Basis for Intensification of the Process of Salting Fish”, *RECENT*, Vol. 14, no. 4(40), November, pp. 307–310.

Постнов Геннадій Михайлович, канд. техн. наук, проф., кафедра устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський

державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)3494556, e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

Постнов Геннадій Михайлович, канд. техн. наук, проф., кафедра обладнання харчової та гостиничної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)3494556, e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

Postnov Gennady, Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of food and hotel industry equipment named after M.I. Belyaev, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)3494556, e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

Чеканов Микола Анатолійович, канд. техн. наук, доц., кафедра енергетики та фізики, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)3494556, e-mail: chekanov_n@ukr.net.

Чеканов Николай Анатольевич, канд. техн. наук, доц., кафедра енергетики та фізики, Харьковський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)3494556, e-mail: chekanov_n@ukr.net.

Chekanov Mykola, Candidate of Technical Sciences, Assoc. Professor, Department of energy and physics, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)3494556, e-mail: chekanov_n@ukr.net.

Червоний Віталій Миколайович, канд. техн. наук, ст. викл., кафедра устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, Тел.: (057)3494556, e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

Червоний Виталий Николаевич, канд. техн. наук, ст. преп., кафедра обладнання харчової та гостиничної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харьковський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)3494556, e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

Chervonyi Vitaly, Candidate of Technical Sciences, Senior Instructor, Department of food and hotel industry equipment named after M.I. Belyaev, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)3494556, e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

Яковлев Олег Владимирович, ст. викл., здобувач, кафедра технології та хімії морепродуктів, Керченський державний морський технологічний університет. Адреса: вул. Орджонікідзе, 82, м. Керч, Україна, 98300. Тел.: (057)3494556, e-mail: yakoleg@mail.ru.

Яковлев Олег Владимирович, ст. преп., соискатель, кафедра технології та хімії морепродуктів, Керченський державний морський технологічний університет. Адреса: ул. Орджоникидзе, 82, г. Керчь, Украина, 98300. Тел.: (057)3494556, e-mail: yakoleg@mail.ru.

Yakovliev Oleg, Senior Instructor, seeker of Candidate of Technical Sciences, Department of technology and chemistry of marine products, Kerch State Marine Technical University. Address: Ordzhonikidze str., 82, Kerch, Ukraine, 98300. Tel.: (057)3494556, e-mail: yakoleg@mail.ru.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук Л.В. Кіптелюю, канд. техн. наук А.Б. Горальчуком.

Отримано 15.03.2014. ХДУХТ, Харків.