



УДК 64.066.44

Кудрявцев В.М., канд. техн. наук, доц.<sup>1</sup>,  
Парамонова В.А., канд. техн. наук, доц.<sup>2</sup>,  
Голоядов О.А.<sup>2</sup>

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Донецьк, Україна,  
1 – e-mail: kudryavtsevvn@mail.ru,  
2 – e-mail: varamonova@mail.ru

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ГІДРОБІОНТІВ

Kudryvtsev V.N., Cand. Sc. (Tech.),  
Assoc. Prof.<sup>1</sup>,  
Paramonova V.A., Cand. Sc. (Tech.),  
Assoc. Prof.<sup>2</sup>,  
Goloyadov A.A.

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhaylo Tugan-Baranovsky, Donetsk, Ukraine,  
1 – e-mail: kudryavtsevvn@mail.ru,  
2 – e-mail: varamonova@mail.ru

## USE OF NON-TRADITIONAL METHODS FOR PROCESSING OF HIDROBIONTS

**Мета.** Мета статті полягає в обґрунтуванні технологічних регламентів виробництва й вивченні впливу НВЧ-обробки на якість розмороженої сировини та виробленої з неї готової продукції, а також дослідженні часу релаксації електромагнітної хвилі в рибній сировині.

**Методика.** У процесі досліджень використано методи планування багатofакторного експерименту. Обробку й узагальнення експериментальних даних здійснено статистичними методами з використанням інформаційних технологій.

**Результати.** Проаналізовано методиобробки гідробіонтів, які застосовують на рибопереробних підприємствах, виконано експериментальні дослідження з розморожування блоків риби у НВЧ-полі та часу перетворення електромагнітної енергії в теплову (час релаксації), проаналізовано отримані результати.

**Наукова новизна.** Встановлено, що якщо розморожувати рибу у НВЧ-полі, то тривалість процесу не залежить від наявності льодяного покриву (глазури) на поверхні, а час обробки не повинен перевищувати 3 хв за умови потужності магнетрона 400 Вт.

**Практична значущість.** Надані рекомендації дозволять встановити більш раціональні режими дефростації рибних продуктів, що, у свою чергу, допоможе зменшити енергетичні та матеріальні витрати на виробництві.

**Ключові слова:** дефростація, релаксація, температура, НВЧ-поле.

**Постановка проблеми.** Рибне господарство є четвертою галуззю українського агросектору після рослинництва, тваринництва і лісового господарства. У 2004 р. було прийнято Закон України «Про загальнодержавну програму розвитку рибного господарства України на період до 2010 р.» і затверджено програму розвитку галузі. Одним із пунктів цієї програми є відновлення основних фондів, упровадження передових ресурсозберігаючих технологій і устаткування, реконструкція і модернізація діючих господарств і виробництв [1].

Свіжа риба – цінний продукт, який потребує швидкої і акуратної обробки. За даними Foods & Drinks, останніми роками в асортименті рибної продукції, вироблюваної в Україні, 2/3 припадає на морожену рибу і 1/4 – на солону. У технологічному ланцюгу переробки мороженої риби дефростація є основою якості майбутнього продукту.

До 1970 р. на світовому ринку основне поширення мало устаткування для дефростації, робота якого була заснована на розморожуванні продукту водою. Це відносно



дешеві й легкі у використанні системи, які у багатьох випадках застосовують і у наш час. Проте розморожування водним середовищем супроводжується істотною втратою маси продукту (до 12% ваги) і погіршенням його якісних показників. Недоліками цього методу є і те, що в процесі виробництва накопичується значна кількість забрудненої води, що потребує дорогого очищення.

З 1988 р. і до цього часу на світовому ринку поширені дефростаційні системи Cabinplant, у яких застосовується технологія дефростації риби за допомогою підігрітого циркулюючого потоку повітря (повітряно-краплинний спосіб дефростації). Такий спосіб забезпечує практично стопроцентне збереження якості блокової і індивідуально (IQF) замороженої риби і морепродуктів. Повітряно-краплинна дефростаційна камера для заморожених блоків має трапецієподібну форму для більш рівномірного розподілу повітряних потоків уздовж полиць із сировиною. Щоб уникнути обезводнення риби, передбачена система розпилюючих форсунок, що здійснюють пряме вприскування води в повітряні потоки через задані комп'ютером інтервали часу. Продукт покривається тонкою плівкою вологи, яка захищає його і гарантує високу якість і красивий зовнішній вигляд. Кожна дефростаційна камера є ізольованою системою закритого типу, яка забезпечує постійну циркуляцію потоків повітря, що підігріваються та звожуються.

Слід відзначити, що ще в 60-х рр. експериментальним шляхом було підтверджено можливість використання струмів високої частоти (СВЧ) для розморожування рибних блоків. Працівники науково-дослідної станції «Торрі» (Англія) створили промисловий дефростер, який працює на струмах високої частоти, що дозволяє розморожувати велику рибу (тріску, оселедець та ін.) у блоках і розсипом [2; 3]. Англійські дослідники [3] відзначають, що органолептичні показники риби, дефростованої СВЧ, значно вищі, а втрати менші порівняно з рибою, розмороженою у воді або на повітрі. Для того щоб уникнути цих небажаних змін, рибу необхідно дефростувати якнайшвидше. Чим швидше рибу розморожено, тим більше її якісні показники будуть наближені до вихідної свіжої риби, причому найкращі результати були отримані за умови дефростації СВЧ. Але цей метод не набув свого часу широкого застосування через незначну теоретичну базу описання процесу та відсутність даних про вплив оброблених у електромагнітних полях гідробіонтів на здоров'я людини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останні дослідження та публікації в сфері вдосконалення обладнання для дефростації спрямовані на використання повітряно-крапельного способу розморожування, дослідження впливу різних способів розморожування на якість кінцевого продукту, а також на використання нетрадиційних способів обробки під час дефростації [3].

На цьому етапі розвитку в нашому побуті широко використовується обладнання для обробки полями надвисокої частоти, що дає можливість дослідження можливості їх використання у технологічному циклі обробки гідробіонтів.

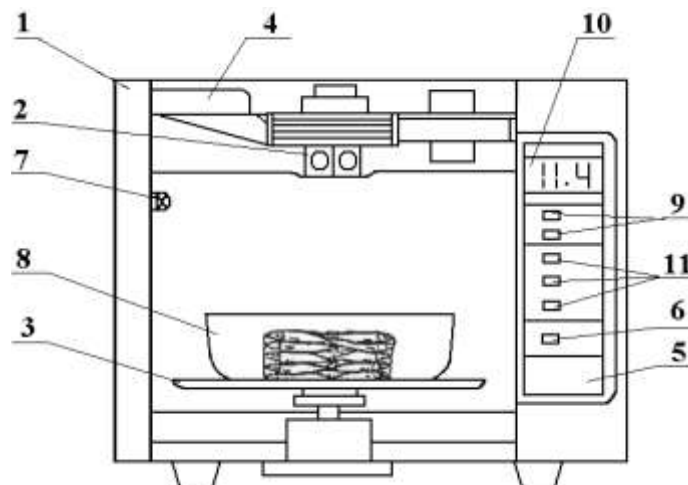
**Формування цілей статті.** Метою статті є обґрунтування технологічних регламентів виробництва й вивчення впливу НВЧ-обробки на якість розмороженої сировини та виробленої з неї готової продукції, а також дослідження часу релаксації електромагнітної хвилі в рибній сировині.

**Виклад основного матеріалу досліджень.**

Експериментальні дослідження здійснювались у лабораторії кафедри обладнання харчових виробництв ДонНУЕТ на спеціально сконструйованому стенді.

Попередні дослідження було проведено на експериментальному стенді, який наведено на рисунку 1.

Робоча частота установки склала 2450 МГц, споживана потужність – 0,55 кВт за дискретного режиму 1:1 з інтервалом 50 с.



1 – корпус; 2 – генератор електромагнітної енергії з хвилевідною системою; 3 – обертовий столик; 4 – вентилятор охолодження генератора й обдуву камери; 5 – панель керування; 6 – кнопка включення електроживлення; 7 – лампа освітлення камери; 8 – діелектричний (поліетиленовий) контейнер; 9 – кнопка набору часу; 10 – світлове табло; 11 – кнопки включення режимів нагрівання.

Рисунок 1 – Експериментальна НВЧ-установка

Як об'єкт дослідження використовували вид риби, що складають основу промислу в Атлантичному океані, Балтійському і Баренцовому морях. Це скумбрія атлантична (*Scomber scombrus*). Вибір як об'єкта дослідження зазначеного виду риби обумовлений тим, що за своїм хімічним складом і збалансованістю амінокислот ці гідробіонти є повноцінними продуктами харчування (вода – 70,74%, білок – 18,92%, жир – 7,61%, мінеральні речовини – 1,47%). Більше 90% мороженої риби цього виду спрямовують на виробництво продуктів дитячого харчування, кулінарних виробів, пресервів і консервів, копченої, солоної і в'яленої продукції.

Тривалість збереження мороженої риби при  $-18^{\circ}\text{C}$  з моменту заготівлі в районі промислу й до направлення на експеримент і дослідження складала від 18-37 до 180 діб, що обумовлено як умовами зберігання, так і вимогами якості й безпеки продукції. Уся морожена риба за якістю відповідала вимогам щодо першого сорту ГОСТу, ОСТу і ТУ.

Тривалість процесу розморожування за різних способів обробки залежить від вмісту води і жиру в м'язовій тканині риби й інших видів гідробіонтів. Це пов'язано, насамперед, з розбіжністю теплофізичних і електрофізичних характеристик м'язової тканини риби, що залежать від її хімічного складу, в основному, від вмісту води і жиру.

У разі однакової різниці температур тривалість процесу розморожування порівняно із заморожуванням буде більшою приблизно на 80%. Це можна пояснити тим, що теплофізичні властивості льоду і води є різними, а також зниженням теплового потоку в процесі розморожування продукту. Якщо застосовують градієнтні способи розморожування (у воді і на повітрі), що теплопровідність верхніх шарів продукту в міру його утеплення зменшується внаслідок невисокого коефіцієнта теплопровідності поверхневого шару води ( $0,58 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ) порівняно з коефіцієнтом теплопровідності льоду ( $2,23 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ).

Швидкість розморожування продукту має велике значення за умови проходження зони критичних температур від мінус  $5^{\circ}\text{C}$  до мінус  $1^{\circ}\text{C}$  і одержання розмороженої



сировини з високими функціонально-технологічними характеристиками. На тривалість процесу розморожування гідробіонтів впливають температура розморожуючого агента і його теплофізичні властивості, маса і розміри блоків риби, початкова температура мороженої сировини й інші фактори.

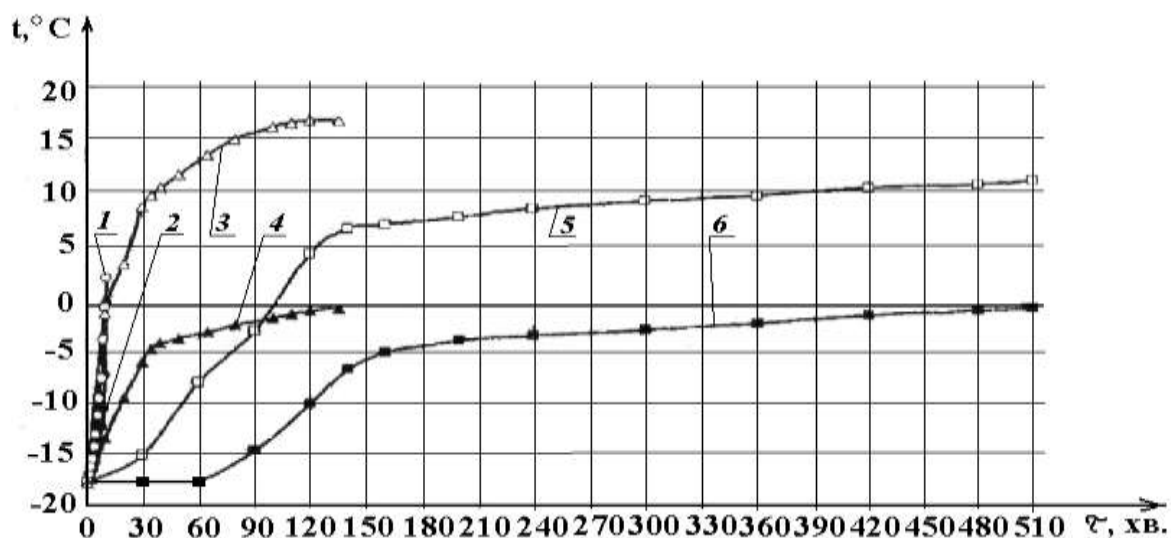
Як контрольні способи обробки використовували широко застосовувані в галузі розморожування в повітряному середовищі та занурення у воду.

Під час здійснювання експериментального дослідження традиційних способів і діелектричного розморожування процес вважався закінченим, коли риба досить легко відокремлювалася одна від одної поштучно і температура в центрі тіла риби та блоку складала мінус  $1^{\circ}\text{C}$ , що відповідає вимогам чинних технологічних інструкцій щодо обробки риби [3].

На якість розмороженої сировини істотно впливатиме рівномірність розподілу температурних полів по об'єму оброблюваних блоків риби. Тому вивчення температурних профілів у гідробіонтах, що піддають обробці, має першочергове значення. Вирішення цього завдання дозволить робити розрахунок питомої потужності та визначати частоту НВЧ-генерацій, установлювати тривалість процесу, а також прогнозувати рівномірність температури по об'єму продукту і швидкість його розморожування.

Однак визначення температурних профілів у продукті, який піддається розморожуванню, електрофізичні і теплофізичні характеристики якого є функцією температури, являє собою винятково складне завдання, що не має дотепер аналітичного розв'язання навіть на сучасних ЕОМ, особливо для гетерогенних біосистем.

У ході дослідження кінетики розморожування блоків скумбрії у повітряному середовищі, воді та полі НВЧ, отримано термограми процесу, подані на рисунку 2, що свідчать про істотний вплив способів розморожування на тривалість обробки і зміни температури за об'ємом, у центрі та поверхневих шарах блоків риби внаслідок принципових відмінностей традиційних способів і діелектричного розморожування.



1 – температура на поверхні риби за умови НВЧ-розморожування; 2 – температура всередині риби в разі НВЧ-розморожування; 3 – температура на поверхні риби за умови розморожування у воді; 4 – температура всередині риби в разі розморожування у воді; 5 – температура на поверхні риби за умови розморожування на повітрі; 6 – температура всередині риби в разі розморожування на повітрі.

Рисунок 2 – Термограма процесів розморожування блоків скумбрії



Отримані у мікрохвильовій установці термограми розподілу температур по глибині розморожених блоків свідчать про порівняно високий рівень рівномірності НВЧ-нагрівання по всьому об'єму блоків гідро біонтів, які обробляли.

Криві зміни температурних профілів за умови розморожування риби в різні періоди часу обробки ідентичні.

Про високий рівень рівномірності температурного поля по об'єму розморожених гідробіонтів свідчить і різниця температур на поверхні й у центрі блоків, рівень якої не перевищує 1,5-2,5°C.

Цей ефект обумовлений не тільки специфікою НВЧ-нагрівання, але й наявністю глазури на поверхні блоків риби, що виконує подвійну захисну функцію: виключення інтенсивного теплообміну поверхневих шарів продукту з навколишнім середовищем, його швидке нагрівання з охолодженням поверхні блоків риби, а також запобігання можливому виникненню зон локального перегріву в об'ємі продукту.

Аналіз отриманих даних дозволяє зробити висновок, що порівняно з розморожуванням блоків скумбрії у воді, де тривалість процесу складає відповідно 120 і 135 хв і на повітрі – 480 і 510 хв, розморожування риби у полі НВЧ дозволяє скоротити процес до 9,2 і 10,8 хв (у 12-13 і 47-52 рази відповідно) і мінімізувати різницю температур по об'єму блоків до 1,5-3°C порівняно з обробкою у воді (17°C) і на повітрі (13°C).

Якщо застосовують градієнтні способи розморожування процес підвищення температури в центрі блоку риби й товщі тіла риби від мінус 18°C до мінус 5°C відбувається до зони критичних температур інтенсивно внаслідок високої теплопровідності глазури і мороженого продукту та високого рівня теплового напору. На цьому етапі швидкість розморожування риби у воді складає  $5,4 \cdot 10^{-3}$  °C/c і  $6,2 \cdot 10^{-3}$  °C/c, на повітрі –  $1,27 \cdot 10^{-3}$  °C/c і  $1,35 \cdot 10^{-3}$  °C/c.

Тривалість процесу залежить від основного періоду фазового переходу льоду у воду в інтервалі від мінус 5°C до мінус 1°C.

На цей період припадає 68-72% загального часу розморожування. Це погоджується з даними інших досліджень [3].

В інтервалі критичних температур від мінус 5°C до мінус 1°C процес розморожування значно сповільнюється. Це можна пояснити зменшенням теплопровідності внаслідок створення на поверхні й у верхніх шарах блоку риби розмороженої зони, що істотно обмежує передачу теплового потоку до центра продукту та зменшує швидкість танення кристалів льоду.

У цей період темп розморожування салаки і тріски на повітрі складає відповідно  $2,1 \cdot 10^{-4}$  °C/c і  $2,0 \cdot 10^{-4}$  °C/c, у разі розморожування у воді –  $7,8 \cdot 10^{-4}$  °C/c і  $7,0 \cdot 10^{-4}$  °C/c.

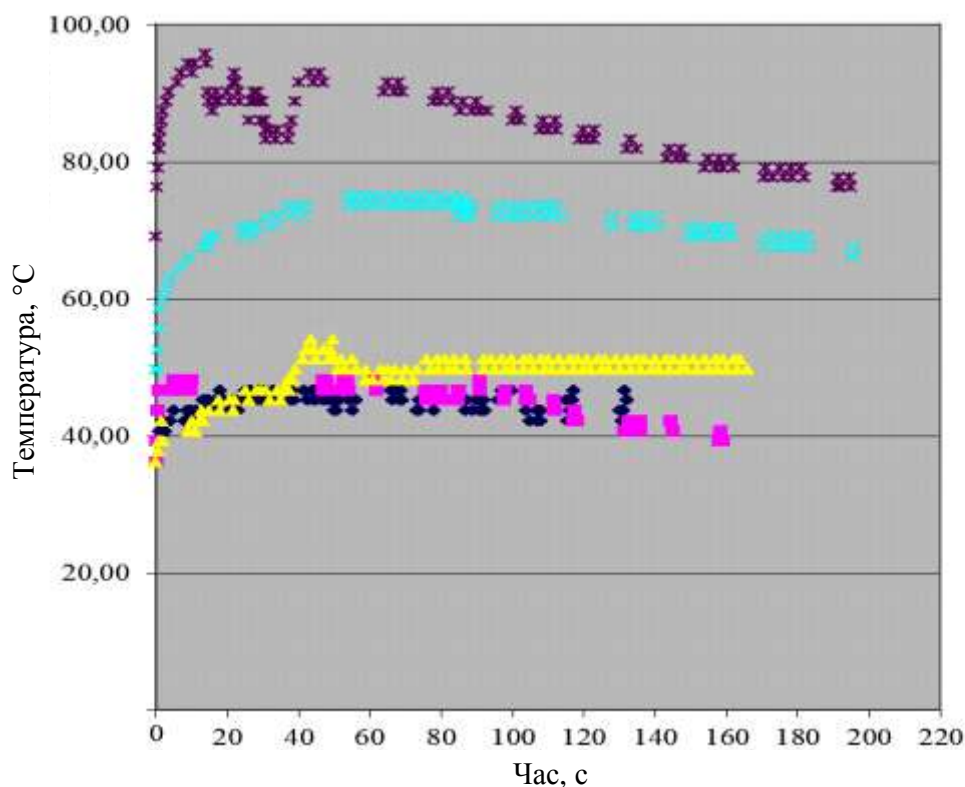
Застосування електромагнітного поля надвисокої частоти дозволяє розморожувати гідробіонти в зоні критичних температур (мінус 5... мінус 1 °C) з високою швидкістю, що забезпечує збереження якісних показників розмороженої риби та є принциповою відмінністю від традиційних способів обробки.

З метою дослідження часу перетворення електромагнітної енергії в теплоту в гідробіонтах були проведені експерименти з обробки риби «Зубатка» (кубик з розміром сторони 40 мм) у мікрохвильовій печі за встановленої потужності магнетрона 400 Вт.

Дані щодо зміни температури всередині риби наведено на рисунку 3.

З отриманих даних видно, що після відключення магнетрона деякий час температура зразка продовжує зростати ще протягом майже 1 хв, а в подальшому може коливатися близько одного значення чи поступово зменшуватись.

При цьому збільшення часу від 1 до 3 хв за наявності постійного початкового значення температури кубика риби (мінус 12°C) температуру зразка змінює не дуже суттєво.



◆ – 1 хвилина;    ■ – 2 хвилини;    ▲ – 3 хвилини;    ✕ – 4 хвилини;  
✱ – 5 хвилин.

Рисунок 3 – Зміна температури обробки кубиків «Зубатки» з розміром одного боку 40 мм

Більш значна зміна температури спостерігається, якщо вплив електромагнітного поля триває протягом 4 і 5 хв. Дуже цікавим, з позиції кінетики розморожування та подальшої обробки, є час від 30 до 50 с, у яких на діаграмі можна спостерігати декілька екстремумів. Останні можна пояснити переходом окремих кристалів льоду в об'ємі куска в рідину, що приводить до зміни температури на поверхні продукту.

**Висновки.** За умови застосування градієнтних способів розморожування наявність глазури на поверхні блоків риби збільшує тривалість процесу, у той час як тривалість розморожування риби НВЧ-нагріванням не залежить від глазури, яка обумовлює захисну функцію та сприяє збереженню якості оброблюваного продукту. Слід зазначити, що використання НВЧ-полів для розморожування гідробіонтів має базуватися на рекомендаціях технологічного процесу для кожного окремого виду продукції. Але зазвичай під час розморожування температура продукту не повинна підвищуватися вище 40°C, що вже на потужності 400 Вт в разі обробки протягом 3 хв може порушуватися, а отже, і режими мікрохвильової печі для дефростації необхідно визначати у меншому діапазоні.

Перспективами подальших досліджень у цьому напрямі є проведення більш детальних досліджень у промисловій установці А1-ФДВ.

#### Список літератури / References:

1. Деловая Украина: ежегодник [Электронный ресурс] // Справочники ПОЛПРЕД. – Т. 17-18. – М., 2008. – Режим доступа: <<http://www.cfo.polpred.ru/free/ukraine/book.pdf>>.



- Reference books (2008), "Yearbook "Business Ukraine", Vol. 17-18, available at: [www.cfo.polpred.ru/free/ukraina/book.pdf](http://www.cfo.polpred.ru/free/ukraina/book.pdf).
2. Секреты разморозки от Cabinplant [Электронный ресурс] // Новости рыболовства. – Режим доступа: <<http://www.fishnews.ru/mag/articles/7755>>. Fishnews (2009), "Secrets a defrost with Cabinplant", available at: [www.fishnews.ru/mag/articles/7755](http://www.fishnews.ru/mag/articles/7755).
  3. Воробьев В.В. Многофункциональная микроволновая техника для эффективной обработки гидробионтов / В.В. Воробьев // Технологическое оборудование для рыбной промышленности: Аналитическая и реферативная информация. – 2001. – Вып. 3. – С. 43-45.  
Vorobyev, V.V. (2001), "Multifunctional microwave technology for efficient processing hidrobionts", *Tekhnologicheskoye oborudovaniye dlia rybnoy promyshlennosti*, no. 3, pp. 43-45.

**Цель.** Целью статьи является обоснование технологических регламентов производства и изучение влияния СВЧ-обработки на качество размороженного сырья и выработанной из него готовой продукции, а также исследование времени релаксации электромагнитной волны в рыбном сырье.

**Методика.** Экспериментальные исследования выполнены с помощью метода планирования многофакторного эксперимента. Обработка и обобщение экспериментальных данных осуществлены статистическими методами с использованием информационных технологий.

**Результаты.** Проведен анализ методов обработки гидробионтов, которые применяют на рыбоперерабатывающих предприятиях, выполнены экспериментальные исследования по размораживанию блоков рыбы в СВЧ-поле и времени преобразования электромагнитной энергии в тепловую (время релаксации), проведен анализ полученных результатов.

**Научная новизна.** Установлено, что при размораживании рыбы в СВЧ-поле продолжительность процесса не зависит от наличия ледяного покрова (глазури) на поверхности, а время обработки не должно превышать 3 мин при мощности магнетрона 400 Вт.

**Практическая значимость.** Предложенные рекомендации позволяют установить более рациональные режимы дефростации рыбных продуктов, что, в свою очередь, приведет к уменьшению энергетических и материальных затрат на производстве.

**Ключевые слова:** дефростация, релаксация, температура, СВЧ-поле.

**Objective.** The purpose of the article is to substantiate the technological regulations of production and study of the microwave field influence on the quality the defrosting fish and finished products from it worked out, as well as study of time of relaxations of the electromagnetic wave in fish raw material.

**Methods.** Experimental studies were executed by means of method of the planning experiments with many factors. Processing and generalization of experimental data were realized by statistical methods with use of information technologies.

**Results.** Organized analysis of the methods of processing the fish products, which are used on enterprise on conversion of fish, are executed experimental studies of defrost of block of fish in the field of on radio frequency and time of the transformation of electromagnetic energy in heat (time to relaxations), is organized analysis of obtained results.

**Scientific novelty.** It was proved that during the process of defrosting fish in microwave-field, duration does not depend on presence of icy cover (glaze) on surfaces, and time of the processing should not exceed 3 min. at power of the magnetron 400 Vt.

**Practical value.** Proposed recommendations allow to install more rational modes of fish products defrost that will reduce expenses on energy and materials costs for production.

**Key words:** defrosting, relaxation, temperature, the microwave-field.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. Кравченко М.Ф. Дата надходження рукопису 31.05.2013 р.