

УДК 664.047(31)

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51467

## ОТРИМАННЯ ВИСОКОЯКІСНОЇ СИРОВИНИ З УДОСКОНАЛЕННЯМ ПРОЦЕСУ СУШКИ

Савченко-Перерва М. Ю., Радчук О. В., Гриньова Д. В., Болгова Н. В.

## ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО СЫРЬЯ С УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ПРОЦЕССА СУШКИ

Савченко-Перерва М. Ю., Радчук О. В., Гринёва Д. В., Болгова Н. В.

## RECEIVING HIGH-QUALITY RAW MATERIALS WITH IMPROVEMENT OF DRYING PROCESS

Savchenko-Pererva M., Radchuk O., Hrynova D., Bolgova N.

*В даній статті обговорюється використання найбільш ефективних і енергозберігаючих апаратів із зустрічними закрученими потоками після удосконалення в харчовій, фармацевтичній, хімічній, металургійній і будівельній промисловості і приводяться деякі результати авторських досліджень в цій області. Виявлено найбільший відсоток уловлення частинок найменшої фракції молока при використанні апарату із зустрічними закрученими потоками після удосконалення.*

**Ключові слова:** сушіння, молоко, уловлення, зустрічні закручені потоки, пиловловлююче обладнання.

*В данной статье обсуждается применение более эффективных и энергосберегающих аппаратов со встречными закрученными потоками после усовершенствования в пищевой, фармацевтической, химической, металлургической и строительной промышленности и приводятся некоторые результаты авторских исследований в этой области. Выявлено наибольший процент улавливания частичек наименьшей фракции молока при использовании аппарата со встречными закрученными потоками после усовершенствования.*

**Ключевые слова:** сушка, молоко, улавливание, встречные закрученные потоки, пылеулавливающее оборудование.

### 1. Вступ

Молоко – це перша їжа людини при її народженні. Воно забезпечує організм людини всіма необхідними нутрієнтами. В умовах сучасності людина повинна вживати три різні молочні продукти щодня. Молочна промисловість забезпечує населення України такими цінними продуктами, як молоко, сир, сметана, кисломолочні напої. За останні роки підвищилась ціна на закупівельне молоко від населення, тому його надходження на переробні підприємства

збільшилось на 27,8 %. Відповідно для якісної переробки сировини для отримання молочних продуктів потрібне якісне обладнання, яке має більшу продуктивність, менші втрати і енергоємність [1].

Сухі молочні вироби мають переваги перед рідинними в більшому терміні зберігання та знижених витратах на транспортування і зберігання. Найбільшим поширеним методом сушіння молока є використання розпилювальних сушарок. Основним недоліком цих сушарок є полідисперсність розпилювальної рідини і, як результат – значні об'єми сушильних камер. Придбання їх під силу тільки потужним підприємствам. Перехід на ринкові відносини потребує участі у конкуренції дрібних та середніх підприємств. Але для цього знадобиться розробка сушарок малих об'ємів з прийнятними для малих підприємств цінами. Цим обґрунтовується актуальність проведених досліджень.

## **2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

Сучасні молокопереробні підприємства України використовують різне обладнання для сушки молока. Найбільш розповсюджене – розпилювальні сушарки, в яких використовують дискові розпилювачі згущеного молока. При такому способі сушки молока час перебування матеріалу безпосередньо в камері дорівнює від 5 до 30 секунд. Цей час залежить від способу вивантаження готового продукту із башти. В таких сушарках використовують повітря в якості сушильного агенту. При цьому повітря нагрівають до температури 140-1800 °C [2].

Сушка молока методом розпилювання складається із двох етапів. Перший етап – попередня обробка, молоко згущують. При цьому доводять рівень вмісту твердих речовин до 45-55 %. Другий етап – остаточна сушка концентрату в сушильній башті. При цьому процес сушки має три стадії. На першій стадії розпилюють концентрат на дрібні краплі. На другій стадії розпилений концентрат попадає в потік нагрітого повітря, де відбувається процес швидкого випаровування вологи. На третьому етапі проводять відділення повітря і часток висушеного молока. При такому способі сушки складові висушеного продукту практично не змінюються. Це відбувається внаслідок знаходження продукту в обезводнювальній зоні короткої час. При такому способі виготовлення, розчинність сухого молока складає 95-99 %.

Є й інші способи сушки молока. До них можна віднести вальцовий спосіб і сублімаційний спосіб. Способи сушки молока впливають на розчинність готового продукту у воді. При використанні вальцевого способу, час контакту молока з нагрітою поверхнею складає від 10 до 12 секунд, при цьому поверхня вальців нагрівається до 120 °C. Фізико-хімічні показники продукту значно змінюються, відбувається денатурація білків. Такий продукт має розчинність від 70 до 85 %, кремовий колір і високу гігроскопічність. При сублімаційному способі сушіння молока готовий продукт має високі споживчі властивості і фізико-хімічні показники [2].

Останнім часом процес сушіння відбувається в розпилювальних сушарках, випуск яких та використання в останній період різко збільшується. Значний

прогрес використання таких сушарок досягнутий у Датському виробництві молока [3].

### 3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єкт дослідження – процес сушіння молока.

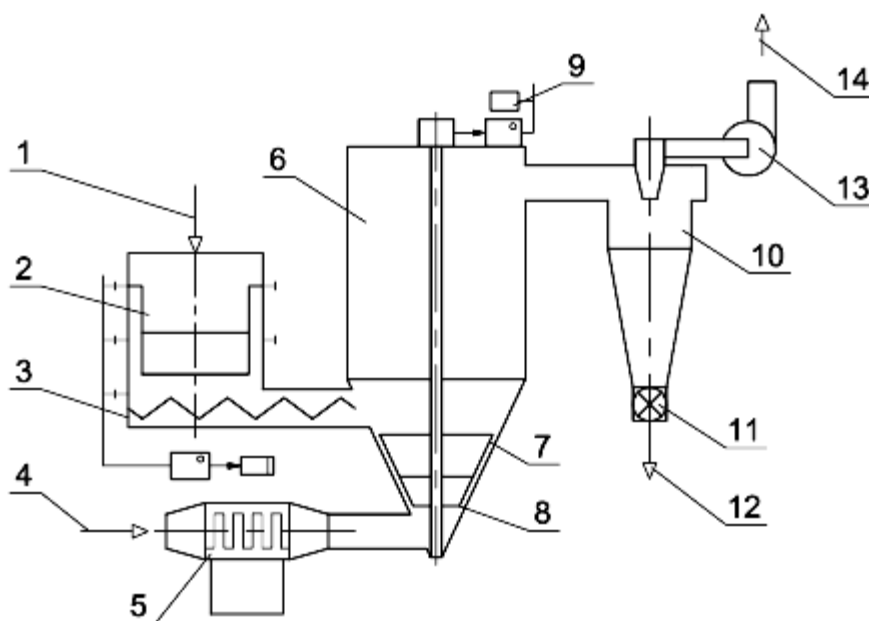
Метою проведених досліджень було визначення оптимальних конструкцій пиловловлювачів для збільшення продуктивності процесу сушіння.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні основні задачі:

1. Аналіз процесу сушіння молока при різних конструкціях допоміжного пиловловлюючого обладнання.
2. Проведення досліджень з більш високоефективним пиловловлювачем.

### 4. Результати досліджень конструкції та роботи апаратів з зустрічними закрученими потоками

Перехід на ринкові відносини потребує участі у конкуренції дрібних та середніх підприємств, але для цього потребується розробка більш досконалих сушарок менших об'ємів з прийнятними цінами. Значних інтенсивностей іноді можна досягти при підвищенні концентрації висушуваних розчинів. Такий метод використаний в конструкції датської фірми "Ангідро" під назвою "Спін Флаш" [4]. В них шматковий або пастоподібний матеріал одною операцією перетворюється в порошковий продукт (рис. 1).

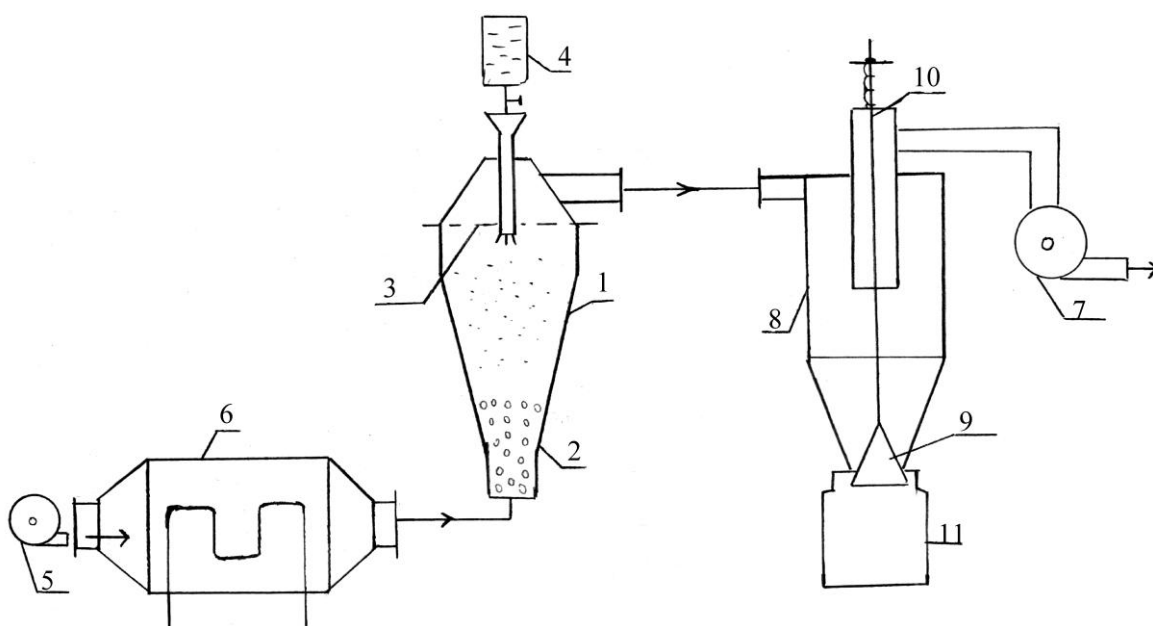


**Рис. 1.** Сушильна установка "Спін Флаш": 1 – подача продукту на сушку; 2 – живильний бак; 3 – гвинтовий конвейер; 4 – впуск повітря; 5 – нагрівач повітря; 6 – камера сушильна; 7 – пристрій для змішування; 8 – диск; 9 – привід зі зміною швидкостей; 10 – циклонний пилоуловлювач; 11 – клапан; 12 – подача на упаковку; 13 – вентилятор; 14 – вихід у атмосферу

Обробляємий матеріал 1 подається в сушильну камеру 6 із живильного баку 2 за допомогою гвинтового дозатора 3. Повітря, нагріте в калорифері 5,

зменшується з вологим продуктом в сушильній камері 6, утворюючи вихоровий псевдозріджений шар і, по мірі того, як матеріал під дією теплоносія та мішалок 7, 8 з приводом 9 перетворюються в сухий порошок, він прямує із сушарної камери 6 в циклонний пилоуловлювач 10, де продукт виділяється із повітря і вивантажується через клапан 11 на упаковку в мішки. Відновлене повітря вентилятором 13 викидається в атмосферу 14.

Аналіз новітніх технологій показує можливість значної інтенсифікації процесу при використанні псевдозрідженого шару [5]. Відносно молочних виробів, найбільш прийнятними є сушарки з псевдозрідженим шаром інертного носія [6], одна з яких змонтована у лабораторії № 111 в СНАУ і представлена на рис. 2. В ній сушіння відбувається на поверхні інертного носія, наприклад, сталевих, або скляних частинок розміром 4-10 мм.



**Рис. 2.** Лабораторна сушарка з псевдозрідженим шаром: 1 – сушильна камера; 2 – інертний носій; 3 – відбійна сітка; 4 – дозатор; 5, 7 – нагнітальний та всмоктуючий вентилятор; 6 – колорифер; 8 – циклон; 9 – затвор; 10 – шток; 11 – збірник продукту

Процес сушіння здійснюється так : молоко, або молочна суміш подається у вигляді краплин із ємкості 4 в сушильну камеру 1, де рідинне молоко напливається на поверхні інертного носія 2. Під дією нагрітого повітря фторопластова крихта знаходиться в стані псевдозрідженого (фонтануючого) шару, в якому частинки інтенсивно рухаються відносно повітря і між собою. Молоко, у вигляді плівки на поверхні частинок носія, швидко висихає і стирається з поверхні, а далі виноситься в частково охолодженому повітрі в циклон 8.

Для збереження сухого молока в охолодженому стані, необхідно відокремити його від нагрітого повітря за допомогою клапанного затвору 9, зсипаючись в збірник продукту 11; збірник продукту має об'єм 0,5 л.

Відпрацьоване повітря за допомогою вентилятора 7 направляється в атмосферу. Сухе молоко представляє собою порошок з розміром частинок від 10 до 100 мкм, який не потрібно в подальшому розмелювати [6].

Температура повітря перед камерою (на вході) складає від 90 до 110 °С. На виході, як результат випаровування вологи, вона знижується до 50-70 °С. Вологість сухого молока складає від 0,2 до 0,7 %, що вказує на деяку можливість зменшення температури на виході з камери. Показники всіх зразків сухого молока по розчинності відповідають вимогам [7] (до 3÷4 %). Енергетичні показники, найвищі при сушінні молока знежиреного до 0,5 %, перед сушінням упарювалось приблизно наполовину. Показники по питомій продуктивності значно вищі, ніж в розпилювальних сушарках. Але показник втрат тепла майже в 10 раз вище теоретичних, тому в подальшому, крім показників якості сухого молока, треба добиватися зниження теплових втрат. Це можна досягти за рахунок інтенсифікації руху частинок інертного носія, установкою з більш потужними вентиляторами.

Для того, щоб отримати майже стовідсотковий вихід високоякісної сировини, потрібно врахувати всі етапи проходження продукту під час процесу сушки. Отримання найменшої фракції сухих частинок продукту забезпечить використання новітніх удосконалених апаратів із зустрічними закрученими потоками замість циклонних пиловловлювачів – найменша фракція вловлених частинок діаметром 1,997 мкм АЗЗП після удосконалення з одним конусом, замість 5 мкм у циклона [8]. Поряд з високою продуктивністю технологічного процесу апарати із зустрічними закрученими потоками мають найменші гідравлічні втрати [9, 10], а це свідчить про високу енергозберігаючу здатність, що має важливе значення на сьогоднішній день.

## **5. Висновки**

Результати досліджень показали, що сучасне обладнання молочної промисловості та харчової промисловості в цілому знаходиться на етапі вдосконалення та розвитку.

Аналіз новітніх технологій показує можливість значної інтенсифікації процесу, збільшення його продуктивності та поліпшення автоматизації за рахунок змін апаратурного забезпечення технологічного процесу. Водночас покращується якість продукту, його вихід та суттєво зменшуються енерговитрати установок.

## **Література**

1. Чагин, О. В. Оборудование для сушки пищевых продуктов [Текст] / О. В. Чагин, Н. Р. Кокина, В. В. Пастин. – Иваново: Иван. хим.-технол. ун-т, 2007. – 138 с.
2. Гришин, Г. А. Установки для сушки пищевых продуктов [Текст]: справочник / Г. А. Гришин, Ю. Г. Семёнов. – М.: Агропромиздат, 1984. – 215 с.
3. Kragh, O. E. Неделя датской техники в Москве [Текст] / O. E. Kragh. – APVanhydro A/S, 1984.

4. Якуба, О. Р. Інтенсифікація процесу сушіння харчових продуктів [Текст] / О. Р. Якуба, М. Ю. Савченко // Вісник СНАУ. Серія тваринництво. – 2006. – № 10. – С. 140–144.
5. Савченко-Перерва, М. Ю. Інтенсифікація процесу сушіння молочних продуктів [Текст] / М. Ю. Савченко-Перерва, А. Р. Якуба // Наукові праці. Серія: Технічні науки. – 2012. – Т. 2, Вип. 41. – С. 157–160.
6. Тодес, О. М. Аппараты с кипящим зернистым слоем [Текст] / О. М. Тодес, О. Б. Цитович. – М.: Химия, 1981. – 296 с.
7. ГОСТ 4495-75. Технические условия. Молоко коровье цельное сухое [Текст]. – Действ. от 1988-09-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 6 с.
8. Савченко-Перерва, М. Ю. Підвищення ефективності апаратів із зустрічними закрученими потоками для харчової промисловості [Текст] / М. Ю. Савченко-Перерва, О. Р. Якуба // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – № 3/10 (75). – С. 43–48. doi:[10.15587/1729-4061.2015.43785](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.43785)
9. Yakuba, A. The investigation and Working out of drop- and dust catchers for compressor station [Text] / A. Yakuba, S. Sabadash, M. Savchenko // International Conference on Compressors and their Systems. – London: Institution of mechanical engineers, City University, 2009. – P. 421–431.
10. Konoplyanchenko, E. Rational syntheses of technological processes of assembly [Text] / E. Konoplyanchenko, N. Zakharov, O. Radchuk, V. Yaremenko // Technical Papers of ISA: Integrated Manufacturing Solutions Real-Time Manufacturing Strategies. – 2002. – Vol. 432. – P. 109–118.

## References

1. Chagin, O. V., Kokina, N. R., Pastin, V. V. (2007). *Oborudovanie dlia sushki pishchevyh produktov*. Ivanovo: Ivan. him.-tehnol. un-t, 138.
2. Grishin, G. A., Semionov, Yu. G. (1984). *Ustanovki dlia sushki pishchevyh produktov*. Moscow: Agropromizdat, 215.
3. Kragh, O. E. (1984). *Nedelia datskoi tehniki v Moskve*. APVanhydro A/S.
4. Yakuba, O. R., Savchenko, M. Yu. (2006). Intensyfikatsiia protsesu sushinnia kharchovykh produktiv. *Visnyk SNAU. Seriiia tvarynnytstvo*, 10, 140–144.
5. Savchenko-Pererva, M. Yu., Yakuba, A. R. (2012). Intensyfikatsiia protsesu sushinnia molochnykh produktiv. *Naukovi pratsi. Seriiia: Tekhnichni nauky*, 2 (41), 157–160.
6. Todes, O. M., Tsitovich, O. B. (1981). *Apparaty s kipiashchim zernistym sloem*. Moscow: Himiia, 296.
7. *GOST 4495-75. Tehnicheskie usloviia. Moloko korov'e tsel'noe suhoe*. (2008). Appl. 1988-09-01. Moscow: Standartinform, 6.
8. Savchenko-Pererva, M., Yakuba, O. (2015). Improving the efficiency of the apparatus with counter swirling flows for the food industry. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*, 3(10(75)), 43–48. doi:[10.15587/1729-4061.2015.43785](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.43785)
9. Yakuba, A., Sabadash, S., Savchenko, M. (2009). The investigation and Working out of drop- and dust catchers for compressor station. *International*

*Conference on Compressors and their Systems*. London: Institution of mechanical engineers, City University, 421–431.

10. Konoplyanchenko, E., Zakharov, N., Radchuk, O., Yaremenko, V. (2002). Rational syntheses of technological processes of assembly. *Technical Papers of ISA: Integrated Manufacturing Solutions Real-Time Manufacturing Strategies*, Vol. 432, 109–118.

*This article discusses the use of more effective and energy saving apparatus with counter-current swirling flows after the perfection in food, pharmaceutical, chemical, metallurgical and construction industries and gives the examples of some results of our research in this area.*

*The main purpose of the research is to determine the optimal designs of dust collectors to increase the productivity of drying process.*

*The use of the apparatus with counter-current swirling flows after the improvements in technological process of drying allows to increase the productivity of technological process, to improve the collection efficiency of the smallest fractions of the solid particles of milk, to reduce the hydraulic resistance of the apparatus and its geometrical dimensions.*

*While analysing the obtained results with the use of different designs of dust collecting equipment the most optimum design for carrying out this technological process was determined.*

*The research results can be applied by the process engineers involved in the field of food industry as well as construction, chemical, pharmaceutical and metallurgical ones.*

*We propose to introduce more efficient energy-saving apparatus with counter-current swirling flows for the technological process of food drying.*

**Keywords:** *drying, milk, collection, counter-current swirling flows, dust collection equipment.*

### **Савченко-Перерва Марина Юрївна**

Старший викладач

Кафедра інженерних технологій харчових виробництв

Сумський національний аграрний університет

вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40021

Контактний тел. : 099-383-43-98

E-mail: [marina.saw4encko2011@yandex.ua](mailto:marina.saw4encko2011@yandex.ua)

Номер ORCID: [http:// orcid.org/ 0000-0001-8813-9303](http://orcid.org/0000-0001-8813-9303)

### **Радчук Олег Володимирович**

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра інженерних технологій харчових виробництв

Сумський національний аграрний університет

вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40021

Контактний телефон: 050-161-9669

E-mail: [radchuk\\_i@i.ua](mailto:radchuk_i@i.ua)

(логин: radchuk\_@i.ua; пароль: Radchuk1234567890)  
<http://orcid.org/0000-0002-8228-2499>

**Гриньова Дар'я Володимирівна**

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Кафедра технології молока і м'яса  
Сумський національний аграрний університет  
вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40021  
Контактний телефон: 050-100-8363  
E-mail: [grineva\\_dv@mail.ru](mailto:grineva_dv@mail.ru)  
(логин: grineva\_dv@mail.ru; пароль: Hrynova1234567890)  
<http://orcid.org/0000-0001-8524-6736>

**Болгова Наталія Вікторівна**

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Кафедра технології молока і м'яса  
Сумський національний аграрний університет  
вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40021  
Контактний телефон: 097-291-8871  
E-mail: [bolgova\\_1981@mail.ru](mailto:bolgova_1981@mail.ru)  
(логин: bolgova\_1981@mail.ru; пароль: Volgova1234567890)  
<http://orcid.org/0000-0002-0201-0769>

**Савченко-Перерва Марина Юрьевна**

Старший преподаватель  
Кафедра инженерных технологий пищевых производств  
Сумский национальный аграрный университет  
ул. Герасима Кондратьєва, 160, г. Сумы, Украина, 40021  
Контактный тел. : 099-383-43-98  
E-mail: [marina.saw4encko2011@yandex.ua](mailto:marina.saw4encko2011@yandex.ua)

**Радчук Олег Владимирович**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра инженерных технологий пищевых производств  
Сумский национальный аграрный университет  
ул. Герасима Кондратьєва, 160, г. Сумы, Украина, 40021  
Контактный телефон: 050-161-9669  
E-mail: [radchuk\\_@i.ua](mailto:radchuk_@i.ua)  
<http://orcid.org/0000-0002-8228-2499>

**Гринёва Дарья Владимировна**

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Кафедра технологии молока и мяса  
Сумский национальный аграрный университет  
ул. Герасима Кондратьєва, 160, г. Сумы, Украина, 40021



Контактный телефон: 050-100-8363  
E-mail: [grineva\\_dv@mail.ru](mailto:grineva_dv@mail.ru)  
<http://orcid.org/0000-0001-8524-6736>

**Болгова Наталья Викторовна**

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Кафедра технологии молока и мяса  
Сумський національний аграрний університет  
ул. Герасима Кондратьева, 160, г. Сумы, Украина, 40021  
Контактный телефон: 097-291-8871  
E-mail: [bolgova\\_1981@mail.ru](mailto:bolgova_1981@mail.ru)  
<http://orcid.org/0000-0002-0201-0769>

**Savchenko-Pererva Maryna**

Senior Lecturer  
Department of Engineering Technology of Food Production  
Sumy National Agrarian University  
160, Gerasyma Kondratyeva st., Sumy, Ukraine, 40021  
Contact tel.: 099-383-43-98  
E-mail: [marina.saw4encko2011@yandex.ua](mailto:marina.saw4encko2011@yandex.ua)

**Radchuk Oleg**

Candidate of Engineering, Lecturer  
Department of Engineering Technology of Food Production  
Sumy National Agrarian University  
160, Gerasyma Kondratyeva st., Sumy, Ukraine, 40021  
Contact tel.: 050-161-9669  
E-mail: [radchuk\\_i.ua](mailto:radchuk_i.ua)  
<http://orcid.org/0000-0002-8228-2499>

**Hrynova Daria**

Candidate of Agricultural Science, Lecturer  
Department of Milk and Meat Technology  
Sumy National Agrarian University  
160, Gerasyma Kondratyeva st., Sumy, Ukraine, 40021  
Contact tel.: 050-100-8363  
E-mail: [grineva\\_dv@mail.ru](mailto:grineva_dv@mail.ru)  
<http://orcid.org/0000-0001-8524-6736>

**Bolgova Natalia**

Candidate of Agricultural Science, Lecturer  
Department of Milk and Meat Technology  
Sumy National Agrarian University  
160, Gerasyma Kondratyeva st., Sumy, Ukraine, 40021  
Contact tel.: 097-291-8871

E-mail: [bolgova\\_1981@mail.ru](mailto:bolgova_1981@mail.ru)  
<http://orcid.org/0000-0002-0201-0769>