

MPHTI: 65.13.19

<https://doi.org/10.48184/2304-568X-2025-1-5-11>

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КУРТА

Е.М. АГЗАМ *, Р.К. КУСАИНОВ , А.К. КАКИМОВ ,
А.Е. ЕРЕНГАЛИЕВ , Н.К. ИБРАГИМОВ 

(НАО «Университет имени Шакарима города Семей»
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А)
Электронная почта автора-корреспондента: ektu2009@gmail.com*

Обеспечение равномерной сушки продуктов является ключевым аспектом для достижения однородного качества конечной продукции. В данном исследовании рассматривается процесс получения первичных данных теплофизических параметров в рабочей зоне конвективной сушильной установки для курта. Анализ теплопередачи, влажности и температурных режимов позволит в дальнейшем определить оптимальные условия сушки, что приведет к сокращению времени производства, эффективно контролировать технологический процесс и повышению качества продукции. Целью работы является сбор первичных сведений измерением и исследованием теплофизических параметров с использованием датчиков DHT22, соединенных с контроллером Arduino Nano. В результате установки десяти датчиков была собрана информация о температуре и влажности, что подтвердило стабильную работу системы измерения и сушильной установки курта в целом. Полученные данные показали отклонение в уровне влажности на 1-2% и диапазон температур от 45 до 74 °С. Наблюдаемые различия объясняются неравномерным распределением теплоносителя, что можно улучшить с помощью каскадов и жалюзи. Результаты исследования имеют практическую значимость для предприятий, занимающихся производством куртов, других пищевых продуктов, и могут способствовать оптимизации технологического процесса сушки, что важно для повышения конкурентоспособности на рынке.

Ключевые слова: курт, сушильная установка, кисломолочные продукты, развитие малого и среднего бизнеса, сушильное оборудование, производство курта, сушка пищевых продуктов, измерение температуры и влажности курта.

ҚҰРТ КЕПТІРУ ҚОНДЫРҒЫНЫҢ ЖҰМЫС АЙМАҒЫНДАҒЫ ТЕРМОФИЗИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ӨЛШЕУ

Е.М. АҒЗАМ*, Р.Қ. ҚҰСАЙЫНОВ, А.Қ. КӘКІМОВ,
А.Е. ЕРЕНҒАЛИЕВ, Н.Қ. ИБРАГИМОВ

(ҰАО «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті»
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка көш., 20А)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: ektu2009@gmail.com*

Өнімдердің біркелкі кептірілуін қамтамасыз ету соңғы өнімнің біркелкі сапасына қол жеткізудің негізгі аспектісі болып табылады. Бұл зерттеу құртқа арналған конвективтік кептіру қондырғысының жұмыс аймағындағы термофизикалық параметрлердің бастапқы деректерін алу процесін зерттейді. Жылу беру, ылғалдылық және температуралық жағдайларды талдау одан әрі оңтайлы кептіру жағдайларын анықтайды, бұл өндіріс уақытын қысқартуға, технологиялық процесті тиімді бақылауға және өнім сапасын жақсартуға алып келеді. Жұмыстың мақсаты Arduino Nano контроллеріне қосылған DHT22 сенсорларының көмегімен жылу және физикалық параметрлерді өлшеу және зерттеу арқылы бастапқы ақпаратты жинау болып табылады. Он датчикті орнату нәтижесінде температура мен ылғалдылық туралы ақпарат жиналды, бұл өлшеу жүйесінің және тұтастай алғанда құртты кептіру қондырғысының тұрақты жұмысын растады. Алынған деректер ылғалдылық деңгейінің 1-2% ауытқуын және 45-тен 74 °

С-қа дейінгі температура диапазонын көрсетті. Байқалған айырмашылықтар салқындатқыштың біркелкі емес таралуымен түсіндіріледі, оны каскадтар мен жалюзилердің көмегімен жақсартуға болады. Зерттеу нәтижелері құрт және басқа да азық-түлік өнімдерін өндірумен айналысатын кәсіпорындар үшін практикалық маңызды болып табылады және нарықтағы бәсекеге қабілеттілікті арттыру үшін маңызды болып табылатын кептіру процесін оңтайландыруға көмектеседі.

Негізгі сөздер: құрт, кептіру цехы, ашытылған сүт өнімдері, шағын және орта бизнесті дамыту, кептіру жабдықтары, құрт өндіру, азық-түлік өнімдерін кептіру, құрттың температурасы мен ылғалдылығын өлшеу.

MEASUREMENT OF THERMOPHYSICAL PARAMETERS OF THE WORKING ZONE OF A DRYING EQUIPMENT FOR KURT

E.M. AGZAM*, R.K. KUSAINOV, A.K. KAKIMOV,
A.E. ERENGALIYEV, N.K. IBRAGIMOV

(NAO "Semey University named after Shakarim"
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20A)

Corresponding author's e-mail: ektu2009@gmail.com*

Ensuring uniform drying of products is a key aspect for achieving uniform quality of the final product. This study examines the process of obtaining primary data on thermophysical parameters in the working zone of a convective drying equipment for kurt. The analysis of heat transfer, humidity and temperature conditions will allow to determine the optimal drying conditions in the future, which will lead to a reduction in production time, effective control of the technological process and an increase in product quality. The aim of the work is to collect primary data by measuring and studying thermal and physical parameters using DHT22 sensors connected to an Arduino Nano controller. As a result of installing ten sensors, information on temperature and humidity was collected, which confirmed the stable operation of the measuring system and the kurt drying equipment as a whole. The obtained data showed a deviation in the humidity level by 1-2% and a temperature range from 45 to 74 °C. The observed differences are explained by the uneven distribution of the coolant, which can be improved by using cascades and blinds. The results of the study are of practical importance for enterprises engaged in the production of kurts and other food products, and can contribute to the optimization of the drying process, which is important for increasing competitiveness in the market.

Keywords: kurt, drying unit, fermented milk products, development of small and medium businesses, drying equipment, production of kurt, drying of food products, measurement of temperature and humidity of kurt.

Введение

Обеспечение равномерной сушки производимой партии продуктов является важной частью обеспечения единообразного качества сушки продукции [1]. В настоящее время существует вопрос в получении первичных данных [2] и общей картины происходящего в рабочей зоне конвективной [3,4] сушильной установки курта [4,5,6] для испытания [7] сушильной установки курта и в дальнейшем построение кинетики процесса сушки рабочей камеры.

Измерение и исследование теплофизических параметров [2] в процессе сушки куртов имеет стратегическое значение для нахождения оптимального процесса и повышения его эффективности. Анализ теплопередачи, влажности и температурных режимов в рабочей зоне сушильной установки позволяет определить оптимальные условия сушки [8], что способствует сокращению времени производства,

повышению качества конечного продукта и улучшению энергоэффективности процесса.

Целью данного исследования является получение первичных данных теплофизических параметров внутри сушильной установки с помощью контрольно-измерительных приборов. Для достижения этой цели были сформулированы следующие задачи [2,9]:

1. Выбор подходящих контрольно-измерительных и регистрирующих приборов для достижения поставленных целей.

2. Установка и наладка системы измерения теплофизических параметров в сушильной установке для курта.

3. Получение первичных теплофизических параметров рабочей зоны сушильной установки.

4. Сбор и анализ первичных данных теплофизических параметров рабочей зоны сушильной установки.

Данное исследование представляет практическую значимость для предприятий и предпринимателей, занимающихся производством куртов, и способствует своевременному и качественному контролю хода технологического процесса [2], определению оптимального режима работы сушильной установки и исследованию процесса сушки не только куртов, но и других пищевых продуктов.

Материалы и методы исследований

Для измерения и контроля температуры и влажности воздуха были использованы датчики

DHT22 (AM2303) [10,11,12], как показано на рисунке 1а. Сигнал с этих датчиков считывался контроллером, который представлял собой плату Arduino Nano 3.0 [12,13,14]. Микроконтроллер ATmega328, изображенный на рисунке 1б, DHT22 включает в себя два датчика в одном корпусе и выдает цифровой сигнал. Эти датчики поставляются с заводской калибровкой. В таблице 1 показаны характеристики датчика температуры и влажности DHT22.



Рисунок 1. Установка и распиновка датчика DHT22 (а) и контроллера Arduino Nano 3.0 (ATmega328) (б)

Таблица 1. Характеристики датчика температуры и влажности DHT22 (AM2302)

Напряжение питания:	3 .. 6 В
Диапазон измерения влажности:	0 .. 100%
Диапазон измерения температуры: -	40°C ..+120°C (-40°C ..+80°C)
Погрешность измерений влажности:	1%
Погрешность измерений температуры:	0.5°C
Шаг измерения влажности:	0.1%
Шаг измерения температуры:	0.1 °C
Период измерений:	1 сек.
Размеры:	25.1 x 15.1 x 7.7 мм
Вес:	2,2 гр.

Всего было использовано 10 датчиков, размещенных вдоль периметра рабочей зоны сушильной установки. Расположение датчиков показано на рисунке 2. Датчики DHT22 были закреплены на корпусе сушильной установки при помощи болтовых соединений М3, а

контроллер был установлен внутри защитной коробки снаружи корпуса. Для подключения датчиков к контроллеру использовались провода ШТЛП 3х0,4 мм², которые были зафиксированы на стенках корпуса с помощью держателей проводов.



Рисунок 2. Схема расположения датчиков и распределительной коробки

При подключении датчиков DHT22 к контроллеру использованы подтягивающие резисторы номиналом 10 кОм, которые служат

для защиты датчика от электромагнитной наводки. На рисунке 3 показана схема соединения датчиков DHT22 с контроллером.

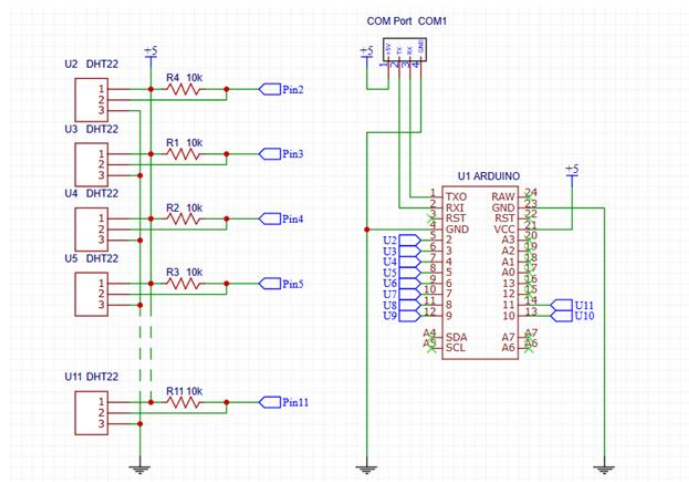


Рисунок 3. Принципиальная электрическая схема системы измерения температуры и влажности рабочей зоны сушильной установки.

Для контроллера было разработано программное обеспечение, позволяющее считывать и собирать данные с датчиков, а затем передавать их через интерфейс UART на компьютер с использованием USB кабеля. Значения влажности и температуры снимались с каждого датчика с периодичностью 10 секунд. Для чтения и отображения полученных данных от датчиков на компьютере использовалось программное обеспечение Terminal 1.9b[15]. Измеренные значения температуры и влажности, а также время, сохранялись в текстовом файле с расширением txt.

Результаты и их обсуждение

Из анализа графиков температуры и влажности воздуха следует, что все датчики работают стабильно и надежно. На временных графиках видно, что кривые температуры и влажности не имеют резких колебаний или отклонений, что свидетельствует о высокой точности и надежности измерений. Датчики показывают согласованные результаты, что указывает на их правильную калибровку.

Однако сравнение показаний различных датчиков выявило некоторые расхождения в значениях температуры и влажности, но не в форме их линий, что подчеркивает надежность и правильную настройку всех устройств.

Данные датчика №7 показывают небольшое отклонение в уровне влажности от других датчиков – примерно на 1-2%, в то время как у других датчиков это показание составляет 0%, что является отличным результатом для сушильной установки. Что касается температуры, наблюдаются следующие различия: датчики №3 и №4 показывают значения от 72 до 74°C, датчики №2, №6, №9 и №11 – от 60 до 70°C, а датчики №5, №8 и №10 – от 55 до 60°C. Самое низкое значение у датчика №7 – 45°C.

Эти различия объясняются особенностями работы конвективной сушильной установки, где нагретый воздух, выполняя роль одновременно теплоносителя и влагопоглотителя, переносится от входного отверстия к выходной решетке под действием вентиляторов. Важным результатом данной работы является выявление и возможность в дальнейших исследованиях корректировки неравномерного распределения температуры в рабочей камере сушильной установки. Обеспечение равномерного распределения горячего воздуха по всему периметру корректируется с использованием каскадов, жалюзи и зонтов в рабочей камере сушильной установки.

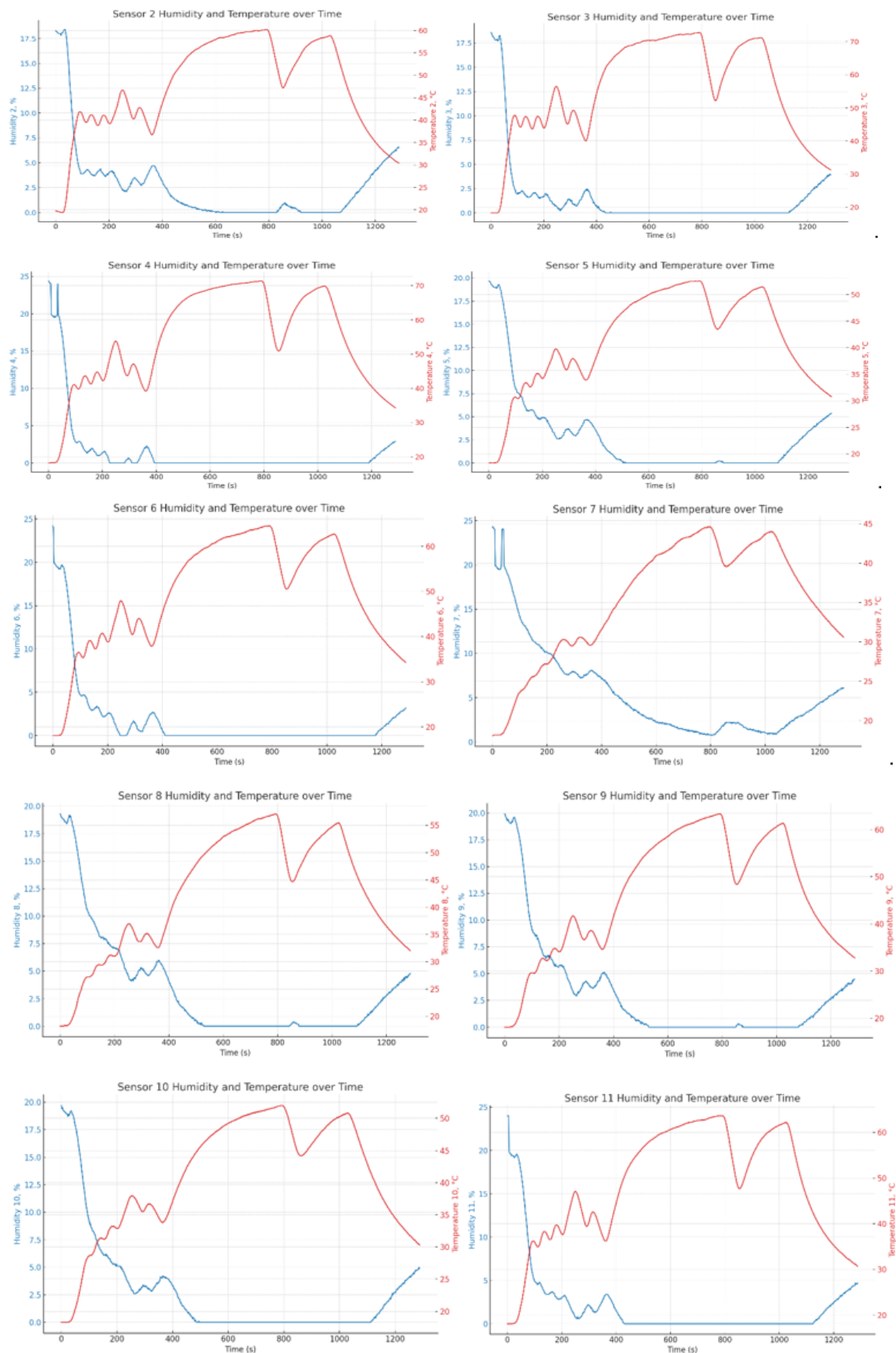


Рисунок 4. Принципиальная электрическая схема системы измерения температуры и влажности рабочей зоны сушильной установки

Заклучение, выводы

Результаты работы показали, что датчики температуры и влажности работают стабильно и предоставляют надежные данные, которые могут быть использованы для последующих исследований и анализа. Все полученные данные свидетельствуют о высоком качестве измерений и подтверждают, что оборудование имеет хорошую работоспособность и соответствует основным требованиям конструирования установок пищевых производств [10]. Отклонение уровня влажности от других датчиков составляет 1-2%. Максимальная температура внутри рабочей камеры достигла 74 °С, а минимальная – 45 °С. Это объясняется неравномерным распределением теплоносителя в рабочей зоне, что можно в дальнейшем устранить, установив внутри сушильной камеры каскады, жалюзи и зонты. Полученные первичные данные представляют собой важный ресурс для дальнейших научных исследований и анализа. Их изучение позволило составить общее представление о работе рабочей зоны сушильной установки курта, что, безусловно, поможет в будущем определить наиболее эффективные режимы её работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968.- 472с.
2. Куприянов Б.В. Технологические измерения и КИП в пищевой промышленности –М.: Пищевая промышленность,1977 - 276с.
3. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность,1973.-527 с.
4. Ағзам Е.М., Какимов А.К., Еренғалиев А.Е., Ибрагимов Н.К., Лобасенко Б.А. Выбор оптимального оборудования при сушке курта. //Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. 2024;1(2(14)):66-73. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2\(14\)-9](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2(14)-9)
5. Ағзам Е.М., Какимов А.К., Еренғалиев А.Е., Ибрагимов Н.К., Разработка сушильной установки для производства курта. //Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. 2024;1(3(15)):104-110. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-16](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-16).
6. Жакупбекова Ш.К., Калибеккызы Ж., Майжанова А.О., Кырыкбаева Ш.Т., Бейсембаева А.Х. Исследование пищевой безопасности национального продукта «курт», вырабатываемого на предприятиях Восточно-Казахстанской области. //Вестник Алматинского технологического университета. 2022;(4):146-152. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-4-146-152>

7. Соколов В.И. Основы расчёта и конструирования машин и аппаратов пищевых производств. – М.: Колос, 1992.- 396с.

8. Гинзбург А.С. Технология сушки пищевых продуктов – М.: Пищевая промышленность,1977 - 247с

9. Федоров В.Г., Плесконос А.К., Планирование и реализация экспериментов в пищевой промышленности – М.: Пищевая промышленность, 1980-170с.

10. Ibtihaj A., Abdulrazzak, Hussain Bierk, Luma Ahmed Aday, Humidity and temperature monitoring // International Journal of Engineering & Technology. 2018, 7 (4): 5174-5177. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.23225>.

11. Айнакулов Ж.Ж., Федоров И.О., Ергалиев Р.К. Подключение датчика температуры и влажности dhtxx к контроллеру arduino на базе платы arduino для использования на мультикоптерах /Проблемы и оптимизации сложных систем, Алматы, 20–31 июля 2018 года. -С: 79-91.

12. Suraj Kaushik, Yuvraj Singh Chouhan, Nagendra Sharma, Shreyansh Singh, P Suganya, Automatic Fan Speed Control using Temperature and Humidity Sensor and Arduino // International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology. ISSN: 2454-132X Impact factor: 4.295 (Volume 4, Issue 2): 453-457.

13. Ogunjirin, O. A. 1, A. A. Adewunmi, P. Nwaobilor, F. A. Willoughby, F. U. Ogini, Development of NCAM Temperature and Humidity Sensor // International Journal of Science and Research. (IJSR) ISSN: 2319-7064 SJIF (2019): 7.583, Volume 9 Issue 12, December 2020: 101-106.

14. Chindra Saputraa, Mochammad Arief Hermawan Sutoyoa, M. Irwan Bustamia, Desi Kibiantya, Anggy Kustiansyaha, Design of Dodol Mixer on Based on Microcontroller Arduino Nano // Journal of Applied Business and Technology. Journal of Applied Business and Technology (JABT) 2024; 5(1), 23-31| www.e-jabt.orgp-ISSN 2722-5372 |e-ISSN 2722-5380.

15. Лебедев Н.В., Кучерук В.В., Принципы автоматизации управления приемо-передающим каналом и получения данных ввода-вывода на базе программируемых микроконтроллеров stm32//успехи современной науки, 2017: том 7, №3. -с. 274-276.

REFERENCES

1. Lykov A.V. Teoriya sushki [Drying theory] – Moskva: Energiya, 1968.- 472s.
2. Kupriyanov +B.V. Tekhnologicheskie izmereniya i KIP v pishchevoj promyshlennosti [Process Measurement and Instrumentation in the Food Industry]– Moskva: Pishchevaya promyshlennost',1977 - 276s.
3. Ginzburg A.S. Osnovy teorii i tekhniki sushki pishchevyh produktov. [Basics of the theory and technology of drying food products] - Moskva: Pishchevaya promyshlennost',1973.-527 s.
4. Arzam E.M., Kakimov A.K., Erengaliev A.E., Ibragimov N.K., Lobasenko B.A. Vybora optimal'nogo oborudovaniya pri sushke kurta [Choosing the best

equipment for drying kurt]. Vestnik Universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki. 2024;1(2(14)):66-73. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2\(14\)-9](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2(14)-9)

5. Afzam E.M., Kakimov A.K., Erengaliev A.E., Ibragimov N.K., Razrabotka su-shil'noj ustanovki dlya proizvodstva kurta [Development of a drying plant for the production of kurt]. Vestnik Universiteta SHakarima. Seriya tekhnicheskie nauki. 2024;1(3(15)):104-110. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-16](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-16).

6. ZHakupbekova SH.K., Kalibekkyzy ZH., Majzhanova A.O., Kyrykbaeva SH.T., Bejssembaeva A.H. Issledovanie pishchevoj bezopasnosti nacional'nogo produkta «kurt», vyrabatyvaemogo na predpriyatiyah vostochno-kazakhstanskoy oblasti [Research of food safety of national product "kurt" produced at enterprises of East Kazakhstan region]. Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2022;(4):146-152. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-4-146-152>.

7. Sokolov V.I. Osnovy raschyota i konstruirovaniya mashin i apparatov pishchevyh proizvodstv [Fundamentals of calculation and design of machines and equipment for food production]. -Moskva: Kolos, 1992.- 396s.

8. Ginzburg A.S. Tekhnologiya sushki pishchevyh produktov [Food drying technology] - Moskva: Pishchevaya pro-myshlennost', 1977 - 247s

9. Fedorov V.G., Pleskonos A.K., Planirovanie i realizatsiya eksperimentov v pishchevoj promyshlennosti [Planning and implementation of experiments in the food industry] - Moskva: Pishchevaya promyshlennost', 1980-170s.

10. Ibtihaj A., Abdulrazzak, Hussain Bierk, Luma Ahmed Aday, Humidity and temperature monitoring // International Journal of Engineering & Technology. 2018, 7 (4): 5174-5177. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.23225>

11. Ajnakulov ZH.ZH., Fedorov I.O., Ergaliev R.K. Podklyuchenie datchika temperatury i vlazhnosti dhtxx k kontrolleru apm na baze platy arduino dlya ispol'zovaniya na mul'tikopterah [Connecting the dhtxx temperature and humidity sensor to the apm controller based on the arduino board for use on multicopters]// Problemy i optimizatsii slozhnyh sistem, Almaty, 20–31 iyulya 2018 goda, Str: 79-91.

12. Suraj Kaushik, Yuvraj Singh Chouhan, Nagendra Sharma, Shreyansh Singh, P Suganya, Automatic Fan Speed Control using Temperature and Humidity Sensor and Arduino // International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology. ISSN: 2454-132X Impact factor: 4.295 (Volume 4, Issue 2): 453-457.

13. Ogunjirin, O. A. 1, A. A. Adewunmi, P. Nwaobilor, F. A. Willoughby, F. U. Ogini, Development of NCAM Temperature and Humidity Sensor // International Journal of Science and Re-search. (IJSR) ISSN: 2319-7064 SJIF (2019): 7.583, Volume 9 Issue 12, December 2020: 101-106.

14. Chindra Saputraa, Mochammad Arief Hermawan Sutoyoa, M. Irwan Bustamia, Desi Kibiantya, Anggy Kustiansyaha, Design of Dodol Mixer on Based on Microcontrol-ler Arduino Nano // Journal of Applied Business and Technology. Journal of Applied Business and Technology (JABT) 2024: 5(1), 23-31| www.e-jabt.org ISSN 2722-5372 |e-ISSN 2722-5380.

15. Lebedev N.V., Kucheruk V.V., Principy avtomatizatsii upravle-niya priemoperedayushchim kanalom i polucheniya dannyh vvoda-vyvoda na baze programmiruemyh mikrokontrollerov stm32 [Principles of automation of control of the transmitting-receiving channel and receiving input-output data based on stm32 programmable microcontrollers]//Uspekhi sovremennoj nauki, 2017: Tom 7, №3. -PP 274-276.

UDC 637.146.34
MRNTI 68.85.39

<https://doi.org/10.48184/2304-568X-2025-1-11-19>

IRON DEFICIENCY AND MILK FORTIFICATION

¹S.J. MUSSAYEVA* , ²ZH.A. ISKAKOVA , ¹A. AITBAEVA ,
³D.R. DAUTKANOVA , ²M. IZTILEUOV 

(¹South Kazakhstan University named after M. Auezov, Kazakhstan, 160018, Shymkent, Tauke Khan Ave., 5

²Kazakh National Agrarian Research University, Kazakhstan, 050010, Almaty, Abay str., 8

³Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Kazakhstan, 050060, Almaty, Gagarin Ave., 238G)

Corresponding author e-mail: saltanat_mussayeva@yahoo.com*

Modern food products do not contain a high content of nutrients, in particular minerals. The consumption of such products affects not only the health of the nation but also the economy of the country. According to the World Health Organization, the lack of the mineral element iron remains relevant, especially among children and pregnant women not only in developed countries, but all over the world. This article presents studies of the effect of cow's milk