

12. Kamali, N., & Javdan, M. The Relationship between art and psychology. *Journal of Life Science and Biomedicine*, no 2(4), (2012):129-133.

13. Kiang, L. Ethnicity and ethnic identity in context on Gjerde. *Human Development*, no 57. (2014):213–221.

14. Iwamoto, D.K., & Liu, W.M. The impact of racial identity, ethnic identity, Asian values and race-related stress on Asian Americans and Asian

International College Students' psychological well-being. *Journal of Counseling Psycholog.* no 57(1), (2010):79-91.

15. Winaja, W.I, Prabawa, W.S.W., & Pertiwi, P.R. Acculturation and its effects on the religious and ethnic values of Bali's Catur village community. *Journal of Social Studies Education Research*, no 10(3), (2019):249-275.

МРНТИ 64.41.14

<https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-2-143-150>

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ СТЕЛЕК

¹Б. АБЗАЛБЕКҰЛЫ *  , ²Г.К. ЕЛДИЯР  , ²С.Ш. САБЫРХАНОВА 

¹Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, Казахстан, Тараз, Толе би, 60

²Южно-Казахстанский университет им. М.Ауезова, Казахстан, 160000, Шымкент, пр.Тауке хана, 5)

Электронная почта автора корреспондента: bekontiru@mail.ru*

Уровень развития и благосостояния населения Казахстана находится в прямой зависимости от здоровья каждого человека. В последние годы во всем мире и в Казахстане наблюдается значительный рост больных сахарным диабетом, вследствие чего растет число больных с различными заболеваниями стопы. Одной из основных причин заболевания стоп у больных сахарным диабетом является повседневная обувь, так как в них не применяются ортопедические изделия из эластичных, амортизирующих и антибактериальных материалов. Целью исследования является анализ структурных свойств силиконовых композитов и наполнителя в виде микрокристаллической целлюлозы (МКЦ) для изготовления ортопедических изделий для больных с патологиями стопы. В работе проведены исследования МКЦ и композитов силикона методами анализатора размеров частиц DelsaNano. Также проведены: ИК – спектроскопическое, электронное и оптическое-микроскопические исследования. Научные результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы для дальнейшего изучения проблем обеспечения комфортной обувью больных с различными заболеваниями стопы при сахарном диабете, при получении и исследовании нанокompозитных материалов с антибактериальными свойствами. Они могут быть полезны для диабетологов, ортопедов, а также для производителей ортопедических изделий и обуви.

Ключевые слова: ортопедическая стелька, композиты, силикон, микрокристаллическая целлюлоза, диабетическая стопа.

ОРТОПЕДИЯЛЫҚ ҰЛТАРАҚТАРҒА АРНАЛҒАН КОМПОЗИТТІ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

¹Б. АБЗАЛБЕКҰЛЫ, ²Г.К. ЕЛДИЯР, ²С.Ш. САБЫРХАНОВА

¹М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Қазақстан, Тараз, Төле би 60

²М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Қазақстан, 160000, Шымкент, Тауке хан, 5)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: bekontiru@mail.ru*

Қазақстан халқының дамуы мен әл-ауқатының деңгейі әр адамның денсаулығына тікелей байланысты. Соңғы жылдары бүкіл әлемде және Қазақстанда қант диабетімен ауыратын науқастардың айтарлықтай өсуі байқалуда, олардың басым көпшілігі әртүрлі табан ауруларына шалдығады. Жұмыстарда табан ауруларының себептерінің бірі ыңғайсыз аяқ киім екендігі көрсетілген. Себебі күнделікті аяқ киімдер диабеттік табанның қалыпты жұмыс істеуіне ықпал ететін қажетті құрылымдық элементтермен қамтамасыз етілмейді, сонымен қатар серпімді, амортизациялық және бактерияға қарсы материалдардан жасалған ортопедиялық бұйымдар қолданылмайды. Зерттеудің мақсаты – ортопедиялық бұйымдарда қолдануға арналған силикон композиттерінің құрылымдық қасиеттерін зерттеу. Бұл жұмыста DelsaNano анализаторын қолдану арқылы МКЦ өлшемдері зерттелінді. Сондай-ақ композитті материалдарының құрылымдық қасиеттеріне ИК – спектроско-

пиялық, электронды және оптикалық-микроскопиялық зерттеулер жүргізілді. Осы жұмыста алынған ғылыми нәтижелер әртүрлі табан аурулары бар науқастарды ыңғайлы аяқ киіммен қамтамасыз ету мәселелерін зерттеу үшін, бактерияға қарсы қасиеттері бар нанокөпозиттік материалдарды дайындауда және зерттеуде пайдалануға болады. Олар диабетологтар, ортопедтер, сондай-ақ ортопедиялық өнімдер мен аяқ киім өндірушілер үшін пайдалы болуы мүмкін.

Негізгі сөздер: ортопедиялық ұлтарак, композиттер, силикон, микрокристалды целлюлоза, диабеттік табан.

DEVELOPMENT OF ORTHOPEDIC SUPPORT FOR PATIENTS WITH FOOT PATHOLOGIES

¹B. ABZALBEKULY*, ²G.K. YELDIYAR, ²S.SH. SABYRKHANOVA

(¹Taraz Regional University named after M.Kh. Dulaty, Kazakhstan, Taraz, Tole bi str.,60

²M.Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan, 160000, Shymkent, Tauke Khan Ave., 5)

Corresponding author e-mail: bekontiru@mail.ru*

The level of development and well-being of the population of Kazakhstan is directly dependent on the health of each person. In recent years, a significant increase in patients with diabetes mellitus has been observed all over the world and in Kazakhstan, because of which the number of patients with various foot diseases is growing. The works show that one of the causes of foot disease is uncomfortable shoes, since ordinary shoes do not provide the necessary structural elements, orthopedic products made of elastic, shock-absorbing and antibacterial materials that contribute to the normal functioning of the diabetic foot. The aim of the study is to determine the structural properties of the synthesized silicone composites with the addition of MCC, used in orthopedic products. In this work, studies of MCC and silicone composites were carried out using the DelsaNano particle size analyzer. Also carried out: IR - spectroscopic, electronic and optical-microscopic studies were conducted. The scientific results obtained in this work can be used to further study the problems of providing comfortable shoes for patients with various foot diseases in with DM; in the preparation and study of nanocomposite materials with antibacterial properties. They can be useful for diabetologists, orthopedists, as well as manufacturers of orthopedic products and shoes.

Keywords: orthopedic insole, composites, silicone, microcrystalline cellulose, diabetic foot.

Введение

Для повышения качества ортопедической обуви для больных с различными патологическими отклонениями стоп, в том числе с синдромом диабетической стопы (СДС) возникла необходимость применения модифицированных композитных материалов с повышенными гигиеническими, антибактериальными и амортизирующими характеристиками.

У людей с СДС обычно нарушается опорно-кинематическая функция стопы, что вызывает болевые ощущения и быструю утомляемость при движении. Деформация стопы приводит к общей скелетно-мышечной деформации. У человека с плоскостопием болевой синдром проявляется в области стопы, а также в коленном и тазо-бедренном суставах, различных частях позвоночника. Одними из последствий сахарного диабета являются незаживающие раны, диабетические язвы, гангрена, ампутация ног, что приводит к инвалидности и огромным материальным затратам на лечение и реабилитацию [1-10].

Обеспечение больных сахарным диабетом специальной комфортной обувью должно

рассматриваться на уровне Правительства и Министерства здравоохранения Республики Казахстан, так как является важнейшей социальной проблемой. В 30-50% случаев заболеваний стоп при сахарном диабете (СД) приводит к ампутации по данным практикующих хирургов [7]. Вследствие этого после ампутации стоп летальный исход составляет 28-40%. В течение 5 лет после ампутации большое количество больных СД умирает от сердечно-сосудистых осложнений и сепсиса.

В научных исследованиях [8-11] выявлена закономерность: главной причиной заболевания стоп является ношение некомфортной обуви. В повседневной обуви массового производства не используются специальные конструктивные детали, не применяются ортопедические вкладыши из мягких, амортизирующих и антибактериальных материалов, что способствовало бы улучшению гигиенических свойств обуви и комфортности в носке для больных СД.

Исследованиям по применению ортопедических изделий для лечения и профилактики различных видов заболеваний стопы посвящены работы [12-14]. Во всех проведенных

исследованиях была показана эффективность применения ортопедических изделий из композитных материалов для профилактики и лечения различных заболеваний стопы, в том числе больных диабетом.

В последние годы для изготовления ортопедических изделий применяются силиконовые материалы. Силиконовые материалы имеют комплекс положительных характеристик: биологическая совместимость с кожным покровом человека, необходимые санитарно-химические и санитарно-токсикологические свойства.

Вместе с тем, силиконовые материалы имеют низкие прочностные показатели [15,16]. Поэтому вопросы модификации этих материалов с целью дальнейшего использования в ортопедической обуви имеют практический интерес.

В работе проведены [17] исследования прочностных свойств силикона с добавлением различных наполнителей в виде силиконового масла, диоксида кремния, nanofil 116 и МКЦ.

Результаты экспериментов показали, что с добавлением МКЦ существенно улучшаются прочностные свойства силикона по сравнению с другими наполнителями.

Целью работы является исследование структурных свойств силиконовых композитов и наполнителей. Для этого были применены методы анализатора размеров частиц Delsa Nano, ИК-спектроскопическое исследование, сканирующий электронный микроскоп.

В последние годы создается большое количество полимерных композитных материалов, содержащих мелкодисперсные наполнители с различным размером частиц. Известно, что размеры частиц наполнителя и их распределение по полимерной матрице влияют почти на все свойства материалов [17-20]. Поэтому определение размеров частиц наполнителя в виде МКЦ имеет очень важное техническое и гигиеническое значение.

ИК-спектроскопическое исследование является универсальным физико-химическим методом и позволяет получить важную информацию о строении макромолекул и характере внутри- и межмолекулярных связей композитных материалов.

Важно помнить, что заболевания стопы больных диабетом не всегда поддаются медикаментозному и операционному лечению до полного восстановления структуры и функции стопы. Поэтому разработка и обеспечение больных диабетом комфортной обуви и ортопедическими изделиями,

которые выполняли бы профилактические, терапевтические функции с каждым годом становится актуальной проблемой.

Исходя из вышеизложенного, больные сахарным диабетом должны быть обеспечены комфортной обувью и ортопедическими изделиями с применением модифицированных специальных композитных материалов. Для производства ортопедических изделий для больных диабетом необходимы большие финансовые затраты и необходимо соблюдать особые требования к конструкции обуви и материалам. Правительство и производители обуви должны уделять особое внимание больным диабетом, обеспечив эту группу населения комфортной обувью и ортопедическими изделиями.

Материалы и методы исследований

Исследования размеров частиц наполнителя МКЦ проводились с помощью инструмента Delsa Nano, (Beckman Coulter, Осака, Япония), оснащенного лазером 658нм и регулятором температуры. Анализы диаметра частиц МКЦ проводились три раза. Анализаторы размеров частиц Delsa Nano измеряют размеры частиц в диапазоне от 0,6 нм до 7 мкм методом фотонно-корреляционной спектроскопии и дзета-потенциал частиц размером от 0,6 нм до 30 мкм методом электрофоретического светорассеяния.

Для определения размеров частиц, диффундирующих внутри измерительной ячейки в результате Броуновского движения, на образец направляют луч лазера. Частицы рассеивают свет, вызывая флуктуации интенсивности рассеяния, зависящие от времени. В результате рассеянный свет детектируется под определенным углом и измеряется с помощью высокочувствительного детектора. Поскольку скорость диффузии частиц зависит от их размеров, то скорость флуктуаций рассеянного света содержит информацию о размерах. Таким образом, из анализа флуктуации с помощью автокорреляционной функции, получается распределение размеров присутствующей популяции частиц.

ИК-спектроскопическое исследование. ИК-спектры композитных материалов с добавлением МКЦ в количествах 4, 10, 15, 20, 25% были проведены на спектрометре Nicolet-577 в диапазоне от 400 до 4000см⁻¹. Образцы материалов были подготовлены в виде таблеток с KBr, в соответствии 1,5 мг вещества в 250 мг KBr. Образцы композитных

материалов изготовлены по методике, описанной в работе [15].

Электронно-микроскопические методы. Исследования морфологии микроструктур полученных материалов провели с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) «Quanta 200 FEG». Сканирующего электронного микроскопа «Quanta 200 FEG» с естественной средой, ускоряющего напряжение от 200В до 30кВ, катод с полевой эмиссией, разрешение < 2,0 нм при 30кВ в режимах высокого вакуума, низкого вакуума, естественной среды и < 3,5 нм при 3кВ в режиме низ-

кого вакуума. Размер камеры 284 мм, 8 портов для установки детекторов и анализаторов. 4-х осевой моторизованный столик 50x50 мм. Образцы композитных материалов готовились в виде срезов.

Результаты и их обсуждение

Исследование структурных свойств композитных материалов. В результате исследования частиц МКЦ показано, что средний размер частиц составляет 17,4μм и полидисперсность- 2,2 (таб.1).

Таблица 1. Диаметры частиц МКЦ

| Измерение | Диаметр частиц, нм | Показатель полидисперсности |
|-----------|--------------------|-----------------------------|
| I | 13812 | 2,263 |
| II | 17049,5 | 2,322 |
| III | 21232 | 2,039 |
| Среднее | 17364,5 | 2,208 |

ИК-спектр МКЦ представлен на рисунке 1. В ИК-спектре широкая полоса поглощения МКЦ в области 3700-3100см⁻¹ связана с валентными колебаниями гидроксильных групп. В области спектров 3000-2800 см⁻¹ наблюдаются валентные колебания С-Н связей метиновых

и метиловых групп МКЦ. В области ~1650 см⁻¹ наблюдается поглощение адсорбированной молекулы воды. Полосы поглощения ~1060 см⁻¹ приписывают валентному колебанию С-О связи в НС₃-ОН группе.

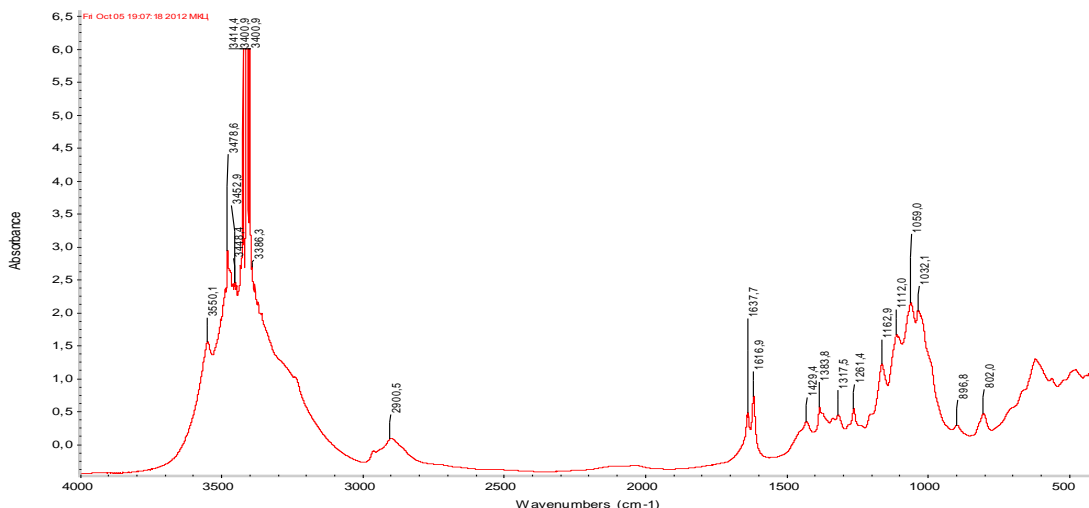


Рисунок 1. ИК-спектр наполнителя в виде МКЦ

ИК-спектроскопические исследования структуры силикона и композитов с добавлением МКЦ на ИК- Фурье спектрофотометре Tensor 27 приведены на рисунке 2. С добавлением МКЦ в состав силикона в количестве 0, 10 и 20% показывают изменения в

интенсивности поглощения в области 1094-1000 см⁻¹, которые соответствуют Si-O-Si связям. Деформационное колебание Si-CH₃ наблюдается при полосе поглощения 1263 см⁻¹, СН₂-групп при 2964 см⁻¹, валентные колебания Si-C проявляются в области поглощения 796 см⁻¹.

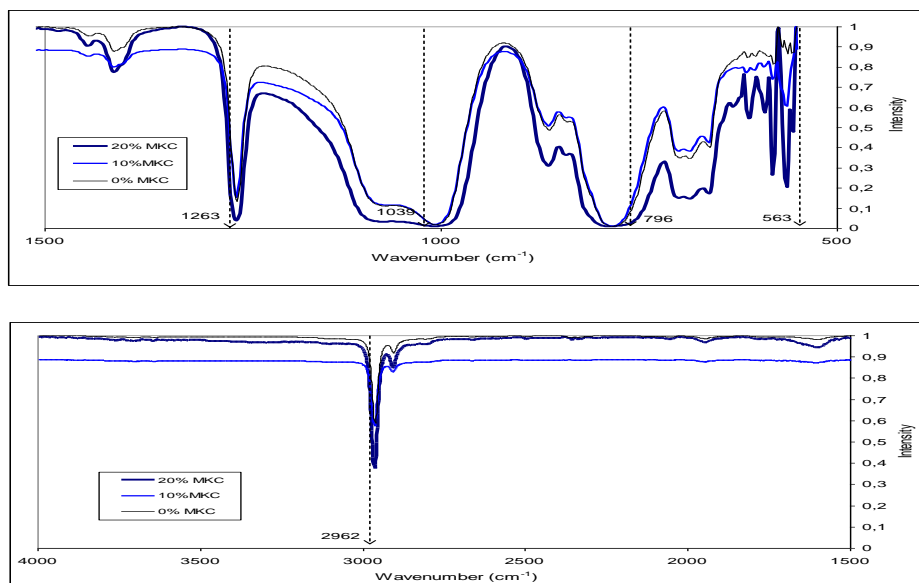


Рисунок 2. ИК-спектры силикона и композитов силикона

Микроскопические снимки МКЦ на СЭМ представлены на рисунке 3 в обзорных и детальном видах. Детальный просмотр пока-

зал, что МКЦ имеют форму полимерного ассоциата или глобул. А размеры частицы в диапазоне 10-20µm.

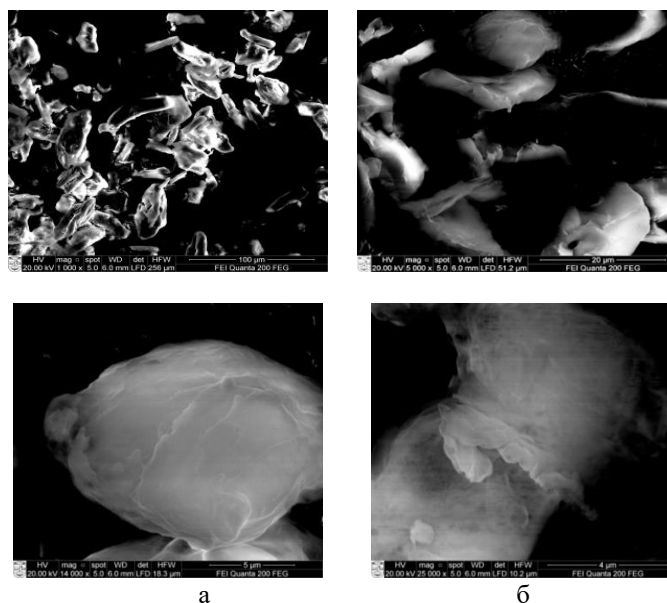


Рисунок 3. Микрорентгенографические снимки МКЦ, а - обзорный вид, б - детальный вид

Микроскопические снимки на СЭМ для изучения взаимодействия между компонентами ПДМС/МКЦ и разрушения поверхностей композитов с добавлением МКЦ в разных количествах представлены на рисунке 4. Обзорный просмотр (рис. 4а) показывает

комбинированную поверхность частиц МКЦ в матрице силикона.

Как видно из более подробных микроснимков, существуют определенные пустоты вокруг некоторых частиц МКЦ, что свидетельствует о слабом взаимодействии силикона с частицами МКЦ.

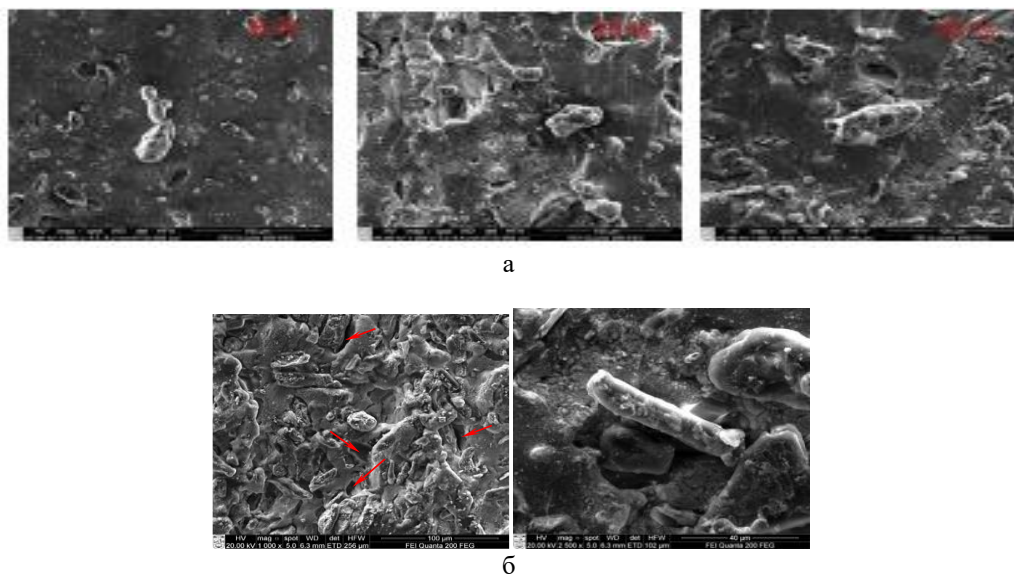


Рисунок 4. Микроскопические снимки композитных материалов: а - обзорный вид; б - детальный вид.

Заклучение, выводы

В результате ИК-спектроскопического анализа композитных материалов показано, что полосы поглощения спектров соответствуют спектрам исходных компонентов – силикона и МКЦ. С увеличением МКЦ в составе силикона наблюдается постепенное уменьшение степени поглощения полос связей Si-O, Si-O-Si и Si-C, что связано с возрастанием эффекта полимерной цепи целлюлозы.

В результате исследования частиц МКЦ с использованием инструмента Delsa Nano и СЭМ показано, что размеры частиц составляют в среднем 17,4µm и распределены хаотично, что позволяет применять их в качестве наполнителя для различных полимерных материалов.

Научные результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы для дальнейшего изучения проблем обеспечения комфортной обувью больных с различными заболеваниями стопы при СД; при получении и исследовании нанокompозитных материалов с антибактериальными свойствами. Они могут быть полезны для диабетологов, ортопедов, а также для производителей ортопедических изделий и обуви.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиханова К.А., Аbugалиева Т.О., Жедельбаева О.Ш., Сатбекова З.М., Бекжанова А.С., Токказинова П.А. Медико-социальная характеристика больных и инвалидов с сахарным диабетом. //Актуальные проблемы диабетологии: материалы международной научно-практической конференции. Карагандинский государственный медицинский университет - г. Караганда, 2012.- С.23

2. Бережной В.В. Борьба с сахарным диабетом одна из первоочередных задач службы здравоохранения республики Казахстан. //Актуальные проблемы диабетологии: материалы международной научно-практической конференции. Карагандинский государственный медицинский университет.- г. Караганда, 2012.- С.55

3. Диабетическая ассоциация Республики Казахстан. Официальный сайт ДАРК// <http://www.dark-diabet.kz>. (дата обращения 23.01.2024)

4. Robert G.F., Thomas Z., David G.A., Vickie R.D., John M.G., Steven R.K., Adam S.L., Lawrence A.L., John M.S., Dane K.W., CharlesA., John V.V. «Diabetic foot disorders a clinical practice guideline». *The journal of foot & ankle surger* - 2006. №45. - P. 1-52.

5. Катамадзе А.Г., Грдзелидзе М.Г., Шаламберидзе М.М., Чубинидзе Л.Г. Значимость специальной обуви для больных диабетом. //International scientific journal - "Georgian scientific news. – 2009. –№4. - С. 17–20.

6. Marta Botelho, Sandra Pais, Miguel Gonzalez. Impact of custom-made orthopedic footwear and plantar orthoses on quality of life and functionality of patients with diabetic neuropathic foot: A randomized clinical trial //Diabetes Epidemiology and Management, 7 December 2021.

7. Алибеков А.Е., Морозов Е.С., Абулгазин Р.М., Азизова З.Т., Шавнина Н.П. Комплексное хирургическое лечение гнойно-некротических форм диабетической стопы. //Актуальные проблемы диабетологии. Материалы между-народной научно-практической конференции. Карагандинский государственный медицинский университет.- г. Караганда, 2012.- С. 17.

8. Lipsky B., Berendt A., Deery H.G., et al. «Diagnosis and treatment of diabetic foot infections». *Guidelines for Diabetic Foot Infections*. - 2004.-P. 889-910.

9. Андрухова Р.В., Дондорева И.С. Некоторые аспекты реабилитации больных с синдромом «Диабетическая стопа». //Вестник гильдии протезстов-ортопедов. - 2004.- №4(18). – С. 23-25.

10. Eva Swinnen, Eric Kerckhofs. Compliance of patients wearing an orthotic device or *ortho-pedic shoe*. //Journal of Bodywork and Movement Therapies. October, 2015.

11. Hadar Shaulian, Amit Gefen, Alon Wolf. Graded stiffness offloading *insoles* better redistribute heel plantar pressure to protect the diabetic neuropathic foot. //Gait & Posture, 24 January 2023.

12. Rahul Patwa, Nabanita Saha, Petr Saha. Magnetic hydrogel based *shoe* insoles for prevention of diabetic foot. //Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 18 June 2020.

13. Ehsan Jafarzadeh, Reza Soheilifard, Abbas Ehsani-Seresht. Design optimization procedure for an *orthopedic insole* having a continuously variable stiffness/shape to reduce the plantar pressure in the foot of a diabetic patient. //Medical Engineering & Physics, 20 October 2021.

14. Kit-Lun Yick, Chi-Yung Tse. The use of textiles and materials for *orthopedic* footwear *insoles*. //Handbook of Footwear Design and Manufacture. 19 February 2021.

15. Abzalbekuly B. Research of mechanical properties of composite materials for orthopedic footwear / 5th - International Leather Engineering Congress «Innovative Aspects for Leather Industry» Izmir, Turkey. 10-12 October 2019. - P. 97-100

16. Abzalbekuly B. Analysis composite materials for orthopedic footwear /5th - International Leather Engineering Congress «Innovative Aspects for Leather Industry» Izmir, Turkey. 10-12 October 2019. - P. 69-72

17. B. Abzalbekuly, L. Drumstaitė, V. Jankauskaitė, E. Fataraitė, O. Dzhnachmetov. Influence of filler type on polydimethylsiloxane properties. //Proceedings of Scientific Conference «Chemistry and Chemical technology». Kaunas University of Technology, Studentų str. 56, LT-51424 Kaunas, Lithuania. 25 April, 2012. PP.62-66

18. Laka M., Chernyavskaya S., Maskavs M. Cellulose-Containing Filler for Polymer Composites. //Mechanics of Composite Materials.- 2003.- V. 39. No. 2. PP. 183–188.

19. Eichhorn S., Young R. The Young's Modulus of a Microcrystalline Cellulose. //Cellulose. - 2001.-№ 8. - Pp. 197–207.

20. K.L. Yick, C.Y. Tse. Textiles and other materials for *orthopaedic* footwear *insoles*. //Handbook of Footwear Design and Manufacture, 2013

REFERENCES

1. Alikhanova K.A., Abugaliyeva T.O., Zhedel'bayeva O.SH., Satbekova Z.M., Bekzhanova A.S., Tokkazinova P.A. «Mediko-sotsial'naya kharakteristika bol'nykh i invalidov s sakharnym diabetom». [Actual problems of dialectology: materials of the international scientific-practical conference. Karaganda State Medical

University], *Foresight-Russia*, Karaganda, 2012. - 23p. (In Russian).

2. Berezhnoy V.V. «Bor'ba s sakharnym diabetom odna iz pervoocherednykh zadach sluzhby zdravookhraneniya respubliky Kazakhstan». «Mediko-sotsial'naya kharakteristika bol'nykh i invalidov s sakharnym diabetom». [Actual problems of dialectology: materials of the international scientific-practical conference. Karaganda State Medical University], *Foresight-Russia*, Karaganda, 2012. - 55p. (In Russian).

3. Diabeticheskaya assotsiatsiya respubliky Kazakhstan. Ofitsial'nyy sayt DARK// <http://www.dar-k-diabet.kz>. (accessed on 23.01.2024) (In Russian).

4. Robert G.F., Thomas Z., David G.A., Vickie R.D., John M.G., Steven R.K., Adam S.L., Lawrence A.L., John M.S., Dane K.W., Charles A., John V.V. «Diabetic foot disorders a clinical practice guideline». *The journal of foot & ankle surger* - 2006. №45. - Pp. 1-52.

5. Katamadze A.G., Grzelidze M.G., Shalamberidze M.M., Chubinidze L.G. «Znachimost' spetsial'noy obuvi dlya bol'nykh diabetom». *International scientific journal - "Georgian scientific news. Foresight-Russia* – 2009. –№4. - Pp. 17–20. (In Russian).

6. Marta Botelho, Sandra Pais, Miguel Gonzalez. «Impact of custom-made *orthopedic* footwear and plantar orthoses on quality of life and functionality of patients with diabetic neuropathic foot: A randomized clinical trial». *Diabetes Epidemiology and Management*, 7 December 2021

7. Alibekov A.Ye., Morozov Ye.S., Abulgazin R.M., Azizova Z.T., Shavnina N.P. «Kompleksnoye khirurgicheskoye lecheniye gnoyno-nekroticheskikh form diabeticheskoy stopy». [Actual problems of dialectology: materials of the international scientific-practical conference. Karaganda State Medical University], *Foresight-Russia*, Karaganda, 2012. - 17p. (In Russian).

8. Lipsky B., Berendt A., Deery H.G., et al. «Diagnosis and treatment of diabetic foot infections». *Guidelines for Diabetic Foot Infections*. - 2004, Pp. 889-910.

9. Andrukova R.V., Dondoreva I.S. «Nekotoryye aspekty reabilitatsii bol'nykh s sindromom «Diabeticheskaya stopa»». [Bulletin of the Guild of Orthopedic Prosthetists]. *Foresight-Russia*, - 2004.- No. 4 (18). - Pp. 23-25. (In Russian).

10. Swinnen, Eric Kerckhofs. «Compliance of patients wearing an orthotic device or *orthopedic shoe*». *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. October 2015

11. Hadar Shaulian, Amit Gefen, Alon Wolf. «Graded stiffness offloading *insoles* better redistribute heel plantar pressure to protect the diabetic neuropathic foot». *Gait & Posture*, 24 January 2023

12. Rahul Patwa, Nabanita Saha, Petr Saha. «Magnetic hydrogel based *shoe* insoles for prevention of diabetic foot». *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 18 June 2020

13. Ehsan Jafarzadeh, Reza Soheilifard, Abbas Ehsani-Seresht. Design optimization procedure for

an *orthopedic insole* having a continuously variable stiffness/shape to reduce the plantar pressure in the foot of a diabetic patient, *Medical Engineering & Physics*, 20 October 2021

14. Kit-Lun Yick, Chi-Yung Tse. «The use of textiles and materials for *orthopedic footwear insoles*». *Handbook of Footwear Design and Manufacture*. 19 February 2021

15. Abzalbekuly B. «Research of mechanical properties of composite materials for orthopedic footwear». 5th - *International Leather Engineering Congress «Innovative Aspects for Leather Industry»* Izmir, Turkey. 10-12 October 2019. - Pp. 97-100

16. Abzalbekuly B. «Analysis composite materials for orthopedic footwear». 5th - *International Leather Engineering Congress «Innovative Aspects for Leather Industry»* Izmir, Turkey. 10-12 October 2019. - Pp. 69-72

17. B. Abzalbekuly, L. Drumstaitė, V. Jankauskaitė, E. Fataraitė, O. Džanachmetov. Influence of filler type on polydimethylsiloxane properties. Proceedings of Scientific Conference «Chemistry and Chemical technology». Kaunas University of Technology, Studentų str. 56, LT-51424 Kaunas, Lithuania. 25 April, 2012. Pp.62-66

18. Laka M., Chernyavskaya S., Maskavs M. «Cellulose-Containing Filler for Polymer Composites». *Mechanics of Composite Materials*.- 2003.- V. 39. No. 2. Pp. 183–188.


19. Eichhorn S., Young R. «The Young's Modulus of a Microcrystalline Cellulose». *Cellulose*. - 2001.-№ 8. - Pp. 197–207.

20. K.L. Yick, C.Y. Tse. «Textiles and other materials for *orthopaedic footwear insoles*». *Handbook of Footwear Design and Manufacture*, 2013

IRSTI 64.37.23

<https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-2-150-154>

A COMPREHENSIVE METHOD OF SOAKING SHEEPSKINS WITH SULFURIZATION

¹D.K. RAKHMETBAY , ¹M.SH. DZHUNISBEKOV 
¹M.SH. SHARDARBEK , ²T.J. KODIROV 

¹Taraz Regional University named after M.Kh. Dulaty, Kazakhstan, 080012, Taraz, Tole bi Street, 60,

²Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Uzbekistan, 100100, Tashkent, Shohjahon Street, 5)

Corresponding author e-mail: karakulova.zharkinkul@mail.ru*

Soaking is the first and one of the most important preparatory operations in fur dressing. Soaking determines the successful completion of subsequent technological processes. The purpose of soaking is to bring the skin into a state close to paired state in terms of the amount and uniformity of moisture distribution in the leather tissue and hair. This makes it important to find the optimal soaking recipe. The classic soaking method leads to damage to the structure of the dermis, due to which the structure of the soaked dermis differs from the structure of the dermis in the paired state. To solve this problem, it is necessary to find an innovative soaking method that both meets soaking standards and preserves the structure of the dermis close to the paired state. This article discusses a comprehensive method for soaking sheepskins with sulfurization. An experiment was conducted with 4 batches preserved using different preservation methods. These batches were soaked using our suggested recipe, using sodium sulfate and sulfuric acid. As a result of the interaction of sodium sulfate with sulfuric acid, sulfur is formed, which interacts with the functional groups of collagen. This interaction is one of the ways to sulfurize the semi-finished product. In addition, the resulting sulfur affects not only the soaking process, but also subsequent processes, causing synergy in the technological process chain. Analysis of the process results allows us to conclude that this soaking method complies with established standards. Since the watering of the raw material in each of the preservation methods is above 65%, as well as the indicators of the structure of the dermis, soaked with sulfur, are close to the indicators of the structure of the dermis in the paired state.

Keywords: soaking, sulfurization, preservation, sheepskin, watering, sulfuric acid, semi-finished product.