

Otaxanova Zulayho Abu Ali qizi

Namangan davlat universiteti tayanch doktoranti

Otaxanovazulayho67@gmail.com

Sattarova Dिल्фуза Maksudovna

Namangan davlat pedagogika instituti dotsenti

iminova_d@mail.ru

UO'K 677.473

KERATIN BIOMATERIAL SIFATIDA: AJRATIB OLISH USULLARINING SAMARADORLIGI VA OPTIMALLASHTIRISH YO'LLARI

Annotatsiya: Maqolada keratin polimerini o'ziga hos xususiyatlari, ajratib olish usullari hamda hozirgi kundagi o'rganilganlik darajasi haqida ma'lumotlar keltirilgan. Bunda tuzilish xususiyatlari ta'sirida mustahkam strukturaga ega murakkab oqsilligi, biologik hossalardan kelib chiqib esa keng qo'llanilish sohasiga ega noyob biomaterial ekanligi haqida so'z yuritilgan. Mazkur ishda so'nggi tadqiqotlar tahlil qilingan, keratin ajratishning turli usullari, jumladan natriy gidroksid yordamida gidroliz, chumoli kislota yordamida regeneratsiya qilish, mikrobiologik usullar, natriy sulfid va etilendiamintetrasirka kislota yordamida gidroliz usullari tahlil qilindi. Bu usullarning afzalliklari, kamchiliklari va optimallashtirish yo'llari haqida ma'lumotlar taxlil qilindi.

Kalit so'zlar: Keratin, pat chiqindisi, biomaterial, ekstraktsiya usullari, reduksion gidroliz, yashil kimyo, ionli suyuqliklar, chuqur evtektik erituvchilar, subkritik suv gidrolizi, optimallashtirish.

Отаханова Зулайхо Абу Али кизи

Докторант Намаганского государственного университета

Otaxanovazulayho67@gmail.com

Саттарова Дильфуза Максудовна

Доцент Наманганского государственного педагогического института

iminova_d@mail.ru

УДК 677.473

КЕРАТИН В КАЧЕСТВЕ БИОМАТЕРИАЛА: ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ ЭКСТРАКЦИИ И СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Аннотация: В статье представлена информация об уникальных свойствах полимера кератина, методах его получения и современном состоянии исследований. Отмечено, что он представляет собой сложный белок с прочной структурой, обусловленной его структурными свойствами, и уникальный биоматериал с широким спектром применения благодаря своим биологическим свойствам. В работе анализируются современные исследования, анализируются различные методы получения кератина, включая гидролиз гидроксидом натрия, регенерацию муравьиной кислотой, микробиологические методы, гидролиз сульфидом натрия и этилендиаминтетрауксусной кислотой. Проанализированы преимущества, недостатки и пути оптимизации этих методов.

Ключевые слова: кератин, отходы перьев, биоматериал, методы экстракции, редуционный гидролиз, зелёная химия, ионные жидкости, глубокие эвтектические растворители, субкритический гидролиз воды, оптимизация.

Otaxanova Zulayho Abu Ali qizi

PhD Researcher, Namangan State University

Otaxanovazulayho67@gmail.com

Sattarova Dilfuza Maksudovna

Associate Professor, Namangan State Pedagogical Institute

iminova_d@mail.ru

UDC 677.473

KERATIN AS A BIOMATERIAL: EXTRACTION EFFICIENCY AND OPTIMIZATION METHODS

Abstract: The article presents information about the unique properties of the keratin polymer, methods of extraction, and the current state of research. It is noted that it is a complex protein with a strong structure due to its structural properties, and a unique biomaterial with a wide range of applications due to its biological properties. This work analyzes recent research, analyzes various methods of keratin extraction, including hydrolysis using sodium hydroxide, regeneration using formic acid, microbiological methods, hydrolysis using sodium sulfide and ethylenediaminetetraacetic acid. The advantages, disadvantages, and optimization methods of these methods are analyzed.

Keywords: Keratin, feather waste, biomaterial, extraction methods, reduction hydrolysis, green chemistry, ionic liquids, deep eutectic solvents, subcritical water hydrolysis, optimization.

Kirish

Keratin – tolali oqsillar guruhiga kiruvchi, yuqori darajada disulfid ko‘priklari va vodorod bog‘lari bilan mustahkamlangan biopolimer bo‘lib, tabiiy manbalardan keng miqyosda olinadi [1]. U soch, jun, shox, tirnoq va ayniqsa parranda patida ko‘p uchraydi. Sanoat miqyosida katta hajmdagi tovuq patlari chiqindisi arzon, qayta tiklanadigan va ekologik jihatdan barqaror keratin manbai sifatida diqqat markaziga tushmoqda [2,3].

Keratinning noyob mexanik xususiyatlari, tuzilishi va gidrolizga chidamliligi uni biomaterial sifatida tibbiyot, to‘qimachilik, qishloq xo‘jaligi va ekologik muhofaza sohalarida muhim ahamiyat kasb etishiga sabab bo‘lmoqda [4,5,6]. Shu bilan birga, keratindan samarali foydalanish uchun uni tabiiy manbasidan ajratib olish va qayta tiklash jarayoni katta ilmiy muammo bo‘lib qolmoqda [7].

So‘nggi yillarda keratin ajratib olish bo‘yicha turli yondashuvlar ishlab chiqilgan. An‘anaviy usullar kimyoviy moddalar (SDS, mochevina, DTT) va kuchli kislotali yoki ishqoriy erituvchilarga asoslangan bo‘lsa [8,9], zamonaviy tadqiqotlarda ionli suyuqliklar, chuqur evtektik erituvchilar va enzimatik yondashuv kabi “yashil” texnologiyalar tobora ko‘proq qo‘llanilmoqda [10,11].

Ushbu sharh maqolada yaqin yillarda chop etilgan ilmiy ishlarga asoslanib, keratin ajratib olish usullari solishtiriladi, ularning afzallik va cheklovlari tahlil qilinadi. Maqolaning asosiy maqsadi – pat asosidagi keratin ekstraksiyasini optimallashtirish strategiyalarini aniqlashdir.

Materiallar va metodlar

1. Kimyoviy usullar

Patdan keratin ajratib olishda eng ko‘p qo‘llaniladigan yondashuvlardan biri bu – ishqoriy gidroliz jarayonidir. Swati va Gupta (2016) tovuq patidan keratin olishda NaOH eritmasidan foydalanib, oqsilning disulfid bog‘larini buzish va keratin molekulalarini eritmada ajratib olishga erishgan. Ular 0,5 M NaOH eritmasida, 70 °C haroratda 3 soat davomida ishlov berish natijasida keratinning yaxshi chiqimini kuzatishgan. Ushbu yondashuv oddiy, iqtisodiy jihatdan arzon va ekologik xavfsiz bo‘lishi bilan birga, yuqori ishqoriy muhitda oqsilning qisman degradatsiyasi ehtimolini ham keltirib chiqaradi [2].

Aluigi va boshq. (2007) esa formik kislota asosida regeneratsiya usulini qo‘llab, keratinni ajratib olishni sinovdan o‘tkazishgan. Tadqiqotda 98 % li formik kislota erituvchisi qo‘llanilib, keratin 5 wt % konsentratsiyada eritilgan. Eritish

jarayoni 2 soat davomida olib borilgan bo'lib, natijada barqaror kolloid eritma hosil qilingan. Keyinchalik tayyor eritma poliestер plitalar yuzasiga quyilib, 50 °C da bir kecha-kunduz davomida quritilgan va natijada yupqa keratin plyonkalar olingan. Olingan namunalarning tahlillari shuni ko'rsatadiki, formik kislota asosida regeneratsiya qilingan keratin plyonkalari yuqori termal barqarorlikka ega bo'lib, 200–400 °C oralig'ida massaning bosqichma-bosqich pasayishi kuzatilgan. Ushbu natijalar formik kislota yordamida regeneratsiya qilingan keratinning asosiy ikkilamchi tuzilishi saqlanib qolishini va uni biotibbiyot maqsadlarida qo'llash mumkinligini tasdiqlaydi, biroq jarayonning kuchli kislotali sharoitda olib borilishi uni ekologik jihatdan xavfli deb baholashga sabab bo'ladi [8].

Santhiyaa va boshq. (2019) tovuq patidan olingan keratinni gidrolizat shaklida qayta ishlash imkoniyatlarini o'rganib, chiqindilarni qishloq xo'jaligi, atrof-muhit va biotibbiyot sohalarida qo'llashga bag'ishlangan tadqiqot ishini taqdim etishgan. Maqolada ta'kidlanganidek, keratin tolalari odatda suvda erimaydi va degradatsiyalanishi qiyin bo'lgan oqsil hisoblanadi — bu chiqindilarni muammoga aylantiradi. Ular keratinni gidroliz yoki mikrobiologik usullar orqali parchalaydi, natijada keratin gidrolizat hosil bo'ladi va bu mahsulotlar qishloq-xo'jaligida (o'sishni rag'batlantiruvchi bio-o'g'it), biogaz ishlab chiqarishda, sanoat chiqindilarini tozalashda, hamda yaralarni davolash va biomateriallar sifatida qo'llanishi mumkinligi ko'rsatilgan [15].

Natijalar

Fizik-kimyoviy va “yashil” erituvchilar

Hozirgi kunda ekologik xavfsiz yondashuvlar tobora ko'proq e'tibor qozonmoqda. Chaitanya va hamkorlari (2021) o'z tahlillarida chuqur evtektik erituvchilar (DES) va ion suyuqliklarni (IL) keratin ajratishda istiqbolli “yashil” erituvchilar sifatida qayd etishgan. Mualliflar DES va IL lar toksikligi past, qayta ishlanishi oson hamda ekologik xavfsiz variantlar ekanini ta'kidlaydilar [10].

Eliza-Gabriela va boshq. (2019) tabiiy chuqur evtektik erituvchilar (NADES) asosida jun va patdan keratin ajratish texnologiyasini ishlab chiqishgan. Ular xolin xlorid, sut kislotasi va glitserin kabi tabiiy komponentlardan tashkil topgan NADES tizimidan foydalangan. Ushbu erituvchilar toksik bo'lmagan, biologik parchalanadigan va qayta ishlanadigan bo'lib, an'anaviy kimyoviy erituvchilarga nisbatan ekologik xavfsiz alternativ hisoblanadi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, NADES yordamida olingan keratin molekulasi asosiy ikkilamchi tuzilmasi saqlanib qolgan va eritish samaradorligi yuqori bo'lgan. Biroq, bu usulda ishlatiladigan eritmalar qovushqoqligi yuqori bo'lgani sababli, jarayonning massani uzatish tezligi sekinlashadi va ekstraksiya vaqti uzayadi [12].

Chakmak (2022) tomonidan olib borilgan tadqiqotda g'oz patidan keratin ajratishning ikki xil kimyoviy usuli — Na₂S (sulfidli) va EDTA (xelat hosil qiluvchi)

asosidagi gidroliz usullari samaradorlik jihatidan solishtirilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi oqsilning ikkilamchi tuzilmasiga zarar yetkazmasdan, chiqimi yuqori bo'lgan optimal yondashuvni aniqlashdan iborat bo'lgan. Tajribada iflosliklardan tozalangan patlar mayda bo'laklarga kesilgan. Na₂S usulida 10 g yog'sizlantirilgan patlar 100 ml distillangan suvda 3,0 N NaOH va 0,2 N Na₂S aralashmasi bilan ishlov berilgan. Jarayon 25 °C da 1,5 soat davom etgan va aralashtirish yordamida gidroliz amalga oshirilgan. Reaksiya tugagach, eritma HCl bilan pH 4,2 gacha neytrallangan, hosil bo'lgan keratin cho'kmasi atseton bilan yuvilib, 50 °C da bir kecha-kunduz davomida quritilgan. Ushbu usul natijasida 86,34 % hosildorlik qayd etilgan.

EDTA usulida esa 10 g pat namunasi 100 ml suv va 10 g NaOH bilan aralashtirilgan, so'ngra 0,15 g EDTA qo'shilgan. Aralashma 40 °C da 2 soat davomida aralashtirib gidroliz qilingan. Reaksiya yakunida eritma HCl bilan pH 4,2 gacha neytrallangan, keyin cho'kma sentrifugalanib, atseton bilan yuvilgan va 50 °C da 24 soat quritilgan. Bu usulda 80,94 % hosildorlik olingan.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, Na₂S usuli yuqori oqsil chiqimi bilan ajralib turgan, biroq antioksidant faollik past (24,14 %) bo'lgan. EDTA usulida esa hosildorlik biroz past (80 %), ammo antioksidant faollik ancha yuqori (65 %) ekani aniqlangan. Bu holat EDTA ning oqsil tuzilmasini nisbatan kam darajada denaturatsiyaga uchratishi bilan izohlangan.

Mojca Skerget va boshq. (2023) tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda parranda patidan keratin ajratish uchun subkritik suv gidrolizi (Subcritical Water Hydrolysis, SubCW) qo'llanilgan. Ushbu usul an'anaviy kimyoviy erituvchilardan farqli o'laroq, faqat suvdan foydalanadigan ekologik "yashil" texnologiya hisoblanadi. Tajribalarda tovuq patlari xomashyo sifatida olingan va maxsus reaktorda 1:20 (g/ml) nisbatda suv bilan aralashtirilgan. Gidroliz jarayoni 150–250 °C harorat oralig'ida, 15–75 daqiqa davomida o'tkazilgan. Optimal natijalar 180 °C da 60 daqiqa ishlov berilganda kuzatilgan. Bu sharoitda oqsil to'liq erigan holda kolloid eritma hosil qilgan. Olingan keratin namunalarining molekulyar massasi 4,5–12 kDa oralig'ida bo'lgan, aminokislota tarkibi esa o'rtacha 2,5 wt% ni tashkil etgan. FTIR va elementar tahlillar natijalariga ko'ra, olingan mahsulotning asosiy oqsil tuzilmasi patning tabiiy keratini bilan o'xshash bo'lib, α-spiral va β-plastinka strukturasi asosan saqlanib qolgan [3].

Biotexnologik yondashuvlar

Keratin degradatsiyasi bo'yicha enzimatik usullar ham keng o'rganilgan. George, Grumezescu va Chifiriuc (2014) o'zlarining tadqiqotlarida keratin asosidagi biomateriallarning biologik ahamiyati, ularni olish manbalari va tibbiyotda qo'llanish yo'nalishlarini keng yoritgan. Mualliflar keratinning tabiiy manbalari — soch, pat, jun, shox va tirnoqlar haqida to'xtalib, bu chiqindilardan oqsil ajratish orqali barqaror

biomateriallar ishlab chiqish imkoniyatlarini ko'rsatgan. Keratinning kimyoviy tuzilishi, undagi disulfid ko'priklari, gidrofob aminokislotalar va β -sheet strukturasi uning mexanik barqarorligi va biologik funksional xususiyatlarini belgilab berishi ta'kidlangan. Ular xulosalarida keratin asosida tayyorlangan biomateriallarning tibbiyotga yara bitishini tezlashtiruvchi plyonkalar, dori tashuvchi nanosistemalar, suyak to'ldiruvchilar, antibakterial qoplamalar sifatida taklif qilishgan. Shuningdek, ularning ishlarida keratin va boshqa biopolimerlar (masalan, xitozan, kollagen, polilaktid) bilan kompozit hosil qilish ularning mexanik va biologik xususiyatlarini yaxshilashi qayd etilgan [6].

Shavandi va boshq. (2017) keratinning eritilishi, ekstraksiyasi va biotibbiyotda qo'llanilishlari bo'yicha keng ko'lamli izlanishlar olib borishgan. Ular keratin manbalari (jun, pat, tirnoq, shox) va bu chiqindilarni qayta ishlash zarurligi haqida to'xtalishadi — keratinning yuqori sistin (7–13 %) tarkibi uni boshqa strukturaviy oqsillardan ajratib turishini ta'kidlashadi. Ularning ishlarida keratinni eritish va ajratish bo'yicha bir qator usullar tahlil qilingan: ishqoriy ekstraksiya, reduksiya (tiollar bilan), oksidatsiya, mikto-to'lqin yordamida, bug' portlashi, ion suyuqliklar (ionic liquids). Har bir usulda ishlatilgan moddalar, sharoitlar, va ularning keratin tuzilmasiga ta'siri muhokama qilingan. Ular shuningdek, keratin asosidagi materiallarning plyonkalari, gel-materiallari va dori tashish tizimlari kabi biotibbiyot qo'llanmalari bo'yicha ham izlanishlar borganligini bayon etishadi [7].

Sandleen va boshq. (2020) tadqiqotlarida keratin asosidagi biomateriallarning tibbiyotdagi qo'llanish sohalarini keng yoritgan. Mualliflar keratin plyonkalari, gel va nanokompozitlarning yara bitish, dori tashish va to'qima regeneratsiyasidagi samaradorligini tahlil qilgan. Tadqiqotda keratinning biyoslashuvchan va biodegradatsiyalanadigan tabiati uni tibbiyot uchun istiqbolli material sifatida baholashga asos bo'lgani qayd etilgan [13].

Poole va boshq. (2009) regeneratsiya qilingan keratin va kollagen asosida ekologik barqaror tolalar olish imkoniyatlarini o'rganishgan. Tadqiqotda qayta ishlangan oqsillar biologik parchalanadigan va mexanik jihatdan barqaror materiallar berishi, chiqindi oqsillarni qayta ishlash esa barqaror biomateriallar ishlab chiqarishda muhim yo'nalish ekanligi aniqlangan [14].

Muhokama

Turli usullarni solishtirganda kimyoviy usullar yuqori sifatli keratin ajratib berishi, ammo ko'pincha ekologik xavfsiz emasligi aniqlandi [2,6]. Yashil erituvchilar yordamida olib borilgan usullar esa (DES, ionik suyuqliklar) ekologik va iqtisodiy jihatdan samarali bo'lib, kelajak uchun istiqbolli hisoblanadi [11,12,14]. Enzimatik yondashuvlar keratinning biologik xususiyatlarini saqlaydi, biroq jarayonning sekinligi va fermentlarning qimmatligi sababli sanoat miqyosida keng qo'llashga to'sqinlik qiladi [9]. Kombinatsiyalangan yondashuvlar esa har ikki

tomonning afzalliklarini birlashtirish orqali optimallashtirishga xizmat qilishi mumkin [10].

Keratin ekstraksiyasi jarayonini optimallashtirish bo'yicha asosiy ilmiy manbalar tahlili

Jadval 1.

No	Ilmiy manba	Qo'llagan usul	Asosiy sharoit	Afzallik	Cheklov
1	Swati va boshqalar (2016)	Ishqoriy gidroliz (NaOH eritmasida)	0.5 M NaOH, 70 °C, 3 soat, aralashtirish 200–300 rpm	Oddiy, arzon, yuqori chiqim, ekologik xavfsiz	Yuqori ishqor konsentratsiyasi oqsilni qisman parchalaydi, molekulyar massasi kamayadi
2	Aluigi va boshqalar. (2007)	Formik kislota regeneratsiyasi	98 % formik kislota, 5 wt % keratin, 2 soat eritish, 50 °C da quritish	Yuqori termal barqarorlik, ikkilamchi tuzilma saqlanadi	Kuchli kislotali muhit ekologik xavf tug'diradi
3	Santhiyaa va boshqalar (2019)	Gidroliz (fermentativ yoki kimyoviy parchalanish)	Tovuq patidan olingan keratin gidroliz qilinib, qisqa peptidlar va aminokislotalar hosil qilingan	Mahsulotlar bioo'g'it, biotibbiy va ekologik sohalarda qo'llanishi mumkin	Keratinning tabiiy struktura va funksional xususiyatlari to'liq saqlanmaydi
5	Emel Chakmak (2022)	Na ₂ S va EDTA yordamida gidroliz	Na ₂ S: 3 N NaOH + 0.2 N Na ₂ S, 25 °C, 1.5 soat; EDTA: 10 g NaOH + 0.15 g EDTA, 40 °C, 2 soat	Na ₂ S bilan yuqori chiqim (86 %), EDTA bilan yuqori antioksidant faollik (65 %)	Na ₂ S usuli kuchli ishqoriy muhit talab qiladi, EDTA usuli past hosildor, lekin ko'proq vaqt oladi
6	Mojca va boshqalar. (2023)	Yashil erituvchilar asosida	1:20 g/mL pat/suv, 180 °C, 60 min	Kimyoviy reagentlarsiz "yashil"	Yuqori harorat va maxsus reaktor talab

		ekstraksiya		jarayon, yuqori sifatli keratin	etadi.
7	George va boshqalar. (2014)	Enzimatik (keratinaz yordamida gidroliz)	Keratin chiqindilarini keratinaz fermenti bilan parchalanishi	Biologik faol oqsil tuzilmasi saqlanadi, toksik emas	Fermentlar qimmat, jarayon sekin, sanoat miqyosida qiyin qo'llaniladi
8	Shavandi va boshqalar. (2017)	Kombinatsiyalangan (kimyoviy + enzimatik), Turli usullar (ishqor, reduksiya, oksidatsiya, ionli suyuqliklar)	Jun, pat va boshqa keratin manbalari; tiollar bilan reduksiya, ion suyuqliklar 90-180 °C h.k.	Keratinni biomaterial sifatida ishlatish imkoniyatlari keng	Jarayon ko'p bosqichli, Ko'plab usullar murakkab, energiya/uskuna talab qiladi; tuzilmaning buzilishi xavfi mavjud

Xulosa

Pat tarkibidagi keratinni ajratish texnologiyalari tahlili shuni ko'rsatadiki, mavjud usullar turli fizik-kimyoviy tamoyillarga asoslangan bo'lib, ularning har biri ma'lum maqsad uchun samarali hisoblanadi. Kimyoviy yondashuvlar yuqori hosildorlik va tez natija berishi bilan ajralib tursa-da, oqsilning tabiiy tuzilmasiga zarar yetkazishi va ekologik xavfsizlik nuqtai nazaridan cheklovlarga ega. Enzimatik jarayonlar, aksincha, yumshoq sharoitda olib boriladi va keratinning biologik faol strukturasini saqlaydi, biroq ularning iqtisodiy samaradorligi past va jarayon davomiyligi yuqori. "Yashil kimyo" tamoyillariga asoslangan yondashuvlar — ionli suyuqliklar, chuqur evtektik erituvchilar yoki subkritik suv gidrolizi — ekologik jihatdan afzal, qayta ishlanishi oson va toksikligi past texnologiyalar sifatida e'tirof etilmoqda.

Umuman olganda, keratin ajratib olishning yagona optimal usuli mavjud emas, tanlov yakuniy mahsulotning qo'llanilish sohasiga bog'liq. Tibbiyot va biomateriallar uchun keratinning tabiiy strukturasini saqlovchi yumshoq yoki enzimatik usullar, texnik va kompozit materiallar uchun esa yuqori hosildor kimyoviy yondashuvlar maqsadga muvofiqdir. Kelgusida tadqiqotlar ushbu usullarni integratsiyalash, ya'ni yuqori sifatli va biologik faol keratin olish bilan birga jarayonning iqtisodiy hamda ekologik barqarorligini ta'minlashga qaratilishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Barone, J. R., Shmidt, W. F., Liebner, K. F. E. Thermally processed keratin films. *Journal of Applied Polymer Science*, 2005. 97(4), 1644–1651.
2. Swati, Sh., Gupta, A., Syed, M., S., Tuan, Ch., Extraction and characterization of keratin from chicken feather waste biomass: a study. *The National Conference for Postgraduate Research 2016*, Universiti Malaysia Pahang.
3. Mojca, S., Maja, C., Lidiya, F., Lidiya, G., Tanja, Z. S., Blanka T. L., Uros M., Efficient and Green Isolation of Keratin from Poultry Feathers by Subcritical Water. *Polymers* 2023, 15, 2658.
4. Vasconcelos, A., Cavaco-Paulo, A. The use of keratin in biomedical applications. *Current drug targets*. Volume 14, Issue 5, 2013. 612-619.
5. Tachibana, A., Kaneko, S., Tanabe, T., & Yamauchi, K. Rapid fabrication of keratin–hydroxyapatite hybrid sponges toward osteoblast cultivation and differentiation. *Biomaterials*, 2005.26(3), 297-302.
6. George, D., M., Alexandru, M., G., Mariana, C., Ch. Keratin-based biomaterials for biomedical applications. *Curr Drug Targets*. 2014 May. 15 (5):518-30.
7. Shavandi, A., Silva, T. H., Bekhit, A. A., & Bekhit, A. E. Keratin: Dissolution, extraction and biomedical application. *Biomaterials Science*, 2017. 5(9), 1699–1735.
8. Aluigi, A., Zoccola, M., Vineis, C., Tonin, C., Ferrero, F., Canetti, M. Study on the structure and properties of wool keratin regenerated from formic acid. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2007 41(3), 266–273.
9. Yamauchi, K., Yamauchi, A., Kusunoki, T., Kohda, A., Konishi, Y. Preparation of stable aqueous solution of keratins, and physiochemical and biodegradational properties of films. *J Biomed Mater Res*. 1996 Aug. 31(4):439-44.
10. Chaitanya, R., Ch., Syed, M., Siti, N., Mohd, A., Arun, G., Mohamed, Y., S., Sabarunisha, B., Boya, N., Extraction and application of keratin from natural resources: a review. *3 Biotech* (2021) 11:220.
11. Emel, Ch., Keratin Isolation Methods from Waste Goose Feather: An Effective Comparison. *Turkish Journal of nature and science*. Volume 11, Issue 2, Page 113-117, 2022.
12. Eliza-Gabriela, M., Carmen-Valentina N., Naomi, T., Victor, F., Valentin, C., Z., Diana, C., and Florin, O., Keratin Extraction from Wool and Feathers Using Natural Deep Eutectic Solvents. *Proceedings* 2019, 29, 98.
13. Sandleen, F., Nawshad, M., Jithendra, R., George, D., Keratin - Based materials for biomedical applications. *Bioactive Materials* 5 (2020) 496–509
14. Poole, A. J., Church, J. S., Huson, M. G. Environmentally sustainable fibers from regenerated protein. *Biomacromolecules*. 2009 Jan 12;10 (1):1-8.

- 15.Santhiyaa, R., V., Aruni, W., Prasanna, B.,N., Suresh, G. Applications of Feather Keratin Hydrolysate in Divergent Fields. Biosc.Biotech.Res.Comm. 2019;12(4)