



ISSN 3030-3907

2026/3
VOLUME 6

***DEVELOPMENT
OF SCIENCE
ILMIY JURNAL***



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 6

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:

Temirov Alisher Hoshim o'g'li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD), Dotsent.

TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:

Fozilov Sadriiddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor

TAHRIRIYAT KENGASH A'ZOLARI

TEKNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G'ayrat Rashidovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor

Abdurahmonov Olim Rustamovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor

Adizov Bobur Zamirovich

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor

Hayitov Ruslan Rustamjonovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor

Jumayev Qayum Karimovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.

Berdiyev Dorob Murodovich

Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor

Maxmudov Rafiq Amonovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.

Tilloev Lochin Ismatilloevich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Raxmonov Qahramon Sanakulovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor

Umarov Baqo Bafoyevich

Buxoro Davlat Universiteti, professor

Kodirov Abduaxad Abduraximovich

Qarshi davlat Universiteti, professor

Qurbonov Mingniqul Jumagulovich

Qarshi davlat Universiteti, dotsent

Turemuratov Sharibay Naurizbaevich

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog'iston bo'limi Bosh ilmiy kotibi, professor

Tursunov Kaxor Shonazarovich

Qarshi davlat Universiteti, professor

Barakayev Nusratullo Rajabovich

Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.

Jo'rayev Xayrullo Fayziyevich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.

Panoyev Erali Rajaboyevich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Ataullayev Sherzod Nabiullyevich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Murodov Malik Negmurodovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Axmedova Ozoda Bahronovna

Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.

Safarov Bahri Jumayevich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Xaydarov Axtam Amonovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Safarov Jasur Alijon o'g'li

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Асадова Раъно Дилмуратовна

Тошкент Давлат техника университети доценти

Do'stov Hamro

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor

Panoyev Nodir Shavkatovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Olimov Bobur Bahodir o'g'li

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Kasimov Sherzod Abduazimovich

Termiz Davlat Universiteti, professor.

Aliqulov Rustam Valiyevich

Termiz Davlat Universiteti, professor

Tropov Xamza Tursunovich

Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.

Boboyev Akmal Choriyevich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.

Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor

Saidaxmedova Nodira Ilkomovna

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor

Muxsinov Bekzod Toxirovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Shakarov Qulmat Ashirovich

Renessans ta'lim universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G'afforovna

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Zoyirov Erkin Xalilovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor

Gaffarov Feruz Hasanovich

Puchon Universiteti, professor

Ruziyev Davron Yuldashevich

Buxoro Davlat Universiteti, professor

Muradova Firuza Rashidovna

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.

Yunusova Gulandon Samiyevna

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.

To'xtayeva Zebo Sharifovna

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.

Jumaeva Zulfiya Qayumovna

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Norova Salomat Yusupovna

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Jalilov Jamshid G'anijonovich

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent

Xasanova Gulruh Djumanazarovna

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Navro'zova Gulchixra Nigmatovna

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Uzoqova Laylo Polvonovna

Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

To'raqulova Marjona Qiyom qizi

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Muradova Zarina Rashidovna

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Murodov Sanjar Aslonovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

Shodiyev Jahongir Jo'raqulovich

Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent

Gaffarov Laziz Hasanovich

Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a'zolarining to'liq ro'yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay'ati a'zolarining tarkibini o'zgartirish hamda qo'shimcha kiritish yoki tahririyat a'zolidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

Development of science
ilmiy jurnali 2024 yil 15
aprel kuni №256445 sonli
guvohnoma bilan Davlat
ro'yxatidan o'tgan.

To'plam elektron ko'rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To'plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma'lumotlar va me'yoriy hujjatlarning to'g'riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o'zlari mas'ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to'plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo'mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

GIDROTERMAL KARBONIZATSIYA TEXNOLOGIYASIGA QO'LLASH UCHUN OZIQ-OVQAT CHIQUINDILARINING TARKIBIY, FIZIK-KIMYOVIY VA ENERGETIK XOSSALARINI O'RGANISH

Karimov Islom Ismat o'g'li

“TIQXMMI” Milliy Tadqiqot Universiteti tayanch doktoranti

E-mail: ikarimov.ilm@gmail.com

Abdug'aniyev Nurislom Nuritdin o'g'li

“TIQXMMI” Milliy Tadqiqot Universiteti katta o'qituvchisi

Annotatsiya. Maqolada maishiy chiqindilarning 52% gacha qismini tashkil etuvchi oziq-ovqat chiqindilarini gidrotermal karbonizatsiya (HTC) orqali qayta ishlash masalasi va uning ekologik dolzarbligi tadqiq etilgan. Tadqiqotda Toshkent shahar chiqindilarining tarkibiy-uglevodli va proksimat tahlil uslubiyatidan foydalanilib, ularning energetik salohiyati baholangan. Natijalar oziq-ovqat chiqindilarining yuqori issiqlik sig'imiga (23.18 MJ/kg) ega ekanligini va sub-bitumli ko'mirga muqobil sifatli bio-yoqilg'i manbai bo'la olishini ko'rsatdi. Muallifning ilmiy-amaliy hissasi mahalliy chiqindilar asosida energiya-zich bioko'mir ishlab chiqarishning texnik imkoniyatlarini asoslash va qayta tiklanuvchi energiya manbalari bazasini kengaytirishdan iborat.

Kalit so'zlar: Maishiy qattiq chiqindilar, chiqindilar morfologiyasi, oziq-ovqat chiqindilarini valorizatsiya qilish, gidrotermal karbonizatsiya, bio-ko'mir, gidrochar, fizik-kimyoviy tavsiflash.

Аннотация. В статье рассматривается проблема эффективной утилизации пищевых отходов в Ташкенте, актуальность которой обусловлена их доминирующей долей (до 52%) в составе твердых бытовых отходов. Методология исследования включает структурно-углеводный и технический анализы для оценки потенциала технологии гидротермальной карбонизации. Результаты подтвердили высокую теплотворную способность сырья (23,18 МДж/кг), сопоставимую с характеристиками суббитуминозного угля. Научный и практический вклад автора заключается в комплексном обосновании пригодности местных органических отходов для производства высококачественного биоугля, что открывает новые возможности для термохимической valorизации.

Ключевые слова: Муниципальные твердые отходы, морфология отходов, valorизация пищевых отходов, гидротермальная карбонизация, биоуголь, физико-химическая характеристика.

Abstract. This study addresses the critical issue of food waste management in Tashkent, highlighting its urgency as food waste accounts for up to 52% of municipal solid waste. Utilizing integrated structural carbohydrate and proximate

analysis methodologies, the research evaluates hydrothermal carbonization as a viable thermochemical valorization pathway. The findings demonstrate a high heating value (23.18 MJ/kg) and a balanced lignocellulosic matrix, positioning food waste as a competitive feedstock for bio-coal production comparable to sub-bituminous coal. The author's scientific and practical contribution lies in providing a comprehensive characterization of local waste streams, establishing a framework for sustainable solid bio-fuel generation.

Keywords: municipal solid waste, waste morphology, food waste valorisation, hydrothermal carbonization, bio-coal, hydrochar, physico-chemical characterization.

KIRISH

Aholisi 33 milliondan ortiq bo'lgan O'zbekiston Markaziy Osiyoning boshqa mamlakatlariga qaraganda ancha ko'p miqdorda maishiy chiqindilarni hosil qiladi. Bu ko'rsatkich yiliga taxminan 35 million m³ ga yetadi. Shu bilan birga, har yili 100 million tonnadan ortiq sanoat va maishiy chiqindilar poligonlarga joylashtiriladi [1]. Faqatgina Toshkent shahrining o'zida 2020 va 2024-yillar oralig'ida kunlik chiqindi hosil bo'lishi 1500 dan 2100 tonnagacha yetgan bo'lib, Ohangaron va To'labek kabi yirik poligonlariga chiqindilar oqimini sezilarli oshirgan [2]. Jadal urbanizatsiya, turmush tarzining o'zgarishi va qishloq aholisining shaharlarga ko'chishi mavjud chiqindilarni utilizatsiya qilish infratuzilmasiga bo'lgan yuklamani yanada kuchaytirmoqda. Bu esa, chiqindilarni qayta ishlash orqali ulardan foydali mahsulotlar olishning barqaror usullarini joriy etish zarurligini ko'rsatadi. Rivojlanayotgan mamlakatlarda maishiy chiqindilarining katta qismi organik xarakterga ega ekanligini hisobga olgan holda [3], [1], oziq-ovqat va qishloq xo'jaligi chiqindilarini gidrotermal karbonizatsiya jarayoni orqali yuqori qiymatli bioko'mirga aylantirish istiqbolli mahalliy strategiya hisoblanadi [1].

Global miqyosda maishiy chiqindilar hosil bo'lish hajmi 2016-yilda taxminan 2,01 milliard tonnaga yetgan bo'lib, 2050-yilga borib bu ko'rsatkich 3,4 milliard tonnagacha oshishi prognoz qilinmoqda [1], [4]. Dunyo bo'yicha chiqindilarning qariyb uchdan bir qismi hanuzgacha, ayniqsa rivojlanayotgan mamlakatlarda, ochiq poligonlarda joylashtiriladi. Ularni qayta ishlash darajasi esa atigi 5% atrofida bo'lib qolmoqda. Bu holat atrof-muhit va jamoat salomatligi uchun jiddiy salbiy oqibatlarni keltirib chiqarmoqda. Maishiy chiqindilar tarkibidagi organik fraksiyaning yuqori ulushi (rivojlanayotgan mamlakatlarda ko'pincha 50% dan ortiq) — poligonlarda CH₄, CO₂, H₂S va NH₃ kabi zararli gazlarning ajralib chiqishiga sabab bo'ladi [5]. Bu gazlar iqlim o'zgarishiga hamda ekotizimlarning degradatsiyasiga hissa qo'shadi [4].

Dunyo miqyosida aholining barqaror o'sishi va sanoatning uzluksiz kengayishi energiyaga bo'lgan talabni keskin oshirmoqda. Bu esa, barqaror energiya manbalarini izlashni jadallashtirmoqda [6]. Shu bilan birga, har yili hosil bo'ladigan ulkan hajmdagi organik chiqindilarni boshqarish masalasi ham jahon miqyosida dolzarb muammoga aylanmoqda [5]. Maishiy chiqindilarning muhim qismini tashkil etuvchi oziq-ovqat chiqindilari yuqori namlik darajasi tufayli qayta ishlash uchun murakkab xomashyo hisoblanadi. Ularning namligi qayta ishlanmagan holatda odatda 70% dan 90% gacha yetadi [7], [8]. Bunday yuqori namlik an'anaviy termik konversiya usullarini (masalan, piroliz yoki yoqish) samarasiz qiladi. Chunki ular oldindan energiya sarfi yuqori va qimmat bo'lgan quritish bosqichini talab etadi [3], [9]. Mazkur tadqiqotning maqsadi maishiy va qishloq xo'jaligi chiqindilarining fizik-kimyoviy xususiyatlarini har tomonlama o'rganish, hamda, ularni gidrotermal karbonizatsiya texnologiyasida qo'llash imkoniyatlarini baholashdan iborat.

METODOLOGIYA

Maishiy chiqindilarning morfologiyasini o'rganish usublari

Chiqindi tarkibi maishiy chiqindi turlarining umumiy chiqindi massasidagi ulushi yoki og'irlik foizi sifatida izohlanadi [10]. Chiqindi turlari va ularning maishiy chiqindilar tarkibidagi ulushini aniqlash maqsadida Toshkent shahrining ikki tumanida tadqiqotlar olib borildi. Namuna yig'ish uchun ikkita chiqindi yig'ish punkti tanlab olindi. Amerika Sinov va Materiallar Jamiyati (ASTM) D 5231-92 standartiga ko'ra, maishiy chiqindilar xususiyatlarini to'liq ifodalash uchun saralanadigan namunaning og'irligi 91–136 kg oralig'ida bo'lishi talab etiladi [10]. Shu sababli, mazkur tadqiqotda har bir chiqindi yig'ish punktidan 100 kg chiqindi namunalari ajratib olindi. Namunalar konteynerlardan maxsus qoplarga solinib, tarozi yordamida og'irligi o'lchandi. ASTM talablari asosida toza va tekis maydon tayyorlanib, chiqindi qoplari bo'shatildi. Chiqindilar bir tekisda taqsimlanishi uchun chiqindilar plastik qoplardan chiqarildi. So'ngra ochilgan chiqindi uyumi belkurak yordamida to'rt tomondan yaxshilab aralashtirildi. So'ngra, choraklash (quartering) usuli qo'llanildi: aralashtirilgan chiqindi uyumi teng to'rt qismga bo'lindi va diagonal joylashgan ikkita qism chiqarib tashlandi. Qolgan ikkita qism saralash bosqichiga yo'naltirildi.

Saralash bosqichida namuna yana bir bor belkurak yordamida aralashtirildi va ajratish jarayoni amalga oshirildi. ASTM D 5231-92 chiqindi tarkibini qayd qilish formasiga ko'ra, yettita asosiy chiqindi turi ajratildi: qog'oz, plastik, oziq-ovqat chiqindilari, metallar, shisha, tekstil va boshqalar [10]. Dastlab, chiqindi aralashmasida eng ko'p uchraydigan plastiklar ajratib olindi. Shundan so'ng mos ravishda qog'oz, tekstil, shisha va metallar saralab olindi. Yakuniy bosqichda oziq-

ovqat chiqindilari va boshqa turdagi chiqindilar ajratildi. Saralangan chiqindi fraksiyalari tegishli yorliqlar bilan belgilangan yettita maxsus plastik qoplarga joylashtirildi va har bir fraksiyaning og‘irligi tarozi yordamida aniqlandi. Natijalar chiqindi tarkibi tarkibini qayd qilish formasiga yozildi. Keyingi laboratoriya tahlillari uchun har bir fraksiyadan 1 kg dan namuna ajratib olindi.

Namunalarni laboratoriya tahlillari uchun tayyorlash

Oziq-ovqat chiqindi namunalari Toshkent shahridagi chiqindi yig‘ish punktlaridan olindi va keyingi tahlillar uchun tayyorlandi. Dastlab, namunalar kalibrlangan elektron tarozida tortildi. Shundan so‘ng, qoldiq namlikni yo‘qotish uchun elektr termostatli quritish shkafida (model: GZX-9140 MBE) 105 °C haroratda 4 soat davomida quritildi. Natijada namlik miqdori 10,3% gacha tushirildi. Namunalar xona haroratida sovutildi va yakuniy quruq massani aniqlash uchun elektron tarozida qayta o‘lchandi. Oziq-ovqat chiqindi namunalari universal maydalagich (model: oziq-ovqat-100) yordamida maydalandi. Maydalangan materiallar vibratsion elak qurilmasi (model: Retsch AS 200) yordamida 1 mm va 0,15 mm o‘lchamli elaklardan o‘tkazildi. Natijada, zarrachalar uchta fraksiyaga ajratildi: 1 mm dan kichik, 0,15–1 mm oralig‘ida va 0,15 mm dan katta fraksiyalar. Ushbu o‘lchamlar [11], [12], [13] larning ilmiy ishlari asosida tanlandi. Elakdan o‘tgan fraksiyalar keyingi laboratoriya tahlillari uchun yorliqlangan plastik idishlarga joylashtirildi.

Texnik, elementar va yuqori yonish issiqligi tahlillari

2-jadvalda oziq-ovqat chiqindi namunalari uchun qo‘llanilgan texnik tahlil protokoli ko‘rsatilgan. Yuqorida ta’kidlanganidek, namlik miqdori chiqindi namunasini quritish shkafida doimiy massa hosil bo‘lguncha saqlash natijasidagi massa yo‘qotilishi asosida aniqlandi va ASTM D-3173 standartiga muvofiq hisoblandi. Uchuvchan moddalar miqdori ASTM D3175 standarti asosida $1,0 \pm 0,1$ g namunani mufel pechida (model: SX2-5-13E) 950 °C haroratda 7 daqiqa davomida saqlash orqali aniqlandi. Kul miqdori ASTM D3174 standarti bo‘yicha $1,0 \pm 0,1$ g namunani mufel pechida 750 °C haroratda 4 soat davomida to‘liq yoqish orqali o‘lchandi. Sobit uglerod (fixed carbon) miqdori esa 2-jadvalda keltirilgan formula bo‘yicha hisoblab topildi.

2-jadval.

Texnik tahlilni o‘tkazish tartibi

Jarayon	Foydalanilgan qurilmalar	Jarayon asosiy parametrlari	Formulalar
Namlik miqdori	GZX – 9140 MBE	105°C haroratda 4 soat	$\%NM = \frac{(W_{nam} - W_{quruq})}{W_{nam}}$

Uchuvchan moddalar miqdori	SX2-5-13E Mufel pechi	950°C haroratda 7 daqiqa (ASTM D3175 ga ko'ra)	$\%UM = \frac{(W_{namuna} - W_{kul})}{W_{namuna}}$
Kul miqdori		750°C haroratda 4 soat (ASTM D3174 ga ko'ra)	$\%Kul = \frac{(W_{namuna} - W_{kul})}{W_{namuna}} * 100$
Sobit uglerod miqdori	Formula orqali	$\%SU = 100(\%namlilik + \%uchuvchan\ modda + \%kul)$	

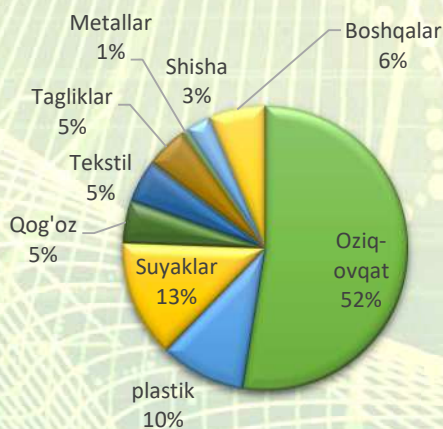
Oziq-ovqat chiqindilarining yuqori yonish issiqligi (HHV) va past yonish issiqligi (LHV) IKA C5000 bomba kalorimetri yordamida aniqlandi. Yakuniy natija sifatida uch marta takrorlangan tajribalarning o'rtacha qiymati qabul qilindi.

NATIJA VA MUHOKAMA

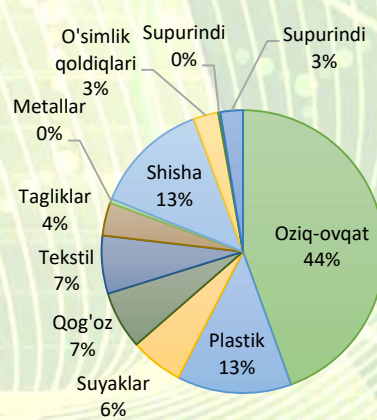
Maishiy chiqindilar tarkibi

1-rasmda Toshkent shahrining Chilonzor va Mirzo Ulug'bek tumanlaridan to'plangan maishiy chiqindilar tarkibi keltirilgan. 1a-rasmda, maishiy chiqindilar tarkibida oziq-ovqat chiqindilarining ulushi 52% ekanligi ko'rsatilgan. Undan keyingi o'rinda suyaklar, turli hayvon qoldiqlari 13% ko'rsatkich bilan organik chiqindilar sifatida 2-o'rinda turadi. Maishiy chiqindilarning qolgan qismini esa qog'oz, to'qimachilik mahsulotlari, tagliklar, metallar, shisha va boshqa turdagi chiqindilar tashkil etadi. Maishiy chiqindilar tarkibidagi organik chiqindilarning yuqori ulushi (taxminan 66 %) ushbu chiqindilarni gidrotermal karbonizatsiya orqali bioko'mir ishlab chiqarish uchun xomashyo sifatida juda mos ekanligini ko'rsatadi.

a)



b)



1-rasm. a) Chilonzar tumani va b) Mirzo Ulug'bek tumani hududlaridan yig'ilgan maishiy chiqindilarning morfologik tarkibi

1b-rasmda ham oziq-ovqat chiqindilari 44% bilan eng katta ulushni egallaydi. Shuningdek, plastik va shisha chiqindilarining har biri 13% ni, suyaklar 6% ni, qog‘oz va to‘qimachilik mahsulotlari ham har biri 7% ni tashkil etadi. Umumiy organik chiqindilar (oziq-ovqat + suyaklar + o‘simlik chiqindilari) ulushi 54% dan ortiqni tashkil qilib, gidrotermal karbonizatsiya texnologiyasi orqali qo‘shilgan qiymatli mahsulot olish uchun yuqori salohiyat mavjudligini tasdiqlaydi. 1-rasm (a, b) natijalari Toshkent shahrida maishiy chiqindilar tarkibida oziq-ovqat chiqindilari ulushi 44–52% oralig‘ida ekanligini ko‘rsatadi. Bu esa barqaror bioko‘mir ishlab chiqarishga yo‘naltirilgan gidrotermal karbonizatsiya jarayonlari uchun doimiy va lignosellyulozaga boy xomashyo manbai mavjudligini anglatadi.

Kimyoviy tarkib, texnik , elementar va yuqori yonish issiqligi tahlillari

4-jadvalda mazkur tadqiqotda foydalanilgan oziq-ovqat namunalari lignosellyulozaviy tarkibining o‘rtacha qiymatlari standart kimyoviy fraksiyalash usullari orqali aniqlangan holda keltirilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, oziq-ovqat chiqindilari asosan uglevodlarga boy xomashyo bo‘lib, quruq massa asosida, sellyuloza 45,22%, yarimsellyuloza 29,39% va lignin 25,47% ni tashkil etdi (qiymatlar uch martalik tahlil natijalarining o‘rtacha ko‘rsatkichidir). Ushbu uch asosiy fraksiyalarning umumiy yig‘indisi 100 % ni tashkil etadi. Sellyuloza va yarimsellyuloza miqdorining odatiy yog‘och yoki o‘simlik qoldiqlari tarkibiga nisbatan yuqoriroq va nisbatan muvozanatli taqsimlanganligi oziq-ovqat chiqindilarining qo‘shimcha qiymatga ega energiya mahsulotlari, jumladan bioko‘mir ishlab chiqarishga qaratilgan biokimyoviy hamda termokimyoviy konversiya jarayonlari uchun qulay xomashyo ekanligini ko‘rsatadi.

4-jadvalga ko‘ra, oziq-ovqat chiqindilari tarkibida 10.28% namlik, 59,46 % uchuvchan moddalar, 22,65% kul va 4,61% sobit uglerod (fixed carbon) aniqlangan. Uchuvchan moddalarning yuqori miqdori xom-ashyoning yaxshi reaktivlikka ega ekanini va termokimyoviy konversiya jarayonlari uchun mosligini ko‘rsatadi. Nisbatan yuqori sobit uglerod ulushi esa lignosellyulozaviy tuzilmalarning ko‘mir (char) hosil bo‘lishiga qo‘shayotgan hissasini aks ettiradi.

4-Jadval.

Oziq-ovqat namunalari uchun texnik, elementar, energetik va kimyoviy tarkib tahlillari natijalari

Tahlillar nomlari va tarkibi	Ko‘rsatkichlar
Texnik tahlil (proximate analysis)	
Namlik miqdori	10.28
Uchuvchan moddalar miqdori	59.46
Kul miqdori	22.65

Sobit uglerod miqdori	4.61
Elementar tahlil (Ultimate analysis) []	
Carbon	25.81
Hydrogen	16.02
Nitrogen	2.02
Sulphur	0.19
Oxygen (by difference)	55.93
High Heating Value (MJ/kg)	23.18
Structural carbohydrates	
Cellulose	45.22
Hemicellulose	29.39
Lignin	25.47

Izoh: Barcha namunalar quruq massa (dry basis) asosida tahlil qilindi

Oziq-ovqat chiqindilarining elementar tahlili yuqori miqdordagi uglerod (25,81%), vodorod (16,02%) va kislorod (55,93%) mavjudligini ko'rsatadi. Bunday tarkib oziq-ovqat qoldiqlarida odatda uchraydigan lipidlar, oqsillar va uglevodlarning ustunligini aks ettiradi. Vodorod miqdorining yuqoriligi yuqori yonish issiqligi (HHV) qiymatining 23,18 MJ/kg bo'lishiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Shu bilan birga, azot miqdorining nisbatan yuqoriligi (2,02%) oqsilga boy moddalar mavjudligini bildiradi. Bu esa termokimyoviy qayta ishlash jarayonida azot oksidlarining hosil bo'lishiga olib kelishi mumkin. Uglerod ulushi nisbatan past bo'lishiga qaramay, elementar tahlil oziq-ovqat chiqindilarining yuqori energiya salohiyatiga ega ekanligini tasdiqlaydi. Bu esa, oziq-ovqat chiqindilarini gidrotermal karbonizatsiya texnologiyasi orqali olingan qattiq yoqilg'ining ham yonish issiqligining yuqori bo'lishini bildiradi.

Oziq-ovqat chiqindilarining 23,18 MJ/kg ga teng bo'lgan yuqori yonish issiqligi miqdoriy jihatdan sub-bitum ko'mirning yonish issiqligiga yaqin bo'lib, ko'plab lignosellyulozali biomassa turlaridan sezilarli darajada yuqori hisoblanadi. Bu natija gidrotermal karbonizatsiya orqali olingan bio-ko'mirning yuqori energetik salohiyatini tasdiqlaydi.

XULOSA.

Toshkent shahridagi maishiy chiqindilarni kompleks tavsiflash bo'yicha o'tkazilgan o'rganishlar natijalari shuni ko'rsatadiki, oziq-ovqat chiqindilari barcha tumanlarda doimiy ravishda yuqori ulushlarda hosil bo'lmoqda. Toshkent shahri uchun maishiy chiqindilar tarkibidagi organik chiqindilarning umumiy ulushi (oziq-ovqat + suyaklar + o'simlik qoldiqlari) 54% dan yuqori ekanligi aniqlandi. Lignosellyulozaga boy bo'lgan ushbu organik chiqindilarni bioko'mir

ishlab chiqarishga qaratilgan gidrotermal karbonizatsiya texnologiyasi uchun asosiy xomashyo sifatida qo'llash mumkinligi asoslandi. Tarkibiy va issiqlik tahlillari ham oziq-ovqat chiqindilarining gidrotermal karbonizatsiya jarayoni uchun qulay xususiyatlarga ega ekanligini ko'rsatadi. Strukturaviy uglevodlar tahlilida, sellyuloza va yarimsellyuloza miqdori yuqori bo'lgan, sezilarli lignin ulushi bilan to'ldirilgan uglevodlarga boy tarkib aniqlandi. Texnik tahlil va yuqori yonish issiqligi tahlillari natijalari oziq-ovqat chiqindilarining gidrotermal karbonizatsiya texnologiyasi uchun ishonchli xomashyo ekanligini hamda ushbu jarayon orqali sub-bitum ko'mir bilan raqobatlasha oladigan bioko'mir olish mumkinligi tasdiqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O. Tursunov, K. Śpiewak, N. Abduganiev, Y. Yang, A. Kustov, and I. Karimov, "Thermogravimetric and thermovolumetric study of municipal solid waste (MSW) and wood biomass for hydrogen-rich gas production: a case study of Tashkent region," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 30, no. 52, pp. 112631–112643, Oct. 2023, doi: 10.1007/s11356-023-30368-0.
2. O. Tursunov *et al.*, "Comprehensive study on social, compositional and thermal aspects of household solid waste for waste-to-energy potential estimation in Tashkent city," *Energy Rep.*, vol. 12, pp. 430–441, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.egyr.2024.06.035.
3. H. B. Sharma, A. K. Sarmah, and B. Dubey, "Hydrothermal carbonization of renewable waste biomass for solid biofuel production: A discussion on process mechanism, the influence of process parameters, environmental performance and fuel properties of hydrochar," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 123, p. 109761, May 2020, doi: 10.1016/j.rser.2020.109761.
4. O. Tursunov *et al.*, "Characterisation and gas chromatography–mass spectrometry analysis of products from pyrolysis of municipal solid waste using a fixed-bed reactor," *J. Ecol. Eng.*, vol. 26, no. 7, pp. 157–170, Jul. 2025, doi: 10.12911/22998993/203363.
5. H. B. Sharma, A. K. Sarmah, and B. Dubey, "Hydrothermal carbonization of renewable waste biomass for solid biofuel production: A discussion on process mechanism, the influence of process parameters, environmental performance and fuel properties of hydrochar," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 123, p. 109761, May 2020, doi: 10.1016/j.rser.2020.109761.
6. K. Kang *et al.*, "Microwave-assisted hydrothermal carbonization of corn stalk for solid biofuel production: Optimization of process parameters and characterization of hydrochar," *Energy*, vol. 186, p. 115795, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.07.125.

7. M. Pecchi, F. Patuzzi, V. Benedetti, R. Di Maggio, and M. Baratieri, “Kinetic analysis of hydrothermal carbonization using high-pressure differential scanning calorimetry applied to biomass,” *Appl. Energy*, vol. 265, p. 114810, May 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2020.114810.
8. I. Yusuf, F. Flagiello, N. I. Ward, H. Arellano-García, C. Avignone-Rossa, and M. Felipe-Sotelo, “Valorisation of banana peels by hydrothermal carbonisation: Potential use of the hydrochar and liquid by-product for water purification and energy conversion,” *Bioresour. Technol. Rep.*, vol. 12, p. 100582, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.biteb.2020.100582.
9. B. Babinszki *et al.*, “Comparison of hydrothermal carbonization and torrefaction of azolla biomass: Analysis of the solid products,” *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 149, p. 104844, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.jaap.2020.104844.
10. I. ASTM, *Standard test method for determination of the composition of unprocessed municipal solid waste*, D5231-92, 2016. doi: 10.1520/D5231-92R16.
11. S. R. Periyavaram, B. K. L. Uppala, and P. H. P. Reddy, “Hydrothermal carbonization of food waste: Process parameters optimization and biomethane potential evaluation of process water,” *J. Environ. Manage.*, vol. 347, p. 119132, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.jenvman.2023.119132.
12. S. Wu *et al.*, “Analysis of fuel properties of hydrochar derived from food waste and biomass: Evaluating varied mixing techniques pre/post-hydrothermal carbonization,” *J. Clean. Prod.*, vol. 430, p. 139660, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.139660.
13. M. Yan *et al.*, “Hydrothermal carbonization of food waste digestate solids: Effect of temperature and time on products characteristic and environmental evaluation,” *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 178, pp. 296–308, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.psep.2023.08.010.