

MANQAN (II) İONLARININ DİHİDROKVERSETİN İLƏ SULU MÜHİTDƏ KOMPLEKSƏMƏLƏGƏLMƏ REAKSİYASININ TƏDQIQI VƏ OPTİMALLAŞDIRILMASI

Dos. Gulnarə ABDULLAYEVA 

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
“Kimya və qeyri-üzvi maddələrin texnologiyası” kafedrası
E-mail: gulnare-abdullayeva@rambler.ru

Nurlan MƏHƏRRƏMLİ

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, magistrant
“Kimya və qeyri-üzvi maddələrin texnologiyası” kafedrası
E-mail: meherremov.nurlan5@gamil.com

Teyfə ŞƏRİFOVA 

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
“Kimya və qeyri-üzvi maddələrin texnologiyası” kafedrası, laborant
E-mail: hteyfa@gmail.com

Received: 18 Mai 2026

Revised: 3 June 2026

Accepted: 25 June 2026

UOT: 544.478

DOI: <https://doi.org/10.32010/IWBR3478>

Xülasə: Bu tədqiqat işində manqan (II) ionlarının flavonoid dihidrokversetin (DHQ) ilə sulu mühitdə kompleks əmələgəlmə reaksiyası geniş şəkildə öyrənilmiş və prosesin optimal şərtləri müəyyən edilmişdir. Tədqiqatın əsas məqsədi kompleks əmələgəlmə reaksiyasına təsir edən əsas amillərin – pH mühiti, temperatur, reaksiya müddəti, reagentlərin mol nisbəti və ilkin konsentrasiyaların məhsul çıxımına təsirinin sistemli şəkildə araşdırılması olmuşdur. Aparılan eksperimental nəticələr göstərmişdir ki, DHQ ilə manqan (II) duzlarının qarşılıqlı təsiri pH 6.9–7.9 intervalında və DHQ:Mn²⁺=1:1–1:3 mol nisbətində aparıldıqda metal : liqand=1:1 stexiometrik nisbətə malik kompleks birləşmə əmələ gəlir. Reaksiya şərtlərinin optimallaşdırılması nəticəsində maksimum məhsul çıxımı (95%) aşağıdakı şərtlərdə əldə edilmişdir: pH 7.7, temperatur 70°C, reaksiya müddəti 15 dəqiqə, DHQ : Mn²⁺ mol nisbəti 1:1.5 və ilkin konsentrasiyalar müvafiq olaraq 0.020 mol/l və 0.030 mol/l. Müəyyən edilmişdir ki, pH-ın artması flavonoidin deprotonlaşmasını artıraraq kompleks əmələgəlmə qabiliyyətini yüksəldir, lakin yüksək qələvi mühitdə flavonoidin strukturunun dəyişməsi səbəbindən bu proses zəifləyə bilər. Temperaturun 60°C-dən 70°C-yə qədər artırılması reaksiyanın sürətini və məhsul çıxımını artırsa da, daha yüksək temperaturda əhəmiyyətli artım müşahidə olunmamışdır. Reaksiya prosesinin əsas hissəsi ilk 5–15 dəqiqə ərzində baş verir ki, bu da reaksiyanın sürətli kinetikaya malik olduğunu göstərir. Kompleks birləşmənin tərkibi və quruluşu İQ spektroskopiyası, termoqrammetrik analiz (TG), diferensial skan edən kalorimetriya (DSC), rentgen-flüoresans analizi (XRF) və elektron paramaqnit rezonans (EPR) üsulları vasitəsilə ətraflı tədqiq edilmişdir. Aparılan analizlər nəticəsində kompleksin ehtimal olunan kimyəvi formulu [MnL(OH)(H₂O)₂] kimi təklif olunmuşdur.

Açar sözlər: dihidrokversetin, flavonoidlər, kompleks birləşmələr, manqan ionları, optimallaşdırma, məhsul çıxımı

Giriş

Bitki mənşəli xammal komponentləri ilə biogen metalların birləşmələrinin müxtəlif xəstəliklərin müalicəsində rolu getdikcə artır. Mikroelementlər arasında manqan xüsusi maraq doğurur, çünki o, geniş bioloji aktivliyə malik həyatı əhəmiyyətli metaldir. Manqan fermentlərin aktiv mərkəzlərinə daxil olan vacib mikroelementdir, mühüm biokimyəvi proseslərdə iştirak edir və hüceyrə metabolizmində mühüm rol oynayır. Metabolizmdə iştirak edir, orqanizmi sərbəst radikalların zərərli təsirlərindən qoruyur, toxuma böyüməsi və regenerasiya proseslərini stimullaşdırır, A, C və B qrupu vitaminlərinin mənimsənilməsini yaxşılaşdırır, hipoglisemik təsir göstərir, insulinin normal ifrazında iştirak edir və onun təsirini gücləndirir, həmçinin hematopoezi aktivləşdirir [1–4]. Mümkün oksidləşmə dərəcələrinin müxtəlifliyinə baxmayaraq, canlı orqanizmlərdə manqan əsasən koordinasiya ədədi 6 olan Mn(II) və Mn(III) kompleksləri şəklində mövcuddur. Mn^{2+} ionları Mg^{2+} və Ca^{2+} ionları ilə birlikdə nuklein turşularının müəyyən konformasiyasının qorunmasında mühüm rol oynayır. Manqanın mərkəzi sinir sistemindəki bioloji rolu hüceyrə membranlarının normal quruluş və sabitliyinin təmin edilməsi ilə əlaqədar ola bilər. Mn^{2+} ionları toxuma tənəffüsündə, qalxanabənzər vəzin hormonu olan tiroksinin sintezində iştirak edir, enerji balansının normallaşmasına kömək edir, immun sisteminin fəaliyyətini yaxşılaşdırır, interferon sintezi üçün vacibdir və sümük metabolizmində mühüm rol oynayır [1–3, 5]. Manqan həmçinin bitkilərin böyüməsinə müsbət təsir göstərir və ikinci dərəcəli metabolitlərin tərkibini və kimyəvi quruluşunu dəyişir [6].

Təhlükəsiz dərman vasitələrinin hazırlanması məqsədilə tədqiqatçılar getdikcə daha çox təbii birləşmələrə, xüsusilə flavonoidlərə müraciət edirlər. Bu maddələr yüksək və müxtəlif bioloji aktivliyi aşağı toksiklik və sənaye baxımından əlçatanlıq ilə birləşdirir. Müəyyən nisbətlərdə manqan və flavonoidlərin birlikdə təsirinin sümük toxuması hüceyrələri olan ilkin osteoblastların həyat qabiliyyətinə və differensiasiyasına sinergetik təsir göstərdiyi sübut edilmişdir [5].

Manqan (II) komplekslərinin flavonoidlərin qlikozidləri və onların uyğun aqlykonları ilə

əmələ gəlməsi müxtəlif flavonoid növləri üzrə kütlə-spektrometriya üsulu ilə tədqiq edilmişdir: flavon diosmin, flavonollar rutin və kversetin, flavanonlar hesperidin və naringin, izoflavonlar genistin və genistein turş və qələvi mühitlərdə, həmçinin köməkçi liqand kimi 2,2'-bipiridin əlavə edilməklə üçlü komplekslər şəklində öyrənilmişdir. Əksər hallarda $[MII(L-H)L]^+$ tipli birləşmələr əmələ gəlir, burada L flavonoid liqandır; rutin əsasən $[MII(L-H)]^+$ tipli komplekslər əmələ gətirir. pH-ın artması flavonoid molekullarının deprotonlaşmasını gücləndirir və nəticədə $[MII(L-H)_2]$ tipli elektrik neytral komplekslərin əmələ gəlməsi mümkün olur [7]. Etanol mühitində əldə edilmiş, Met:L=1:1 stexiometrik nisbətində malik manqan (II) ilə kversetin kompleks birləşməsi *Staphylococcus aureus* və *Klebsiella pneumoniae* bakteriya ştamlarına qarşı yüksək aktivlik göstərir, bu aktivlik penisilin təsiri ilə müqayisə oluna bilər, həmçinin *Bacillus cereus*a qarşı əhəmiyyətli bakterisid təsirə malikdir [8].

In vitro təcrübələrdə Met:L=1:2 nisbətində 4'-metoksi-5,7-dihidroksiizoflavon ilə manqan (II) kompleksinin yüksək şişəleyhinə aktivliyi və selektivliyi aşkar edilmişdir. Bu kompleks ağciyər karsinoması A549, uşaqlıq boynu xərçəngi hüceyrələri HeLa, hepatosellulyar karsinoma HepG2, yoğun bağırsaq adenokarsinoması SW620 və süd vəzi xərçəngi hüceyrələri MDA-MB-435 kimi beş insan xərçəng hüceyrə xəttinə qarşı təsirlidir. Kompleks sərbəst izoflavon və Mn^{2+} ionu ilə müqayisədə daha güclü böyümə inhibisiyası göstərir və effektivlik baxımından sisplatin üstələyir. Kompleksin A549, HepG2, SW620 və MDA-MB-435 hüceyrələrinə təsiri hüceyrə dövrünün qeyri-spesifik mərhələsində dayanma yaradaraq apoptozu induksiya edir [9].

Etanol mühitində əldə edilmiş bu kompleks ağciyər karsinoması A549, uşaqlıq boynu xərçənginə aid “ölməz” HeLa hüceyrələri, hepatosellulyar karsinoma HepG2, yoğun bağırsaq adenokarsinoması SW620 və süd vəzi xərçəngi hüceyrələri MDA-MB-435 daxil olmaqla beş insan xərçəng hüceyrə xəttinə qarşı aktivlik göstərmişdir. Bu kompleks sərbəst izoflavon və Mn^{2+} ionu ilə müqayisədə daha güclü böyümə inhibisiyası təsiri göstərir və effektivlik baxımından sisplatin üstələyir. Kompleksin A549, HepG2, SW620 və MDA-

MB-435 hüceyrələrinə təsiri hüceyrə dövrünün qeyri-spesifik mərhələsində dayanma yaradaraq hüceyrə apoptozunu induksiya edir [9]. Flavonoid–metal komplekslərinin (KM) quruluş–xüsusiyyət əlaqələrinin (QSAR) öyrənilməsi istiqamətində tədqiqatlar aparılır. Bu tədqiqatlar kvant-kimyəvi deskriptorlara əsaslanan modellər vasitəsilə kimyəvi birləşmələrin quruluşuna əsasən onların xüsusiyyətlərini proqnozlaşdırmağa imkan verir [10].

Məqsəd

Bu işin məqsədi Mn^{2+} ionlarının dihidrokversetin ilə sulu mühitdə kompleks əmələgəlmə reaksiyasını öyrənmək və optimallaşdırmaqdır. Dihidrokversetin ilə manqan kompleksinin sintezi üçün ilkin reagentlər kimi “Ağac kimyası” MMC tərəfindən istehsal olunmuş DHQ [11] və suda həll olan manqan duzları— $Mn(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$, $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ və $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ (analitik təmizlik dərəcəsinə) istifadə edilmişdir. DHQ və manqan duzlarının sulu məhlulları pH nəzarəti altında daimi qarışdırılmaqla qızdırılmışdır. Tələb olunan pH dəyəri NH_3 məhlulu əlavə etməklə tənzimlənmişdir. Reaksiya məhlulunun pH dəyəri 6.9–7.9 intervalında, temperaturu 60–90°C arasında dəyişdirilmişdir. İlkin komponentlərin mol nisbəti $DHQ:Mn^{2+}=1:1-1:3$ olmuş, DHQ-nun konsentrasiyası isə 0.015–0.030 mol/l təşkil etmişdir. Sintezin sonunda alınan çöküntü vakuum altında süzülmüş, əvvəlcə artıq duzların uzaqlaşdırılması üçün su ilə, daha sonra isə ilkin DHQ izlərinin aradan qaldırılması üçün etanol ilə yuyulmuşdur. Çöküntü əvvəlcə 50°C temperaturda nəmliyi 7%-dən çox olmayana qədər, daha sonra isə 105°C temperaturda sabit kütlə alınana qədər qurudulmuşdur. Nəticədə boz-qəhvəyi rəngli, suda və etanolda həll olmayan, DMSO-da isə çox zəif həll olan toz halında birləşmələr əldə edilmişdir [12]. pH ölçmələri Expert-pH cihazı ilə aparılmışdır. Kompleksdə manqan miqdarı rentgen-flüoresans analizi (XRF) üsulu ilə təyin edilmişdir. Ölçmə üçün nümunələr 0.3q kütlədə götürülərək bor turşusu altlıq üzərində tablet şəklində hazırlanmışdır. Ölçmələr Bruker (Al-

maniya) istehsalı olan S4 Pioneer dalğa-dispersiyalı rentgen spektrometrində aparılmışdır. Nəticələrin düzgünlüyü tam əks olunma rentgen-flüoresans analizi (TXRF) ilə yoxlanılmışdır. 20 mq nümunə və 2.0 ml ikiqat distillə olunmuş sudan hazırlanmış suspenziya (10 μ l) kvarts altlığa çəkilmiş və 50°C temperaturda elektrik plitəsində qurudulmuşdur. Analitik xətlərin intensivliyi Bruker (Almaniya) istehsalı olan S2 PICOFOX spektrometrində ölçülmüşdür.

Spektrometr (Bruker, Almaniya) istifadə olunmuşdur. Daxili standart kimi rubidiumun (Rb, Merck) tək elementli standart məhlulundan istifadə edilmişdir. Nəticələrin düzgünlüyü Student t-testindən istifadə etməklə qiymətləndirilmiş və iki metodun nəticələri arasında sisteməlik fərqi olmadığı müəyyən edilmişdir (hesablanmış t dəyəri 0.52 olub, cədvəl üzrə $t(0.05; 24) = 2.06$ dəyərindən kiçikdir).

İQ spektrlər Varian 3100 FT-IR cihazında KBr tableti (2.5 mq/300 mq KBr) şəklində qeydə alınmışdır. Termoqravimetrik və kalorimetrik analizlər Netzsch şirkətinin STA 449 F3 Jupiter cihazında dinamik rejimdə (nümunənin qızdırılma sürəti 10°C/dəq) azot axını (qaz axını – 30 ml/dəq) şəraitində aparılmışdır. EPR spektrləri Bruker ELEXSYS E-580 spektrometrində (X-diapazon, 9.7 GHz) kvarts ampullarda (diametri 3 mm) aşağıdakı şərtlərlə qeydə alınmışdır: amplituda modulyasiyası – 10.0 Gs, tezlik modulyasiyası – 100 kHz, skanların orta sayı – 1, sahə diapazonu – 5000 Gs / mərkəzi sahə – 3480 Gs, zaman sabiti – 0.04 s, konversiya müddəti – 0.12 s, mikrodalğa gücü – 0.6325 mW (otaq temperaturunda). Spin konsentrasiyası məlum üsulla [13] qiymətləndirilmiş və $CuCl_2$ standart kimi istifadə olunmuşdur.

Metodlar

İQ spektr (ν , cm^{-1}): 3427 (O–H), 1612 (Ar), 1564 (C=O), 1497, 1435, 1269 (C–O–C), 606 (Met–O). Tapılmış, %: C 40.1; H 3.8; Mn^{2+} 14.1. Hesablanmış, %: C 43.8; H 3.9; Mn^{2+} 13.4; M = 411. Empirik formula: $C_{15}H_{16}O_{10}Mn$. Yüksək farmakoloji aktivliyə malik yeni bioloji aktiv maddələrin axtarışı məqsədilə və flavonoid dihidrokversetin ilə biogen metal ionlarının kompleks əmələgəlmə reaksiyalarının sistemli tədqiqatlarının davamı olaraq [14–19], Mn^{2+}

ionlarının DHQ ilə sulu mühitdə reaksiyası öyrənilmişdir. Manqan (II)–DHQ–su sistemində kompleks birləşmənin əmələ gəlməsi üçün optimal şərtlərin müəyyən edilməsi məqsədilə məhsul çıxımına və tərkibinə təsir edən amillər–pH, məhlulun temperaturu, reaksiya müddəti, ilkin reagentlərin mol nisbəti və onların konsentrasiyaları – qiymətləndirilmişdir.

pH-in məhsul çıxımına və kompleksdə metalın miqdarına təsirini qiymətləndirmək üçün reaksiyalar pH 6.9–7.9 intervalında (Cədvəl 1) 70°C temperaturda, 15 dəqiqə ərzində və manqan ionlarının cüzi artıq miqdarı (DHQ : Mn^{2+} = 1:1.5) şəraitində aparılmışdır.

Məhlulun pH-ı 6.9-dan 7.7-yə qədər artdıqda kompleksin çıxımı manqan asetatı ilə reaksiyada 2.4 dəfədən çox, manqan xloridi ilə 2.5 dəfə və manqan sulfatı ilə 3 dəfə artmışdır. pH 7.9-a qədər daha da artırıldıqda isə çıxımda artım

müşahidə olunmamışdır. Ən böyük artım pH 7.1–7.2 keçid intervalında qeydə alınmışdır: manqan asetatı, xloridi və sulfatı üçün müvafiq olaraq 1.6, 1.7 və 2.1 dəfə. Bu hal onunla izah olunur ki, DHQ-nun minimal pKa dəyəri 7.3 ± 0.1 -dir [20] və bu dəyərə yaxın pH şəraitində flavonoidin protonlaşma dərəcəsi əhəmiyyətli dərəcədə azalır və o, kompleks əmələgəlməyə qadir formaya keçir. $pH > 7.9$ istifadəsi məqsəduyğun deyil, çünki qələvi mühitdə flavonoidin antioksidant aktivliyinə cavabdeh olan katexol fraqmentinin deprotonlaşması baş verə bilər [21–27]. $pH < 6.9$ olduqda məhsul çıxımı 30%-dən az olmuşdur. Bu, ehtimal ki, məhlulda flavonoidin əsasən protonlanmış formada mövcud olması ilə izah olunur və bu forma kompleks əmələgəlməyə meyilli deyil [20].

Cədvəl 1. pH-in məhsul çıxımına və kompleks birləşmədə metalın miqdarına təsiri

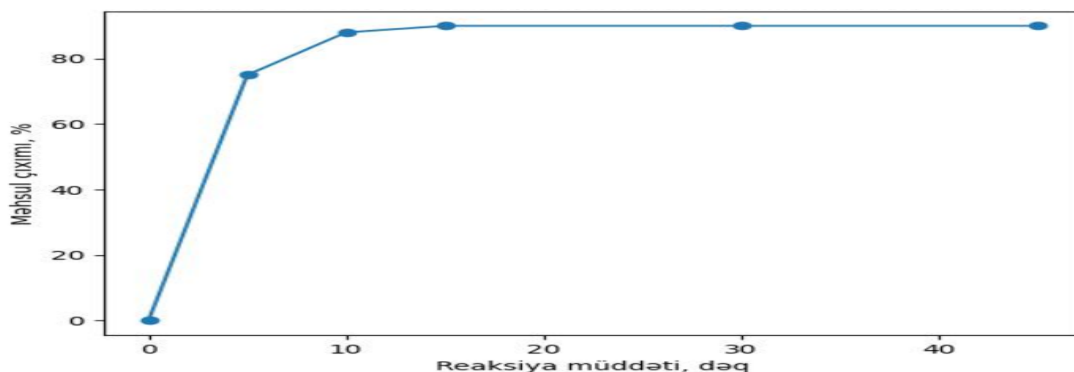
Manqan duzu	Ph	KS çıxımı %	Mn^{2+} miqdarı %
$Mn(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$	6.9	39.0	15.4
	7.1	46.3	16.7
	7.2	74.2	15.1
	7.4	75.6	14.5
	7.7	95.0	14.1
	7.9	95.0	15.8
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	6.9	35.3	15.3
	7.1	33.3	14.4
	7.2	55.7	15.5
	7.4	71.8	17.1
	7.7	90.3	15.0
	7.9	90.2	15.6
$MnSO_4 \cdot 5H_2O$	6.9	27.3	16.1
	7.1	27.3	17.4
	7.2	58.4	15.6
	7.4	72.7	15.0
	7.7	82.0	14.1

Element analizi, rentgen-flüoresans analizi (XRF) və tam əks olunma rentgen-flüoresans analizi (TXRF) nəticələri göstərir ki, tədqiq olunan pH intervalında bütün hallarda reaksiyanın aparılması metal : flavonoid liqand=1:1 stexiometrik nisbətə malik birləşmənin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Kompleks birləşmədə metalın miqdarı məhlulun pH dəyərindən asılı olaraq əhəmiyyətli dəyişikliklərə məruz qalmır. Məhlulun temperaturunun və reaksiya müddətinin Mn(II) ilə DHQ kompleksinin çıxımına təsirini qiymətləndirmək üçün 60–

90°C temperatur intervalı (Cədvəl 2) və 5–45 dəqiqə müddət (Şəkil 1) istifadə edilmişdir. $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ Mn^{2+} ionlarının mənbəyi kimi istifadə olunmuşdur, pH isə 7.7 olmuşdur

Cədvəl 2. Məhlulun temperaturunun kompleks birləşmənin çıxımına təsiri.

Temperatur, °C	KS çıxımı %	Mn^{2+} miqdarı %
60	74.2	15.5
70	90.3	15.0
80	88.8	14.7
90	89.5	15.9



Şəkil 1- Məhsul çıxımının reaksiya müddətindən asılılığı

Reaksiya qarışığının temperaturu 60°C -dən 70°C -yə artırıldıqda kompleks birləşmənin çıxımı 1.2 dəfədən çox artmışdır (Cədvəl 2). Qarışığın temperaturu 90°C -yə qədər artırıldıqda isə məhsul çıxımında əlavə artım müşahidə olunmamışdır. Tədqiq olunan temperatur intervalında temperaturun dəyişməsi kompleksdə metalın miqdarına təsir göstərmir.

Məhsulun əsas hissəsi reaksiyanın ilk 5 dəqiqəsində əmələ gəlir. Reaksiya müddəti 10–15 dəqiqəyə qədər artırıldıqda birləşmənin çıxımı 76.5%-dən 88.0–90.3%-ə qədər yüksəlmişdir. Reaksiya qarışığı 45 dəqiqəyə qədər saxlanıldıqda isə məhsul çıxımında əlavə artım müşahidə olunmamışdır. İlkin komponentlərin mol nisbəti $\text{DHQ} : \text{Mn}^{2+} = 1:1-1:3$ intervalında dəyişdirilmişdir (Cədvəl 3). Reaksiya 70°C temperaturda, 15 dəqiqə müddətində və pH 7.7 şəraitində aparılmışdır. DHQ-nun ilkin konsentrasiyası 0.02 mol/l olmuşdur.

Reaksiya məhlulunda Mn^{2+} ionlarının payının 1:1-dən 1:1.5-ə qədər artırılması bütün təqdim olunan duzlar üçün kompleks birləşmənin çıxımını artırır. Mn^{2+} ionlarının payının 1:2-yə qədər daha da artırılması isə yalnız manqan sulfat istifadə olunduqda çıxımın artmasına səbəb olur.

Mn^{2+} ionlarının məhluldakı miqdarı daha da artırıldıqda məhsul çıxımında əlavə artım müşahidə olunmur. Reaksiya məhsulunun ən yüksək çıxımı (95.0%) $\text{DHQ} : \text{Mn}^{2+} = 1:1.5$ ilkin mol nisbətində müşahidə olunur. Dihidrokversetinin manqan asetat ilə reaksiyasında məhsulun tərkibində metalın miqdarı əhəmiyyətli dəyişikliklərə məruz qalmır və bu, $\text{Met:L} = 1:1$ stexiometrik nisbətə malik birləşməyə uyğun gəlir.

Nəticələr

Mn^{2+} ionlarının dihidrokversetin ilə sulu məhlullarda kompleks əmələgəlməsi tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, reaksiyanın pH 6.9–7.9 intervalında, ilkin reagentlərin $\text{DHQ:Mn}^{2+} = 1:1-1:3$ mol nisbətində və DHQ-nun 0.015–0.030 mol/l ilkin konsentrasiyalarında aparılması metal : liqand = 1:1 stexiometrik nisbətə malik kompleks birləşmənin əmələ gəlməsinə səbəb olur.

Mn^{2+} ionlarının DHQ ilə sulu məhlulda reaksiyasının şərtləri məhsul çıxımına görə optimallaşdırılmışdır: pH 7.7, temperatur 70°C , reaksiya müddəti 15 dəqiqə, mol nisbəti

$\text{DHQ:Mn}^{2+} = 1:1.5$, ilkin konsentrasiyalar 0.020 mol/l DHQ və 0.030 mol/l Mn^{2+} , reaksiyada $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ istifadə olunmaqla. Bu şərtlərdə birləşmənin çıxımı 95% təşkil etmişdir.

TG və DSC metodları, element analizi və XRF məlumatları (TXRF ilə təsdiqlənmiş), həmçinin EPR spektroskopiyası əsasında kompleks birləşmənin ən ehtimal olunan tərkibi $[\text{MnL}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_2]$ və onun strukturu təklif edilmişdir.

ƏDƏBİYYAT SIYAHISI:

1. Korochkina Ye.A. Genetika i razvedeniye zhivotnykh, 2016, no. 3, pp. 69–73. (in Russ.).
2. Filippova V.A., Lysenkova A.V. Problemy zdorov'ya i ekologii, 2013, no. 4 (38), pp. 72–78. (in Russ.).
3. Agadzhanian N.A., Skal'nyy A.V., Detkov V.Yu. Ekologiya cheloveka, 2013, no. 11, pp. 3–12. (in Russ.).
4. Bakhtina G.G., Len'ko O.A., Sukhanova S.Ye. Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya, 2007, no. 4, pp. 82–89. (in Russ.).

5. Zhang D.W., Cheng Y., Zhang J.Ch., Wang X.L., Wang N.L., Chen Y., Yang M.S., Yao X.Sh. Chinese Science Bulletin, 2008, vol. 53, no. 3, pp. 347–356. DOI: 10.1007/s11434-007-0485-5.
6. Nazari M., Zarinkamar F., Niknam V. Environmental Science and Pollution Research, 2018, vol. 25, pp. 7575–7588. DOI: 10.1007/s11356-017-0889-y.
7. Satterfield M., Brodbelt J.S. Analytical Chemistry, 2000, vol. 72, no. 24, pp. 5898–5906.
8. Bravo A., Anaconda J.R. Transition Metal Chemistry, 2001, vol. 26, pp. 20–23.
9. Chen X., Tang L.-J., Sun Y.-N., Qiu P.-H., Liang G. Journal of Inorganic Biochemistry, 2010, vol. 104, pp. 379–384.
10. Qian J.-Z., Wang B.-C., Fan Y., Tan J., Yang X. Journal of Structural Chemistry, 2015, vol. 56, no. 2, pp. 338–345. DOI: 10.1134/S0022476615020195.
11. Patent 2158598 (RU). 2000. (in Russ.).
12. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii, XIII izd. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XIII ed.]. Moscow, 2015, vol. 1, pp. 531–534. (in Russ.).
13. Poole C.P. Electron Spin Resonance: A Comprehensive Treatise on Experimental Techniques, 2nd ed. Dover Publications, Dover, 1997, 810 p.
14. Babkin V.A., Ostroukhova L.A., Trofimova N.N. Biomassa listvennitsy: ot khimicheskogo sostava do innovatsii-onnykh produktov. [Larch biomass: from chemical composition to innovative products]. Novosibirsk, 2011, 236 p. (in Russ.).

INVESTIGATION AND OPTIMIZATION OF THE COMPLEXATION REACTION OF MANGANESE (II) IONS WITH DIHYDROQUERCETIN IN AN AQUEOUS MEDIUM

Assoc. Prof. Gulnara ABDULLAYEVA

Azerbaijan State Oil and Industry University
Department of Chemistry and Technology of Inorganic Substances
E-mail: gulnara-abdullayeva@rambler.ru

Nurlan MAHARRAMLI

Master's Student, Azerbaijan State Oil and Industry University
Department of Chemistry and Technology of Inorganic Substances
E-mail: meherremov.nurlan5@gmail.com

Teyfa SHARIFOVA

Laboratory Assistant, Azerbaijan State Oil and Industry University
Department of Chemistry and Technology of Inorganic Substances
E-mail: hteyfa@gmail.com

Abstract: In this research work, the complex formation reaction of manganese (II) ions with flavonoid dihydroquercetin (DHQ) in aqueous medium was widely studied and optimal conditions of the process were determined. The main purpose of the study was systematic investigation of the influence of the main factors affecting the complex formation reaction—pH environment, temperature, reaction time, mole ratio of reagents and initial concentrations on product output. The experimental results showed that when the interaction of DHQ and manganese (II) salts is carried out in the pH range of 6.9–7.9 and in the ratio of DHQ:Mn²⁺=1:1–1:3 moles, a complex compound with a metal : ligand=1:1 stoichiometric ratio is formed. As a result of the optimization of the reaction conditions, the maximum yield (95%) was obtained under the following conditions: pH 7.7, Temperature 70°C, reaction time 15 minutes, DHQ : Mn²⁺ mol ratio 1:1.5 and initial concentrations of 0.020 mol/l and 0.030 mol/l, respectively. It has been established that an increase in pH increases the ability of the flavonoid to form a complex by increasing its deprotonation, but in a highly alkaline environment, this process may be weakened due to a change in the structure of the flavonoid. Although increasing the temperature from 60°C to 70°C increased the reaction rate and product output, no significant increase in higher temperatures

was observed. The main part of the reaction process occurs within the first 5-15 minutes, which indicates that the reaction has rapid kinetics. The composition and structure of the complex compound were studied in detail using IR spectroscopy, thermogravimetric analysis (TG), differential scanning calorimetry (DSC), X-ray fluorescence analysis (XRF) and electronic paramagnetic resonance (EPR) methods. As a result of the analysis, the probable chemical formula of the complex was proposed as $[MnL(OH)(H_2O)_2]$.

Keywords: dihydroquercetin, flavonoids, complex compounds, manganese ions, optimize, yield

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ИОНОВ МАРГАНЦА (II) С ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНОМ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Доц. Гюльнара АБДУЛЛАЕВА

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
Кафедра «Химия и технология неорганических веществ»
E-mail: gulnare-abdullayeva@rambler.ru

Нурлан МЕХЕРРЕМЛИ

Магистрант, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
Кафедра «Химия и технология неорганических веществ»
E-mail: meherremov.nurlan5@gmail.com

Тейфа ШАРИФОВА

Лаборант, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
Кафедра «Химия и технология неорганических веществ»
E-mail: hteyfa@gmail.com

Резюме: В данной исследовательской работе широко изучена реакция комплексообразования ионов марганца (II) с флавоноидом дигидрокверцетином (ДГК) в водной среде и определены оптимальные условия процесса. Основной целью исследования было систематическое изучение основных факторов, влияющих на реакцию комплексообразования-среды pH, температуры, времени реакции, мольного отношения реагентов и влияния начальных концентраций на выход продукта. Проведенные экспериментальные результаты показали, что при взаимодействии ДГК и солей марганца (II) в диапазоне pH 6,9–7,9 и соотношении молей ДГК: Mn^{2+} = 1:1-1:3 образуется комплексное соединение со стехиометрическим соотношением металл:лиганд=1:1. В результате оптимизации условий реакции максимальный выход продукта (95%) был получен при следующих условиях: pH 7,7, температура 70°C, время реакции 15 минут, ДГК : Mn^{2+} молярное соотношение 1:1,5 и начальные концентрации 0,020 моль/л и 0,030 моль/л соответственно. Установлено, что повышение pH повышает способность к комплексообразованию за счет увеличения депротонирования флавоноида, однако в высокощелочной среде этот процесс может быть ослаблен из-за изменения структуры флавоноида. Температуры в 60°C до 70°C-около увеличивая скорость реакции и продукт *şəxsinin artırsa*, и при более высокой температуре значительный рост наблюдается не было. Основная часть процесса реакции происходит в течение первых 5-15 минут, что указывает на то, что реакция имеет быструю кинетику. Комплекс объединения, состав и структура, ИК-спектроскопия, термогравиметрический анализ (ТГ), дифференциальных сканирование которые калориметрия (ДСК), анализ рентген- флуоресценция (АРФ) и электронных парамагнитный резонанс (ЭПР) методы, с помощью подробно исследовал. В результате проведенных анализов предполагаемая химическая формула комплекса была предложена как $[MnL(OH)(H_2O)_2]$.

Ключевые слова: дигидрокверцетин, флавоноиды, сложные соединения, ионы марганца, оптимизация, выход продукта