



Հայաստանի կենսաբ. հանդես, 1-2, (72), 2020

ԵԼԱՆՅՈՒԹԻ ԱՂԲՅՈՒՐԻ ԵՎ ՈՐՈՇ ՖԻԶԻԿԱԲԻՄԻԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՍՆԿԵՐԻ ՑԵԼՅՈՒԼԱԶԻ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԿՐԱ

Յ.Յ. ՍԵՄԵՐՅԱՆ, Ի.Յ. ՍԵՄԵՐՅԱՆ, Գ.Յ. ՍԵՄԵՐՅԱՆ, Ա.Յ. ԹՈՉՈՒՅԱՆ

ԵՊՀ, կենսաբիմիայի, մանրէաբանության և կենսատեխնոլոգիայի ամբիոն
gaysemerjyan@ysu.am

Ցելյուլոլիտիկ ֆերմենտները, որոնք իրականացնում են բուսական բջի բջապատի հիմնական ածխաջրի՝ ցելյուլոզի կենսաճեղկումը, կարևոր տեղ են զբաղեցնում օրգանական ածխածնի շրջապտույտում: Այդ ֆերմենտներ արտադրող հիմնական օրգանիզմներն են սնկերն և միկրոօրգանիզմները: Կենդանիների զգալի մասը չեն յուրացնում ցելյուլոզը՝ մարսողության համակարգում այդ ածխաջուրը ճեղքող ֆերմենտների՝ ցելյուլազների, բացակայության պատճառով: Ցելյուլազը պատկանում է հիդրոլազների դասին, այն կատալիզում է ցելյուլոզում $\beta(1,4)$ գլիկոզիդային կապերի ճեղկումը գլյուկոզի կամ ցելոբիոզի առաջացմամբ: Ուսումնասիրվել է *Pleurotus ostreatus* (ականջասունկ սովորական) և *Ganoderma lucidum* (հաբեթասունկ լաբապատ) բազիդիային սնկերի և *Penicillium lanosum* բորբոսասնկի բջիջներում ցելյուլազների ակտիվությունը տարբեր աղբյուրների՝ վատման թղթից, փայտի թեփից, բամբակից ստացված ցելյուլոզի նկատմամբ: Ցույց է տրվել միջավայրի pH-ի և ջերմաստիճանի ազդեցությունը ֆերմենտի ակտիվության վրա:

Ականջասունկ սովորական – Հաբեթասունկ լաբապատ – բորբոսասունկ – ցելյուլազ – ֆերմենտի ակտիվություն – pH և ջերմաստիճան

Целлюлолитические ферменты, которые осуществляют биodeградацию целлюлозы, основного углевода клеточной стенки растительной клетки, занимают важное место в циркуляции органического углерода. Основными организмами, которые производят эти ферменты, являются грибы и микроорганизмы. Большинство животных не усваивают клетчатку из-за недостатка ферментов – целлюлаз, расщепляющих этот углевод в пищеварительной системе. Целлюлаза принадлежит к классу гидролаз; она катализирует расщепление $\beta(1,4)$ гликозидных связей в целлюлозе путем образования глюкозы или целлюлозы. Изучена активность целлюлазы у базидиальных грибов *Pleurotus ostreatus* (вешенка обыкновенная) и *Ganoderma lucidum* (ганодерма лакированная), и плесневого гриба *Penicillium lanosum* по отношению к клетчатке из различным источникам, таких как бумага ватман, древесные опилки и вата. Показано влияние pH и температуры окружающей среды на активность фермента.

Вешенка обыкновенная – Ганодерма лакированная – плесневые грибы – целлюлаза – активность фермента – pH и температура

Cellulolytic enzymes that carry out the biodegradation of cellulose, the main carbohydrate of the cell wall of a plant cell, occupy an important place in the circulation of organic carbon. The main organisms that produce these enzymes are fungi and microorganisms. Most animals do not utilize cellulose due to a lack of enzymes – cellulases, which break down this carbohydrate in the

digestive system. Cellulase belongs to the class of hydrolases; it catalyzes the cleavage of β (1,4) glycosid bonds in cellulose by the formation of glucose or cellulose. The activity of cellulase in basidiomycetes *Pleurotus ostreatus* and *Ganoderma lucidum* and in mold fungus *Penicillium lanosum* in relation to cellulose from various sources, such as Whatman paper, sawdust and cotton wool, was studied. The effect of pH and external temperature on enzyme activity was shown.

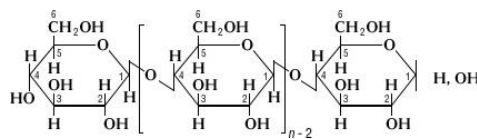
Pleurotus ostreatus – Ganoderma lucidum – mold fungi – cellulose – enzyme activity – pH and temperature

Ցելյուլոզն ամենատարածված կենսապոլիմերն է, որի քանակությունը երկրագնդի վրա կազմում է շուրջ 7×10^{11} տոննա: Նրա գործնական արժեքը կայանում է նրանում, որ այն պատկանում է վերականգնվող ռեսուրսների շարքին: Տարեկան ֆոտոսինթեզի ճանապարհով սինթեզվում է շուրջ 4×10^{10} տոննա ցելյուլոզ [4]:

Հայտնի է, որ ցելյուլոզը կազմում է բուսական բջժի բջջապատի հիմնական բաղադրամասը, ուստի նրա սինթեզն իր ծավալներով գերազանցում է այլ բնական միացություններին: Չնայած այս հանգամանքին՝ կենդանիների զգալի մասը, բացառությամբ որոշ նախակենդանիների և բազմախուց ստամոքս ունեցող կենդանիների, չեն յուրացնում այն մարսողության համակարգում այդ ածղիաջուրը ճեղքող ֆերմենտների՝ ցելյուլազների բացակայության պատճառով: Բազմախուց ստամոքս ունեցող կենդանիների ստամոքսի կտրիչի բաժնում կենսագործող բակտերիաների և ինֆուզորիաների գործունեության շնորհիվ, որոնք սինթեզում են ցելյուլոզը ճեղքող ֆերմենտներ, ցելյուլոզն օգտագործվում է որպես սնունդ այդ կենդանիների համար:

Ցելյուլոզը ճեղքելու ունակությամբ օժտված են նաև բորբոսասնկերի և բարձրակարգ բազիդիալ սնկերի որոշ ներկայացուցիչներ: Բարձրակարգ բազիդոմիցետների տարբեր խմբերում հայտնաբերված է ցելյուլոզը ճեղքող ֆերմենտների արտաբջջային արտադրություն: Ցելյուլազային համակարգի կազմը և ակտիվությունը յուրահատուկ է բազիդոմիցետների տեսակների և շտամների համար, որը որոշվում է աճեցման պայմաններով, կամ բնության մեջ բազիդոմիցոտների տարածվածությամբ [13]: Մեծամասամբ բարձրակարգ բազիդոմիցետների ցելյուլազները առաջանում են հարմարվելու ճանապարհով, ինչի մասին վկայում է դրանց ակտիվության բարձրացումը թաղանթանյութի միջավայրում և հատկապես տարբեր աղբյուրներից ստացված թաղանթանյութի միջավայրում:

Ցելյուլոզը ունի բարդ կառուցվածք (նկ 1): β -D-գլյուկոզի մնացորդներից կազմված շղթաները առաջացնում են խիտ դասավորված բյուրեղային զանգված: Հետևաբար, բնական ցելյուլոզը, չնայած համասեռ պոլիմեր է, սակայն կառուցվածքային առումով նրան բնորոշ է անհամասեռությունը: Այսպիսի կառուցվածք ունեցող մակերեսը ճյուղավորված է և միջավայր է փայտանյութը քայքայող բազիդոմիցետների, ինչպես նաև՝ որոշ ցելյուլոլիտիկ բակտերիաների համար: Այն կատարում է մի շարք կարևոր գործառնականություններ: Նախ, փայտանյութը սնկերի համար հանդիսանում է կառուցվածքային հարթակ, և երկրորդ, փայտանյութի ցելյուլոզն օգտագործում են սնկերը որպես սննդի աղբյուր՝ վերածելով այն հեշտ յուրացվող շաքարների [7]:



Նկ.1. Ցելյուլոզի կառուցվածքը

Ցելյուլոզի ֆերմենտային տարրալուծման հիմնական առանձնահատկությունը նրանում է, որ այս գործընթացին մասնակցող ֆերմենտների համակարգերն իրարից տարբերվում են սուբստրատային յուրօրինակությամբ և ազդման մեխանիզմներով: Ներկայումս ձևավորվել է այն կարծիքը, որ ցելյուլոզը մինչև գլյուկոզ ճեղքող ցելյուլազ

ֆերմենտը բաղկացած է նվազագույնը երեք հիմնական տարրալուծող ֆերմենտներից՝ էնդո-1-4-β-գլյուկանազ, ցելլոբիոհիդրոլազ և β գլյուկոզիդազ: Որոշ ցելյուլազային համակարգեր պարունակում են նաև գլյուկոհիդրոլազներ [5]:

Փայտանյութը բայթայող որոշ բարձրակարգ բազիդիային սնկերի ֆերմենտային համակարգերի ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ դրանք ընդունակ են յուրացնելու բնական թաղանթանյութը, լիգնինը, պեկտինային նյութերը, օսլան և այլ կենսապոլիմերներ [4]: Սնկերի ցելյուլոզը ճեղքող ֆերմենտների ակտիվությունը կախված է ինկուբացման տևողությունից, ցելյուլոզի աղբյուրից և համապատասխան մշակումից [11, 12]: Սակայն այդ տեղեկությունները թերի են և ոչ բավարար ֆերմենտների կիրառման համար:

Ցելյուլոզային համակարգի ֆերմենտների ակտիվության որոշման մեթոդները հանդիսանում են համալիր մեթոդներ, որոնք պայմանավորված են ցելյուլոզ պարունակող սուբստրատների բարդությամբ, բազմազանությամբ և ֆերմենտային համակարգի բազմատարրությամբ [2]:

Աշխատանքի նպատակն է ուսումնասիրել բարձրակարգ բազիդոմիցետների որոշ ներկայացուցիչների՝ *Pleurotus ostreatus* (Ականջասունկ սովորական), *Canoderma lucidum* (Հաբեթասունկ լաթապատ) և *Penicillium lanosum* բորբոսասնկի թաղանթանյութը ճեղքող ֆերմենտների՝ ցելյուլազների ակտիվության ուսումնասիրմանը տարբեր աղբյուրներից՝ վատման թղթից, փայտի թեփից, բամբակից ստացված ցելյուլոզի վրա, ինչպես նաև պարզել ինկուբացման միջավայրի pH-ի տարբեր արժեքների և տարբեր ջերմաստիճանի ազդեցությունը ֆերմենտի ակտիվության վրա:

Նյութ և մեթոդ: Հետազոտվել են 7 օրվա ընթացքում սուսլո ագարի պինդ սննդամիջավայրում աճեցված սնկերը: Վերջիններն աճեցվել են Պետրիի թասիկներում: Որպես ցանքսանյութ օգտագործվել են 2 սմ մեծությամբ սունկ:

Ցելյուլոզ պարունակող տարբեր աղբյուրներին ավելացվել է կենսունակ սունկ պարունակող ցանքսանյութ և աճեցվել 750 մլ տարողությամբ ելենմեյերի կոլբաների մեջ 100 մլ Նորկանսի միջավայրում, 12 ժամ տևողությամբ: Աճի 3, 6, 9, 12-րդ ժամերին վերցվել են նմուշներ, սպիտակուցները նստեցվել են՝ 0,45% $ZnSO_4$ և 10% NaOH ավելացնելով: Վերականգնող մոնոսախարիդների քանակությունը որոշվել է Հագեդորն-Իենսենի մեթոդով [1]:

Հետազոտվող սնկերի ցելյուլոլիտիկ ակտիվության միավոր ընդունվել է ֆերմենտի այն քանակությունը, որն առաջացնում է 1 մգ վերականգնող ածխաջուր 1 լրպեյում հաշվարկված 1 գ հետազոտվող նյութի համար [10]:

Հայտնի է, որ միկրոօրգանիզմների ցելյուլոլիտիկ ակտիվությունը որոշակիորեն սահմանափակվում է, քանի որ լիգնինը և ցելյուլոզը, որոնք մտնում են լիգնոցելյուլազային համակարգի մեջ, արգելակող ազդեցություն են թողնում միկրոօրգանիզմների ցելյուլազի վրա: Հետազոտվող նյութի նախնական մշակումը տաք ջրով, թթուների ջրային լուծույթով, հիմքերով, թույլ է տալիս հեռացնել միկրոօրգանիզմների աճն ընկճող խառնուրդները: Այս տեսակետից նպատակահարմար է գլիցերինի օգտագործումը, որը հեռացնում է լիգնինը, ինչի շնորհիվ ցելյուլազի ազդեցության տակ ցելյուլազի հիդրոլիզի հետևանքով առաջացող մոնոսախարիդների քանակությունը չմշակվածի համեմատ շուրջ 10 անգամ ավելանում է [9]:

Հետազոտվող սնկերի ցելյուլազի ակտիվության դրսևորման վրա ինկուբացման միջավայրի pH-ի և ջերմաստիճանի ազդեցության ուսումնասիրման համար սնկերի հիֆերն ենթարկվել են հոմոգենացման ացետատային բուֆերում, և հոմոգենատի որոշակի քանակությունը՝ 2 մլ օգտագործվել է որպես ցանքսանյութ:

Ստացված արդյունքները մշակվել են, որոշելով միջին արժեքները և ստանդարտ շեղումը: Տարբերություն հավաստիությունը գնահատվել է Ստյուդենտի գործակցի (p) միջոցով:

Արդյունքներ և քննարկում: Սնկերի ցելյուլազի ակտիվությունը՝ կախված ցելյուլոզի աղբյուրից և սնկերի ինկուբացման տևողությունից: Ինչպես ցույց են տալիս աղ. 1-ի տվյալները վաթման թղթի, փայտի թեփի և բամբակի ցելյուլոզի վրա ականջասնկի ցելյուլազի ազդեցությունը նվազագույն ցուցանիշներ ունի 3 ժամյա ինկուբացման ընթացքում՝ 1,3 մգ/գ, 1,2 մգ/գ և 2,6 մգ/գ համապատասխանաբար: Ինկուբացման ժամկետի երկարացմանը զուգընթաց վերականգնող մոնոսախարիդների քանակությունը աստիճանաբար ավելանում է և առավելագույն քանակության է հասնում ինկուբացման 12-րդ ժամին՝ 3,7 մգ/գ, 3,2 մգ/գ, 5,0 մգ/գ համապատասխանաբար: Այդ տվյալները ցույց են տալիս նաև, որ ցելյուլազի համար նախընտրելի աղբյուր է բամբակի

ցեյուլոզը: Աղ. 1-ի տվյալներից երևում է նաև, որ Հաբեթասունկ լաբապատի ցեյուլոզի համար նախընտրելի աղբյուր է հանդիսանում նույնպես բամբակի ցեյուլոզը, և ֆերմենտն իր առավելագույն ակտիվությունն է ցուցաբերում 12 ժամյա աճեցման ընթացքում:

Ցեյուլոզի 3 աղբյուրների՝ վատման թղթի, փայտի թեփի և բամբակի այդ ածխաջրի նկատմամբ ակտիվության նվազագույն արդյունքներ դիտվում են 3 ժամյա ինկուբացման ժամանակ՝ 1,2 մգ/գ, 1,2 մգ/գ և 2,4 մգ/գ համապատասխանաբար: Այստեղ նույնպես նկատելի է, որ բամբակի ցեյուլոզի պարագայում ցեյուլոզի ակտիվությունը շուրջ 2 անգամ ավելի բարձր է: Նույն պատկերը դիտվում է նաև աճի 6-րդ և 9-րդ ժամերին: Աճի 12-րդ ժամին ակտիվության ցուցանիշները թղթի և թեփի փայտանյութի համար իրենց արժեքներով համեմատաբար միմյանց մոտ են, իսկ բամբակի ցեյուլոզի պարագայում բարձր է՝ 5,6 մգ/գ:

Աղյուսակ 1. Ցեյուլոզի ակտիվությունը տարբեր աղբյուրների նկատմամբ ($p < 0,05$ $n=3$)

Մսկի անվանումը	Ցեյուլոզի աղբյուր	Վերականգնող մոնոսախարիդների քանակը, մգ/գ կենսազանգվածի վրա			
		Ինկուբացման տևողություն			
		3 ժամ	6 ժամ	9 ժամ	12 ժամ
Ականջասունկ <i>Pleurotus ostreatus</i>	վատման	1,3 ± 0,0	2,5 ± 0,1	3,3 ± 0,2	3,7 ± 0,1
	թեփ	1,2 ± 0,0	2,1 ± 0,1	2,6 ± 0,1	3,2 ± 0,1
	բամբակ	2,6 ± 0,1	3,4 ± 0,1	4,4 ± 0,1	5,0 ± 0,2
Հաբեթասունկ <i>Ganoderma lucidum</i>	վատման	1,2 ± 0,0	1,6 ± 0,0	2,6 ± 0,1	4,2 ± 0,2
	թեփ	1,2 ± 0,0	1,8 ± 0,0	2,5 ± 0,1	4,5 ± 0,2
	բամբակ	2,4 ± 0,2	3,2 ± 0,1	4,1 ± 0,1	5,6 ± 0,2
Բորբոսասունկ <i>Penicillium lanosum</i>	վատման	1,4 ± 0,0	2,6 ± 0,1	3,3 ± 0,0	5,3 ± 0,2
	թեփ	1,3 ± 0,2	2,4 ± 0,1	5,4 ± 0,2	8,3 ± 0,2
	բամբակ	2,0 ± 0,0	6,7 ± 0,2	8,8 ± 0,2	15,3 ± 0,2

Penicillium lanosum բորբոսասնկի ցեյուլոզի համար բամբակի ցեյուլոզն ավելի նախընտրելի աղբյուր է: Այստեղ ուշագրավ է այն փաստը, որ բամբակի ցեյուլոզի նկատմամբ այս բորբոսասնկի ցեյուլոզի ակտիվությունը ինկուբացման 12-րդ ժամին շուրջ 3 անգամ ավելի բարձր է քան վատմանի թղթի և փայտի թեփի ցեյուլոզի պարագայում:

Գրական աղբյուրներից [2] հայտնի է, որ մեծ խտությամբ ծանր մետաղներ պարունակող լեռնաքարային թափոններից հնարավոր է անջատել *Penicillium* ցեղին պատկանող բորբոսասնկերի 10 շտամներ, որոնք +24 °C և +29 °C ջերմաստիճանի պայմաններում առաջացնում են արտաբջջային ցեյուլազային համակարգեր, որոնք ճեղքում են ֆիլտրի թուղթը: Միաժամանակ սնկերի այդ շտամները միջավայր են արտազատում պենիցիլին հակաբիոտիկը: Այս հանգամանքը լրացուցիչ հնարավորություն է տալիս այս բորբոսասունկը կենսատեխնոլոգիայում օգտագործելու համար:

Աղյուսակ 2. Ցեյուլոլիտիկ ակտիվությունը տարբեր աղբյուրների նկատմամբ ($p < 0,05$ $n=3$)

Մսկի անվանումը	Ցեյուլոզի աղբյուր	Վերականգնող մոնոսախարիդների քանակը, մգ/գ կենսազանգվածի վրա			
		Ինկուբացման տևողություն			
		3 ժամ	6 ժամ	9 ժամ	12 ժամ
Ականջասունկ <i>Pleurotus ostreatus</i>	վատման	7,7 ± 0,1	13,4 ± 0,2	17,2 ± 0,4	19,6 ± 0,2
	թեփ	7,8 ± 0,1	12,7 ± 0,2	14,1 ± 0,3	17,9 ± 0,1
	բամբակ	13,2 ± 0,2	17,2 ± 0,2	22,1 ± 0,1	25,9 ± 0,1
Հաբեթասունկ <i>Ganoderma lucidum</i>	վատման	5,0 ± 0,1	6,2 ± 0,1	13,0 ± 0,1	21,0 ± 0,1
	թեփ	3,6 ± 0,1	7,0 ± 0,1	14,2 ± 0,1	25,9 ± 0,1
	բամբակ	2,7 ± 0,2	5,7 ± 0,0	14,3 ± 0,1	21,6 ± 0,1
Բորբոսասունկ <i>Penicillium lanosum</i>	վատման	4,3 ± 0,0	5,2 ± 0,0	12,2 ± 0,1	20,2 ± 0,2
	թեփ	5,3 ± 0,0	7,0 ± 0,1	14,2 ± 0,2	35,9 ± 0,1
	բամբակ	6,2 ± 0,1	8,2 ± 0,1	15,3 ± 0,1	36,6 ± 0,1

Աղ. 2-ի տվյալները ցույց են տալիս, որ ցեյուլոզ պարունակող տարբեր աղբյուրների մշակումը գլիցերինով որոշակի դրական ազդեցություն է ունենում ցեյուլազային համակարգի ֆերմենտների ակտիվության դրսևորման վրա:

Ուսումնասիրված բոլոր 3 սնկերի դեպքում էլ ցեյուլազի առավելագույն ակտիվություն է դիտվում 12 ժամյա աճեցման ժամանակ, սակայն մշակման ազդեցությունը տարբեր մակարդակներով է անդրադառնում ակտիվության դրսևորման վրա: *Pleurotus ostreatus* սնկի ցեյուլազի դեպքում, անկախ ցեյուլոզի աղբյուրից, գլիցերինով մշակումը շուրջ 5 անգամ բարձրացնում է ցեյուլազի ակտիվությունը, *Ganoderma lucidum* սնկի դեպքում դիտվում է ֆերմենտի ակտիվության աճ 4-ից 6 անգամ:

Միջավայրի pH-ի և ջերմաստիճանի ազդեցությունը ցեյուլազի ակտիվության վրա: Հայտնի է, որ ֆերմենտների, այդ թվում՝ և ցեյուլազի, ակտիվության դրսևորման համար գոյություն ունի միջավայրի pH-ի որոշակի օպտիմալ արժեք: Գրականության տվյալներից հայտնի է, որ տարբեր օրգանիզմներից ստացված ցեյուլազների համար pH-ի լավագույն արժեքը ընկած է 4,0-5,0-ի տիրույթում [6]:

Աղյուսակ 3. Սնկերի ցեյուլազային ակտիվությունը թաղանթանյութի տարբեր աղբյուրների նկատմամբ pH-ի տարբեր արժեքների միջավայրում ինկուբացնելիս: ($p < 0,05$ $n=3$)

Սնկի անվանումը	Ցեյուլոզի աղբյուր	Վերականգնող մոնոսախարիդների քանակը (մգ-ով 1 գ կենսազանգվածի վրա հաշված)											
		Խիլուբացման տևողություն											
		3 ժամ			6 ժամ			9 ժամ			12 ժամ		
		pH			pH			pH			pH		
		4,0	5,0	6,0	4,0	5,0	6,0	4,0	5,0	6,0	4,0	5,0	6,0
Ավանցառուկ <i>Pleurotus ostreatus</i>	վատման	0,9±0,0	1,4±0,4	1,0±0,1	1,9±0,0	2,5±0,0	1,0±0,1	2,9±0,0	3,6±0,1	2,0±0,1	3,0±0,0	3,8±0,2	2,3±0,0
	թեփ	0,9±0,0	1,3±0,19	0,8±0,0	1,6±0,1	2,3±0,1	1,0±0,0	2,1 ±0,1	2,6 ±0,2	1,2±0,0	2,8±0,1	3,4±0,1	2,1±0,0
	բամբակ	1,8±0,1	2,5±0,1	1,1±0,1	2,9±0,0	3,5±0,1	2,1±0,0	3,7±0,1	4,3±0,2	2,9±0,0	4,6±0,1	5,1±0,0	3,4±0,1
Հաբեքառուկ <i>Ganoderma lucidum</i>	վատման	1,0±0,0	1,3±0,0	0,9±0,0	1,3±0,0	1,6±0,2	0,9±0,1	2,3±0,0	2,7±0,2	1,4±0,1	3,2±0,1	4,2±0,0	2,9±0,1
	թեփ	0,9±0,0	1,2±0,0	0,9±0,0	1,4±0,04	1,8±0,1	1,5±0,0	2,0±0,0	2,5±0,2	2,1±0,0	4,1±0,1	4,5±0,1	2,2±0,0
	բամբակ	2,0±0,1	2,5±0,1	1,2±0,1	2,8±0,1	3,3±0,1	2,0±0,1	3,8±0,1	4,3±0,1	3,0±0,1	5,3±0,1	5,8±0,1	3,5±0,0
Բորբոսառուկ <i>Penicillium lanosum</i>	վատման	0,8±0,0	1,3±0,0	0,9±0,0	1,9±0,1	2,5±0,0	1,1±0,0	2,7±0,1	5,3±0,1	4,9±0,1	4,7±0,1	5,3±0,1	2,6±0,1
	թեփ	0,7±0,0	1,3±0,0	0,9±0,0	2,2±0,0	2,7±0,1	1,4±0,0	4,9±0,1	5,3±0,1	4,9±0,1	7,8±0,1	8,2±0,1	5,3±0,1
	բամբակ	1,7±0,1	2,1±0,1	0,9±0,1	6,2±0,1	6,8±0,2	5,3±0,1	8,4±0,2	8,8±0,1	7,6±0,1	15,0±0,2	15,3±0,1	10,1±0,1

Աղ. 3-ի տվյալները ցույց են տալիս, որ սնկերը pH=5,0 միջավայրում աճեցնելիս դիտվում է բարձր ցեյուլազային ակտիվություն ուսումնասիրված բոլոր սնկերում, անկախ ցեյուլոզի աղբյուրից: Ֆերմենտի ակտիվությունը համեմատաբար ցածր է pH=4,0 միջավայրում, իսկ ավելի բարձր pH-ի (pH 6,0) միջավայրում դրսևորվում է ֆերմենտի ակտիվության նկատելի անկում՝ սկսած աճի 6-րդ ժամից: Այսպիսով, միջավայրի ռեակցիայի տեղաշարժը դեպի հիմնային տիրույթ զգալիորեն նվազեցնում է ցեյուլազի ակտիվությունը, անկախ ցեյուլոզի աղբյուրից:

Ֆերմենտների ակտիվության դրսևորման համար կարևոր նշանակություն ունի նաև աճեցման միջավայրի ջերմաստիճանը: Տարբեր օրգանիզմներից անջատված ցեյուլազների համար, ըստ գրականության տվյալների [8], լավագույնն է միջավայրի 40°C ջերմաստիճանը, սակայն որոշ ցեյուլազների ակտիվության դրսևորման համար նախընտրելի է 45-50°C ջերմաստիճանը:

Մեր փորձերում ընդգրկված վերոհիշյալ 3 սնկերի ցեյուլազային ակտիվության դրսևորման վրա ինկուբացման միջավայրի ջերմաստիճանի ազդեցության ուսումնասիրությունները ցույց են տվել (աղ. 4), որ անկախ ցեյուլոզի աղբյուրից, ցեյուլազի ակտիվության դրսևորման նպաստավոր ջերմաստիճանը 40°C է, քանի որ այս ջերմաստիճանում ինկուբացման 12-րդ ժամին դիտվում է վերականգնող մոնոսախարիդների առավելագույն քանակություն: Հետաքրքիր է այն հանգամանքը, որ միջավայրի ջերմաստիճանի 50°C -ից բարձրանալը շատ քիչ է անդրադառնում ֆերմենտի ակտիվության վրա, ինչը համապատասխանում է նաև գրականության տվյալներին [5]:

Աղյուսակ 4. Սնկերի ցեյուլազային ակտիվությունը թաղանթանյութի տարբեր ջերմաստիճանային պայմաններում ինկուբացնելիս ($p < 0,05$ $n=3$)

Սնկի անվանումը	Ցեյուլազի աղբյուր	Վերականգնող մոնոսյարիդների քանակությունը (մգ-ով 1գ կենսազանգվածի վրա հաշված)											
		Ինկուբացման տևողություն											
		3 ժամ			6 ժամ			9 ժամ			12 ժամ		
		Ջերմաստիճան			Ջերմաստիճան			Ջերմաստիճան			Ջերմաստիճան		
		30°C	40°C	50°C	30°C	40°C	50°C	30°C	40°C	50°C	30°C	40°C	50°C
Ավանցատունկ <i>Pleurotus ostreatus</i>	վատման	0,9±0,0	1,3±0,0	1,1±0,0	1,1±0,0	2,4±0,0	2,1±0,0	2,1±0,0	3,5±0,1	2,9±0,0	2,2±0,0	3,9±0,1	3,2±0,0
	թելի	0,7±0,1	1,3±0,0	1,1±0,0	1,1±0,0	2,1±0,0	1,9±0,0	1,4±0,0	2,7±0,1	2,6±0,0	2,0±0,0	3,3±0,0	3,2±0,0
	բամբակ	1,4±0,1	2,5±0,0	2,3±0,0	2,2±0,1	3,5±0,1	3,3±0,0	2,9±0,0	4,3±0,1	4,2±0,0	3,4±0,0	5,1±0,1	5,0±0,1
Հաքերասունկ <i>Ganoderma lucidum</i>	վատման	0,9±0,0	1,2±0,0	1,0±0,0	0,9±0,0	1,4±0,0	1,0±0,1	1,1±0,0	2,5±0,0	2,3±0,0	2,9±0,1	4,3±0,0	4,1±0,1
	թելի	0,9±0,0	1,1±0,0	0,9±0,1	0,9±0,0	1,5±0,0	1,2±0,0	1,1±0,0	2,6±0,0	2,1±0,0	2,9±0,1	4,4±0,0	4,2±0,1
	բամբակ	1,1±0,1	2,3±0,1	2,1±0,0	1,9±0,1	3,4±0,0	3,0±0,0	2,8±0,0	4,1±0,1	3,9±0,1	4,1±0,1	5,6±0,1	5,4±0,1
Բորբոսասունկ <i>Penicillium lanosum</i>	վատման	0,9±0,1	1,4±0,0	1,0±0,1	0,9±0,0	2,4±0,1	2,1±0,0	1,4±0,1	3,3±0,0	2,7±0,1	3,8±0,1	5,3±0,0	5,0±0,1
	թելի	0,9±0,1	1,3±0,0	1,0±0,1	1,0±0,0	1,2±0,1	2,8±0,0	2,4±0,0	3,9±0,0	5,3±0,0	6,9±0,1	8,3±0,1	8,0±0,1
	բամբակ	0,9±0,1	2,8±0,1	1,8±0,0	5,4±0,1	6,9±0,1	6,5±0,1	7,3±0,2	9,0±0,2	8,5±0,2	14,0±0,1	15,5±0,1	15,2±0,1

Փորձերի արդյունքները ցույց են տալիս, որ ուսումնասիրված սնկերի ցեյուլազի համար ցեյուլոզի նախընտրելի աղբյուր է բամբակի ցեյուլոզը: Ցեյուլազի ակտիվության առավելագույն ցուցանիշներ են դիտվում 12 ժամյա աճեցման ընթացքում: Ցեյուլազի ակտիվության դրսևորման համար նպաստավոր է pH 5,0 և 40°C-ի միջավայրում աճեցնելիս: Այսպիսով կարելի է եզրակացնել, որ նշված սնկերը օժտված են ցեյուլազային ակտիվությամբ, որը կարելի է օգտագործել գյուղատնտեսության, շրջակա միջավայրի պահպանման ինչպես նաև կենսավառելիքի ստացման կենսատեխնոլոգիաներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Թադևոսյան Ա.Յ., Հայրապետյան Ն.Կ., Կարապետյան Յ.Ս. Ընդհանուր կենսաբժմիայի լաբորատոր աշխատանքներ: ԵՊՀ հրատարակչություն, 242 էջ, 2017:
2. Зубов Д.В., Толченнов А.Л. Экспресс методика контроля активности ферментного комплекса. Вестник Саратовского государственного технического университета. 1., с. 389-392, 2012.
3. Католла В.М. О некоторых биосинтетических функциях плесневых грибов, выделенных из техногенных отходов горнорудных предприятий. Бюллетень Института геологии и природопользования дальневосточного отделения. РАН. 2015, выпуск 55.
4. Квеститадзе Г.И., Безбородов А.М. Введение в биотехнологию. М, Наука, 347 с., 2002.
5. Кислухина О.В. Ферменты в производстве птицы и кормов. М., ДеЛи принт, 336 с., 2002.
6. Короткова О.Г. Применение комплексного ферментного препарата с увеличенной активностью эндоглюконазы для переработки целлюлозосодержащей биомассы. Хранение и переработка сельхозсырья, вып. 4, с. 29., 2011.
7. Рабинович М.Л., Мельник М.С. Прогресс в изучении целлюлолитических ферментов и механизм биодегратации высокопорядочных форм целлюлозы. Успехи биологической химии. Пушино, 40, с. 205-266, 2000.
8. Скоморовский А.А. Зорин В.В., Марков А.В., Гусаков А.В. Новые целлюлазы для высокоэффективного гидролиза лигниноцеллюлозной биомассы. Прикладная биохимия и микробиология, 42, 6., с. 674-680, 2006.
9. Султанова Л.М., Зорин В.В., Петухова Н.И., Шараева А.А., Луханова С.С. Исследование влияния переработки субстрата глицерином на гидролиз и ферментацию лигноцеллюлозных отходов с помощью *Streptomyces* sp. K-7 Башкирский химический журнал, 19, 3, с. 127-129, 2012.

10. Халимова Л.Х., Петухова Н.И., Ногина Т.С., Султанова Л.М., Зорин В.В. Скрининг микроорганизмов с целлюлазной и лактазной активностью. Башкирский химический журнал, 16, 4, с. 68-70, 2009.
11. Pelarta RM, Polachine da Silva B., Katoatalysis CG., Aderar. Enzymes from Basidiomycetes- Peciliar and Efficient Tools for Biotechnology. Biotechnology of Microbial Enzymes. Biocatalysis and Industrial Applications. (Chapter 5), p. 119-149, 2017.
12. Sornlake W., Rattaanapharjak P., Champreda V., Eurwilaichir L., Kittisenachai S, Sittiruk R. Characterization of cellulolytic enzymes system of *Schizophyllum commune* mutant and evaluation of its efficiency on biomass hydrolysis. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 81, 7, p. 1289-1299, 2017.
13. Valadares F., Goncalves TA., Damasio A., Milagres AM., Squina FM., Segato F., Ferraz A. The secretome of two representative lignocelluloses-decay basidiomycetes growing on sugar-cane bagasse solid-state cultures. Enzyme Microbial Technology, 130, 109370. 2019.

Унwgqтl 14.04.2020