

Зөгийн балны бактерийн эсрэг идэвхийг судалсан дүн

Х.Нурымбек¹, Х.Ахерке¹, Ч.Буджав¹, А.Оюунбаатар², Б.Золбаяр³, Ж.Баатарболат¹,
Ц.Маралмаа¹, Д.Шинэзаяа¹, Д.Жамбаниж¹, Д.Отгонсүрэн¹

¹АШУУИС, Эм зүйн сургууль, Эмийн технологийн тэнхим

²АШУУИС, Био-Анагаахын сургууль

³АШУУИС, Анагаах ухааны сургууль

Цахим шуудан: turkaq0321@gmail.com, Утас: 95612902

Түлхүүр үг:

Зөгийн бал
Импорт
S.aureus
P.aeruginosa
K.pneumoniae
E.coli

Товч утга:

Үндэслэл: Зөгийн бал нь байгалийн гаралтай, бактерийн эсрэг, антиоксидант, үрэвслийн эсрэг, эд эсийн нөхөн төлжилтийг дэмжих шинж чанартай биологийн идэвхт бодис бөгөөд эртнээс шархны эмчилгээнд хэрэглэж ирсэн уламжлалтай. Зөгийн балыг шарханд шууд хэрэглэхэд наалдах чанар, шингэц, тунгийн тогтвортой байдал, ариун байдал зэрэг асуудал тулгардаг тул түүнийг хэрэглэхэд хялбар болгох, байгалийн түүхий эдийг эмчилгээний практикт нэвтрүүлэх зорилгоор тохирох эмийн хэлбэрт оруулах шаардлагатай байна. Иймээс зөгийн балыг гидрогель наалтын үндсэн үйлчлэгч бодисоор оруулан физик, химийн хувьд тогтвортой, шархны эдгэрэлтэд чухал нөлөө үзүүлэх шархны орчныг тохиромжтой чийглэгтэй байлгахад чиглэсэн эмчилгээний идэвхтэй шинэ төрлийн шархны наалт гарган авах боломж бүрдэнэ. Энэхүү судалгааны ач холбогдол нь зөгийн балны бактерийн эсрэг идэвхийг судлахаас гадна бактерийг үхүүлэх хугацааг тодорхойлж цаашдын судалгаанд ашиглах боломжийг бүрдүүлэхэд оршино. **Зорилго:** Зөгийн балны бактерийн эсрэг идэвхийг судалж, бактерийг үхүүлэх хугацааг тогтоох. **Арга, аргачлал:** Дотоодын зөгийн балыг импортын зөгийн балтай харьцуулж бактерийн эсрэг идэвх болон үхүүлэх хугацааг судалсан. Дотоодын зөгийн балыг D1, D2, D3, C1, C2 импортын зөгийн балыг М гэж кодлон нийт 6 төрлийн зөгийн балыг шөлөнд бичил шингэрүүлэлт хийх аргаар түлэгдэлтийн шарханд ихэвчлэн илэрдэг 4 төрлийн бактери *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 28583, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 1706, *Escherichia coli* ATCC 25218 зэрэг бактериудын эсрэг идэвхийн тунг тогтоож харьцуулж судлав. Дараа нь бактерийг үхүүлэх хугацааг мөн шөлөнд шингэрүүлэх аргаар зөгийн балны концентраци нь 70% байхаар 7:3, 50% байхаар 5:5, 40% байхаар 4:6 шингэрүүлэлт хийж гүйцэтгэв. **Үр дүн:** D1, D2, D3, C1, C2, М зөгийн балуудын *S. aureus*, *P.aeruginosa*, *K.pneumoniae* болон *E.coli* зэрэг бактерийн эсрэг идэвхийг тодорхойлов. Үүнээс D3, C2, М зөгийн балны бактерийн эсрэг идэвх нь

илүү байсан. Зөгийн балуудыг 7:3, 5:5, 4:6 харьцаагаар шингэрүүлэлт хийж, бактерийг үхүүлэх хугацааг тогтооход D3 зөгийн балны 7:3 харьцаагаар шингэрүүлж бэлдсэн нь *S.aureus* бактерийг 15 цагт, *P.aeruginosa* бактерийг 7 цагт, *K.pneumoniae* болон *E.coli* бактерийг үхүүлэх хугацаа нь 18 цагаас дээш байсан. Харин C2 зөгийн балны 7:3 харьцаагаар шингэрүүлж бэлдсэн нь *S.aureus* бактерийг 16 цагт, *P.aeruginosa* бактерийг 12 цагт, *K.pneumoniae* бактерийг 16 цагт, *E.coli* бактерийг 17 цагт үхүүлж байсан. М зөгийн балыг 7:3 харьцаагаар шингэрүүлэн бэлдсэн зөгийн бал нь *S.aureus* бактерийг 8 цагт, *P.aeruginosa* бактерийг 7 цагт, *K.pneumoniae* бактерийг 9 цагт, *E.coli* бактерийг 8 цагт үхүүлж байсан. М зөгийн балыг 5:5 харьцаагаар шингэрүүлэн бэлдсэн нь *S.aureus* бактерийг 9 цагт, *P.aeruginosa* бактерийг 10 цагт, *K.pneumoniae* бактерийг 10 цагт *E.coli* бактерийг 9 цагт үхүүлж байсан. **Дүгнэлт:** 1. Зөгийн балны бактерийн эсрэг идэвхийг *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* зэрэг бактери дээр судлахад зөгийн балны концентрациас хамаарч ялгаатай байсан бөгөөд 40-45%-ийн концентрацитай зөгийн балны бактерийн эсрэг идэвх өндөр байв. Мөн М зөгийн бал бусад зөгийн балтай харьцуулахад хамгийн өндөр бактерийн эсрэг идэвх үзүүлж байгааг тогтоов. 2. Зөгийн балны бактерийн үхүүлэх хугацааг тодорхойлоход дотоодын үйлдвэрийн зөгийн бал 9 цагт бактерийг үхүүлж байсан бол импортын зөгийн бал нь 7 цагт үхүүлж байв.

Үндэслэл: Зөгийн бал нь байгалийн гаралтай, олон бүрэлдэхүүнт биологийн идэвхтэй бүтээгдэхүүн бөгөөд түүний бактерийн эсрэг идэвх нь хүчиллэг орчин, устөрөгчийн хэт исэл үүсэлт болон фенолын нэгдлүүд зэрэг олон хүчин зүйлийн нийлмэл үйлчлэлээр илэрдэг.^{2,3} Эдгээр механизм нь грам эерэг болон грам сөрөг бактерийн эсрэг өргөн хүрээний дарангуйлах нөлөө үзүүлдэг.

Зөгийн балыг эрт дээр үеэс шархны эмчилгээнд хэрэглэж ирсэн бөгөөд шархны эдгэрэлтийг түргэсгэх, эд эсийг халдвараас хамгаалах зэрэг биологийн чухал үйлдлүүдтэй болох нь тогтоогдсон.⁴ Шархны халдварын үед түгээмэл илэрдэг *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* болон *Escherichia coli* зэрэг бактериудын эсрэг зөгийн балын үйлчлэл нь судалгаагаар өргөн хүрээнд үнэлэгдсэн байдаг.⁵

MIC болон MBC шинжилгээний үр дүнгээс харахад зөгийн балын бактерийн эсрэг идэвх нь концентрациас шууд хамааралтай бөгөөд ихэнх эмгэгтөрөгчийг 10–50% (w/v) концентрацид дарангуйлж, өндөр концентрацид бактерицид үйлчлэл үзүүлдэг болохыг тогтоосон байна.^{6,7} Time-kill судалгааны үр дүнгээс үзэхэд зөгийн бал нь бактерийн өсөлтийг эхний хэдэн цагт хүчтэй саатуулж, өндөр концентрацийн үед 6–12 цагийн дотор мэдэгдэхүйц бууралт үүсгэн, 12–24 цагийн хугацаанд бүрэн устгалд хүргэх боломжтой байдаг.^{8,9} Зөгийн балыг шарханд шууд хэрэглэхэд наалдах чанар, шингэц, тунгийн тогтвортой байдал, ариун байдал зэрэг асуудал тулгардаг тул түүнийг хэрэглэхэд хялбар болгох, байгалийн түүхий эдийг эмчилгээний практикт нэвтрүүлэх зорилгоор тохирох эмийн хэлбэрт оруулах шаардлагатай байна.

Иймээс зөгийн балыг гидрогель наалтын үндсэн үйлчлэгч бодисоор оруулан физик, химийн хувьд тогтвортой, шархны эдгэрэлтэд чухал нөлөө үзүүлэх шархны орчныг тохиромжтой чийглэгтэй байлгахад чиглэсэн эмчилгээний идэвхтэй шинэ төрлийн шархны наалт гарган авах боломж бүрдэнэ. Зөгийн бал агуулсан гидрогель наалт нь шархны орчныг тэнцвэржүүлэх, чийг шингээх, хадгалах, халдварын эсрэг, үрэвслийн эсрэг, эд эс нөхөн төлжихөд дэмжих үйлдлийг үзүүлдгээрээ бусад наалтаас ялгаатай.¹ Энэхүү судалгааны ач холбогдол нь зөгийн балны бактерийн эсрэг идэвхийг судлахаас гадна бактерийг үхүүлэх хугацааг тодорхойлж цаашдын судалгаанд ашиглах боломжийг бүрдүүлэхэд оршино.

Зорилго: Зөгийн балны бактерийн эсрэг идэвхийг судалж, бактерийг үхүүлэх хугацааг тогтоох.

Зорилт:

1. Судалгаанд хамруулсан зөгийн балны бактерийн эсрэг идэвхийг судлах
2. Зөгийн балны бактерийг үхүүлэх хугацааг тодорхойлох

Арга, аргачлал: Судалгааг туршилт судалгааны загвараар хийж гүйцэтгэсэн ба дотоодын зөгийн балыг импортын зөгийн балтай харьцуулж бактерийн эсрэг

идэвх болон бактерийг үхүүлэх хугацааг судалсан. Дотоодын зөгийн балыг D1, D2, D3, C1, C2 импортын зөгийн балыг M гэж кодлон нийт 6 төрлийн зөгийн бал сонгон авч 96 нүхтэй U хэлбэрийн урвалжийн хавтанд шөлөнд бичил шингэрүүлэлтийн аргаар үзсэн. Судалгаанд түлэгдэлтийн шарханд ихэвчлэн илэрдэг 4 төрлийн бактерийн стандарт омог болох грам бактер *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, грам (-) бактериуд болох *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 28583, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 1706, *Escherichia coli* ATCC 25218-ийг ашиглав. Мөн тархи зүрхний хандтай шөл, Мюллер-Хинтоны хатуу тэжээлт орчин, 5% хонины цустай хатуу тэжээлт орчин, Макконки хатуу тэжээлт орчин болон шинжилгээнд хэрэглэх багаж, төхөөрөмжүүдийг ашиглав.

Грамм (+) бактерийг 5% хонины цустай хатуу тэжээлт орчинд, грам (-) бактерийг Макконки хатуу тэжээлт орчинд гогцоогоор тарьж 37°C-ийн термостатанд 24 цаг өсгөвөрлөв. Бактерийн булингаа бэлтгэхдээ ариутгасан хуруу шилэнд 0.9% NaCl хийж хатуу тэжээлт орчнууд дээр өсгөвөрлөгдсөн колониудаас гогцоогоор авч бэлтгэсэн хуруу шилтэй 0.9% NaCl-ийн уусмалд хийж бактерийн булингаа бэлтгэв. Бэлтгэсэн бактерийн булингийг 0.5 Mc Farland стандарт бактерийн булингатай харьцуулав. Тархи зүрхний хандтай шөлийг бэлтгэхдээ 1000 мл-т 37 г хуурай бодис байхаар тооцож найруулан, бэлтгэсэн уусмалыг халаагуур дээр тавьж буцалгав. Буцалгасны дараа 121°C-т 15 минут автоклавдан тархи зүрхний хандтай шөлийг 50°C хүртэл хөргөж туршилт судалгаанд хэрэглэв. Зөгийн балын уусмал бэлтгэхдээ 10 мл-ариун тюбэнд 4 мл зөгийн балийг 4 мл нэрмэл усанд 50% (v/v) нь зөгийн бал агуулагдахаар уусгаж центрифуг ашиглан зөгийн балыг нэрмэл усанд бүрэн уустал 5 сек 500-800 rpm хурдаар холив. Үүнээс 45%, 40%, 35%, 30%, 25%, 20%-р шөлөнд шингэрүүлэлт хийв.

96 нүхтэй U хэлбэрийн урвалжийн хавтанг дугаарлан тэмдэглэж 50% (v/v) шингэрүүлэг хийгдсэн зөгийн балаас эерэг хяналтын бүлэгт 100мкл, туршилтын бүлгүүдэд 90мкл, 80мкл, 70мкл, 60мкл, 50мкл, 40мкл хийж дээр нь 100мкл болгохын тулд 10мкл, 20мкл, 30мкл, 40мкл, 50мкл, 60мкл тархи зүрхний хандтай шөлнөөс тус бүрт хийсэн ба сөрөг хяналтын бүлэгт 100 мкл тархи зүрхний хандтай шөл хийж 1-8 хүртэлх нүхэнд дараалан цуврал шингэрүүлэг хийв. Бичил хавтангийн туршилтын бүлэг тус бүрд бэлтгэсэн бактерийн булингаас тус бүр 1мкл нэмж хийсэн ба эерэг хяналтаар зөгийн баланд бактерийн булингаас 1 мкл, сөрөг хяналтаар тархи зүрхний хандтай шөлөнд бактерийн булингаас 1мкл-ийг хийж 96 нүхтэй U хэлбэрийн урвалжийн хавтанг 37°C -ийн термостатанд 24 цаг өсгөвөрлөв.

24 цагийг дараа бичил хавтангийн нүх тус бүрээс пипетки ашиглан 10мкл-ийг соруулан авч Мюллер Хинтоны тэжээлт орчинд хийн бактерийн тараагуур ашиглан тараан тарьж дахин 37°C-ийн термостатанд 24 цаг өсгөвөрлөв. Өсгөвөрлөсний дараа бактерийн өсөлтийг саатуулах хамгийн бага тун (MIC), бактерийг үхүүлэх хамгийн бага тун (MBC)-г тодорхойлов. MIC, MBC-г тодорхойлохдоо

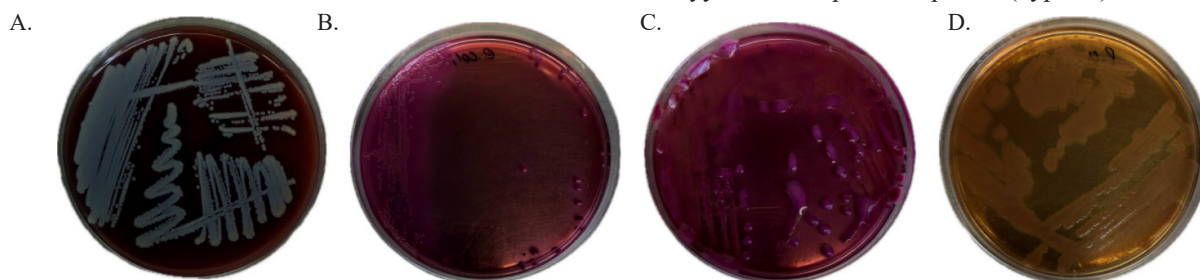
Мюллер-Хинтоны тэжээлт орчинд бактерийн колони өсгөвөрлөгдөөгүй эхний тунг бактерийн өсөлтийг саатуулах хамгийн бага тун, түүнээс нэг их тунг бактерийг үхүүлэх хамгийн бага тун гэж тодорхойлов. Бактерийг үхүүлэх хугацааг тодорхойлохдоо ажлын уусмалыг зөгийн бал болон тархи зүрхний хандтай шөлөөр 7:3, 5:5, 4:6 харьцаагаар бэлтгэж, түүнээс 200мкл хэмжин авч 2 мкл бактер тарьж шөлөнд шингэрүүлэлт хийсэн. Үүнээс 18 цагийн турш цаг тутамд 10мкл хэмжээтэй авч, цустай тэжээлт орчинд тарьж өсгөвөрлөсөн. Үр дүнг үнэлэхдээ 1 цаг тутамд тарьсан өсгөврийг ажиглаж, хугацааны явцад бактерийн тооны бууралтыг үнэлэх бөгөөд бактерийн

өсөлт илрээгүй тохиолдолд уг цагт бактерийг үхүүлсэн гэж дүгнэсэн.

Судалгааны ажлын ёс зүйн зөвшөөрөл: АШУҮИС-ийн Судалгааны ёс зүйн хяналтын хорооны 2025 оны 11 сарын 21-ний өдрийн №25-26/03-01 хурлаар хэлэлцүүлж ёс зүйн зөвшөөрөл авсан болно.

Үр дүн:

1. Судалгаанд хэрэглэгдэх стандарт омгуудыг сэргээх: Энэхүү судалгаанд 4 төрлийн стандарт омгуудыг хэрэглэсэн ба грам эерэг бактерийн 5% хонины цустай хатуу тэжээлт орчинд, грам сөрөг бактерийг Макконки хатуу тэжээлт орчинд тарьсан. (Зураг 1)



Зураг 1. Стандарт омгуудын хатуу тэжээлт орчинд өсгөвөрлөгдсөн байдал.

A. Хонины цустай хатуу тэжээлт орчинд *S.aureus*-г өсгөвөрлөсөн байдал B. Макконки хатуу тэжээлт орчинд *E.coli*-г өсгөвөрлөсөн байдал C. Макконки хатуу тэжээлт орчинд *K. pneumoniae*-г өсгөвөрлөсөн байдал. D. Макконки хатуу тэжээлт орчинд *P. aeruginosa*-г өсгөвөрлөсөн байдал

2. Зөгийн балын бактерийн өсөлтийг саатуулах хамгийн бага тун, бактерийг үхүүлэх хамгийн бага тунг тодорхойлсон үр дүн: Бактерийн өсөлтийг саатуулах хамгийн бага тунг (MIC) тодорхойлох туршилтад эерэг хяналтын бүлэгт зөгийн бал нь бактерийг бүрэн устгана

гэж таамагласан. Гэвч D1, D2 болон C1 дээжүүдийн хувьд эерэг хяналтын нөхцөлд бактерийн өсөлт ажиглагдсан. Энэ нь уг зөгийн балуудын концентраци нь бактерийг бүрэн устгах хэмжээнд хүрээгүй гэдгийг харуулж байна. (Хүснэгт 1)

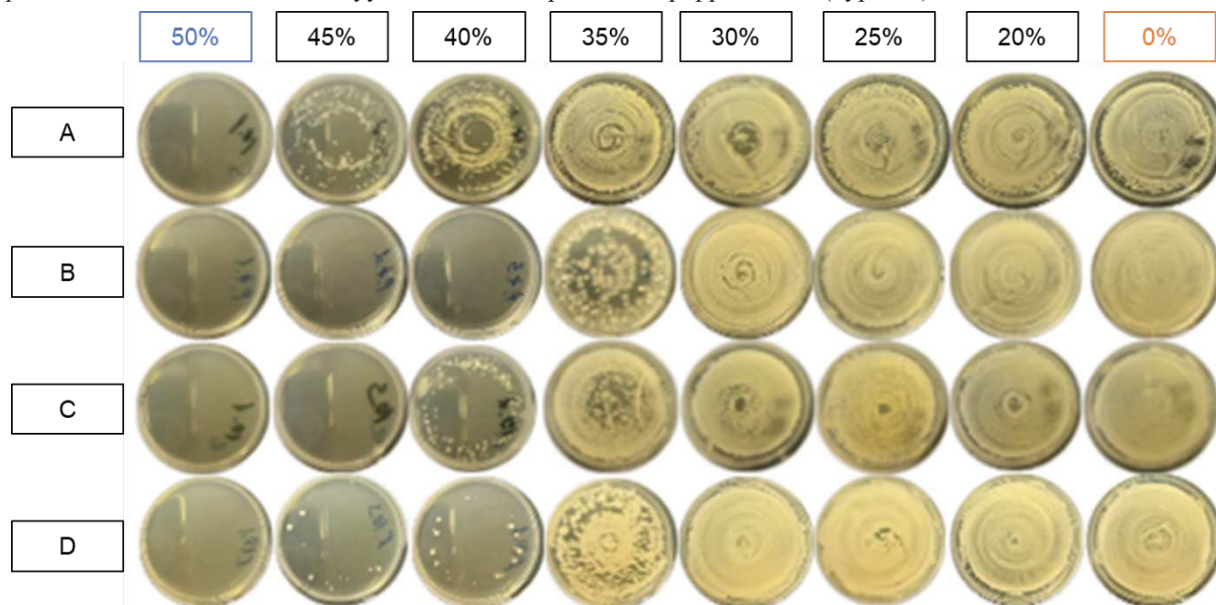
Хүснэгт 1. Зөгийн балуудын стандарт 4 омогт бактерийн өсөлтийг саатуулах хамгийн бага тун, бактерийг үхүүлэх хамгийн бага тун

Зөгийн бал	Бактери	100:1 50%	10:90 45%	20:80 40%	30:70 35%	40:60 30%	50:50 25%	50:40 20%	100:1 0%	MIC % (v/v)	MBC % (v/v)
D1	<i>S.aur</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	50%	50%-с дээш
	<i>P.aeruginosa</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	45%	50%
	<i>E.coli</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	50%	50%-с дээш
	<i>K.pneumoniae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
D2	<i>S.aur</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	50%	50%-с дээш
	<i>P.aeruginosa</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	45%	50%
	<i>E.coli</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
	<i>K.pneumoniae</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	50%	50%-с дээш
D3	<i>S.aur</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	50%	50%-с дээш
	<i>P.aeruginosa</i>	-	-	-	+	+	+	+	+	40%	45%
	<i>E.coli</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	45%	50%
	<i>K.pneumoniae</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	50%	50%-с дээш
M	<i>S.aur</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	30%	35%
	<i>P.aeruginosa</i>	-	-	-	-	+	+	+	+	35%	40%
	<i>E.coli</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	25%	30%
	<i>K.pneumoniae</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	30%	35%
C1	<i>S.aur</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	50%	50%-с дээш
	<i>P.aeruginosa</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	45%	50%
	<i>E.coli</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
	<i>K.pneumoniae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
C2	<i>S.aur</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	50%	50%-с дээш
	<i>P.aeruginosa</i>	-	-	-	+	+	+	+	+	40%	45%
	<i>E.coli</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	45%	50%
	<i>K.pneumoniae</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	45%	50%

Тайлбар: (+)- бактери өсгөвөрлөгдсөн, (-)- бактери өсгөвөрлөгдөөгүй

(MIC)-г D3 цэцгийн зөгийн балд тодорхойлоход 40% (v/v) зөгийн бал агуулсан шингэрүүлэг *P. aeruginosa* бактерийн өсөлтийг саатуулсан бол 45% болон 50% (v/v) зөгийн бал агуулсан шингэрүүлэг *S.aureus*, *E.coli*, *K. pneumoniae*-ийн өсөлтийг саатуулж байв. Бактерийг

үхүүлэх хамгийн бага тун (MBC)-г D3 цэцгийн зөгийн балд тодорхойлоход 45% (v/v) зөгийн бал агуулсан шингэрүүлэг *P. aeruginosa* бактерийн үхүүлж байсан бол 50% (v/v) зөгийн бал агуулсан шингэрүүлэг *E.coli* -г үхүүлж байв. (Зураг 2.)



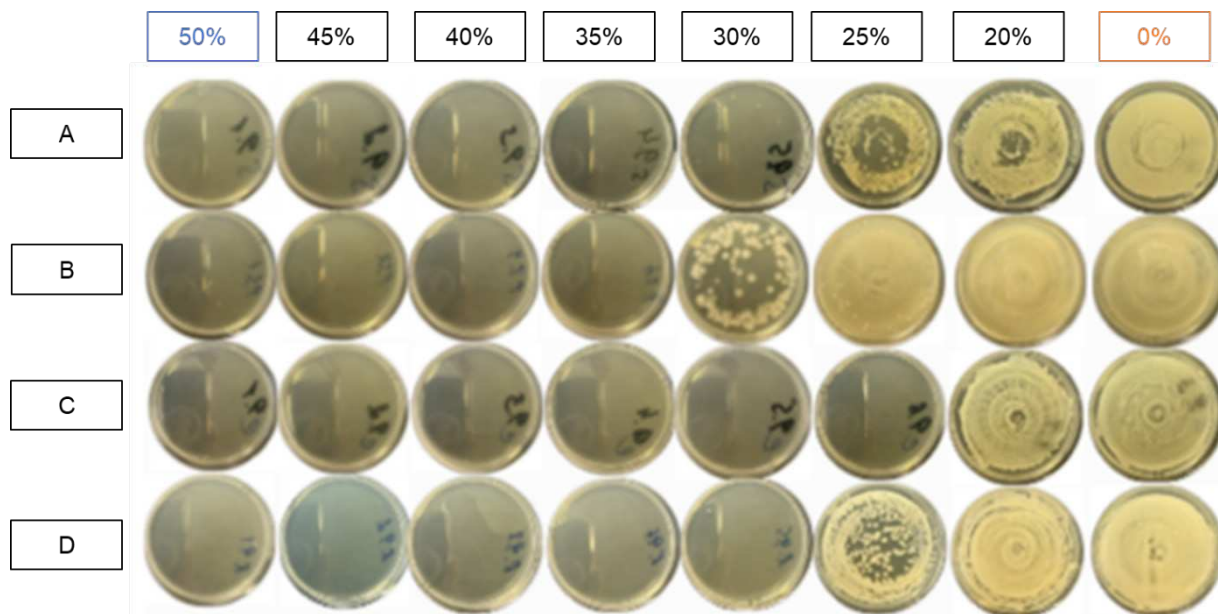
Зураг 2. D3 цэцгийн зөгийн балын Мюллер-Хинтоны хатуу тэжээлт орчин дээрх бактерийн өсөлтийг саатуулах, үхүүлэх хамгийн бага тун.

A. *S.aureus*-тарьсан бүлэг B. *P. aeruginosa*-тарьсан бүлэг

C. *E.coli*-тарьсан бүлэг D. *K.pneumoniae*-тарьсан бүлэг

М цэцгийн зөгийн балд (MIC)-г тодорхойлоход 30% (v/v) зөгийн бал агуулсан шингэрүүлэг *S.aureus* болон *K. pneumoniae*, 35% (v/v) агуулсан шингэрүүлэг *P. aeruginosa*, 25% (v/v) агуулсан шингэрүүлэг *E.coli*, бактерийн өсөлтийг саатуулсан байв. Бактерийг үхүүлэх хамгийн бага тун (MBC)-г М цэцгийн зөгийн

балд тодорхойлоход 30% (v/v) зөгийн бал агуулсан шингэрүүлэг *E.coli* бактерийн үхүүлж байсан бол 35% (v/v) зөгийн бал агуулсан шингэрүүлэг *S.aureus* болон *K. pneumoniae*, 40% (v/v) зөгийн бал агуулсан шингэрүүлэг *P. aeruginosa* -г үхүүлж байсан. (Зураг 3.)



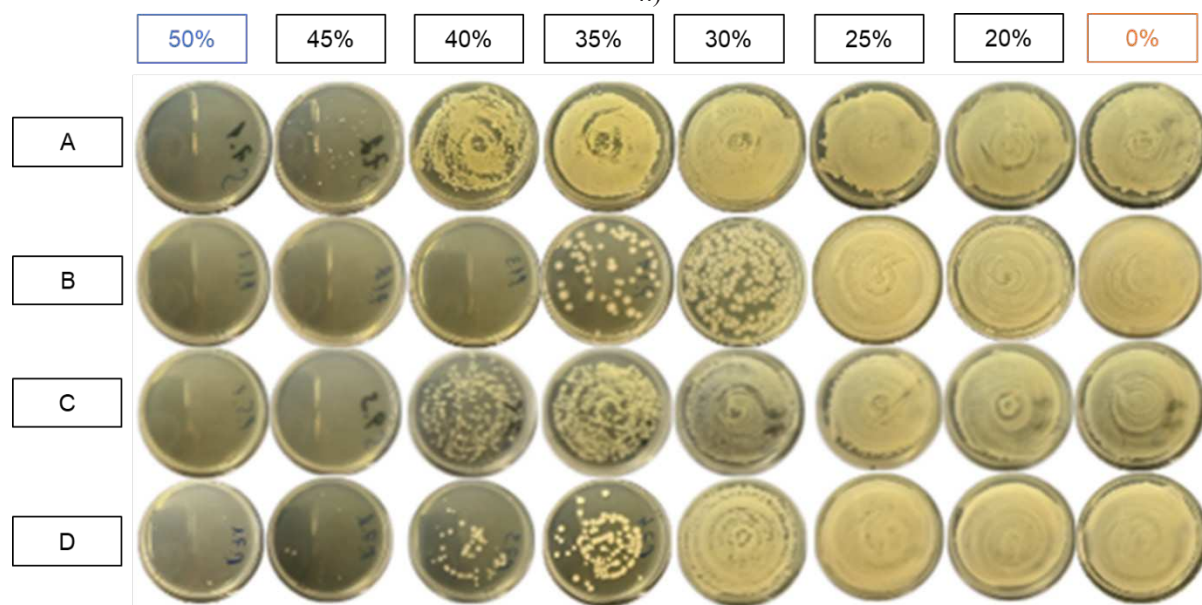
Зураг 3. М цэцгийн зөгийн балын Мюллер-Хинтоны хатуу тэжээлт орчин дээрх бактерийн өсөлтийг саатуулах, үхүүлэх хамгийн бага тун

A. *S.aureus*-тарьсан бүлэг B. *P. aeruginosa*-тарьсан бүлэг

C. *E.coli*-тарьсан бүлэг D. *K.pneumoniae*-тарьсан бүлэг

(MIC)-г C2 цэцгийн зөгийн балд тодорхойлоход 40% (v/v) зөгийн бал агуулсан шингэрүүлэг *P. aeruginosa* бактерийн өсөлтийг саатуулсан бол 45% болон 50% (v/v) зөгийн бал агуулсан шингэрүүлэг бусад бактерийн өсөлтийг саатуулж байв.

Бактерийг үхүүлэх хамгийн бага тун (MBC)-г C2 цэцгийн зөгийн балд тодорхойлоход 45% (v/v) зөгийн бал агуулсан шингэрүүлэг *P. aeruginosa* бактерийн үхүүлж байсан бол 50% (v/v) зөгийн бал агуулсан шингэрүүлэг бусад бактериудыг үхүүлж байв. (Зураг 4.)

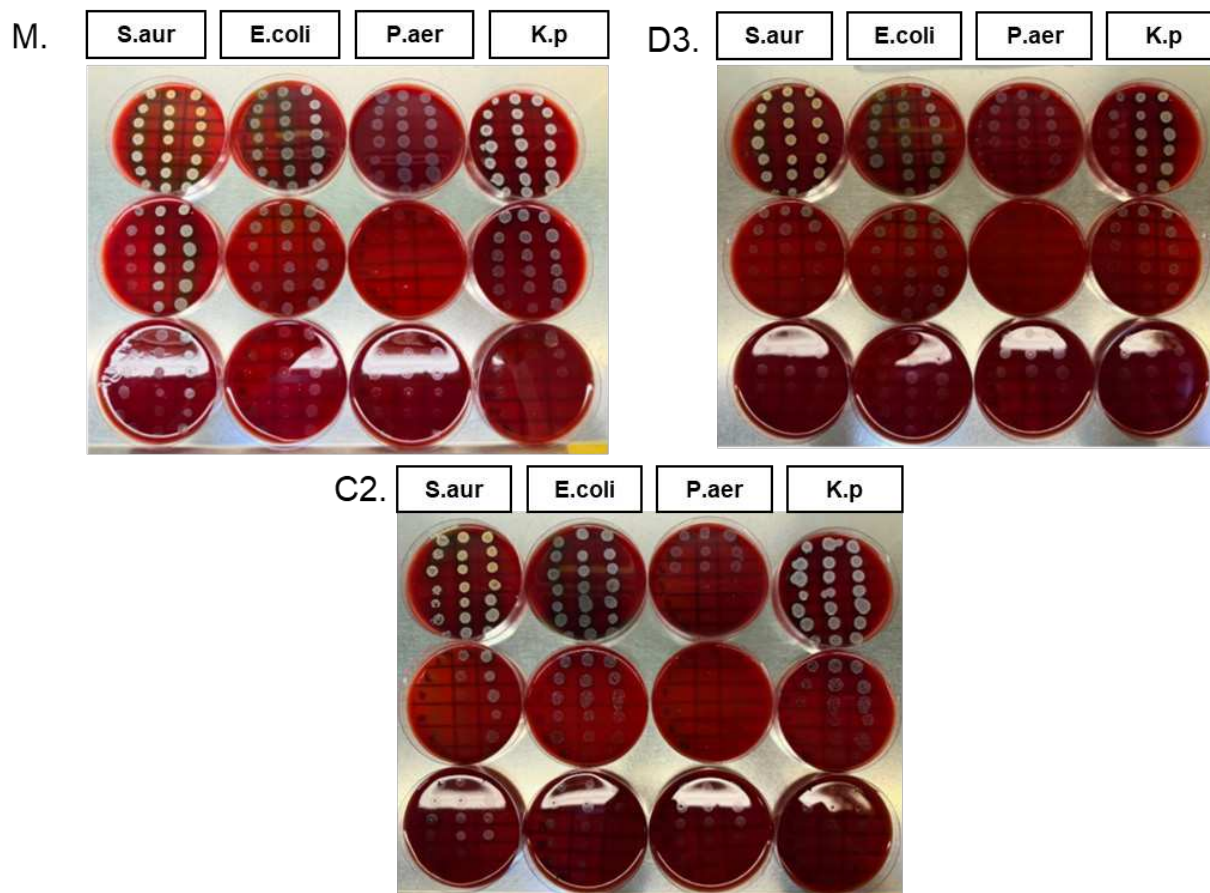


Зураг 4. C2 цэцгийн зөгийн балын Мюллер-Хинтоны хатуу тэжээлт орчин дээрх бактерийн өсөлтийг саатуулах, үхүүлэх хамгийн бага тун

A. *S. aureus*-тарьсан бүлэг B. *P. aeruginosa*-тарьсан бүлэг

C. *E. coli*-тарьсан бүлэг D. *K. pneumoniae*-тарьсан бүлэг

3. Зөгийн баланд бактерийг үхүүлэх хугацааг тодорхойлсон үр дүн.



Зураг 5. 5%-ийн хонины цустай хатуу тэжээлт орчинд зөгийн баланд бактерийн үхүүлэх хугацааг тодорхойлсон дүн

М зөгийн баланд бактерийн үхүүлэх хугацааг тодорхойлоход *S.aureus*-ийг 70% зөгийн балны концентрацтай шингэрүүлэг нь 11 цаг, 50%-11 цаг, 40%-12 цагт бактерийг үхүүлж байсан. *E.Coli*-ийг 70%, 50%, зөгийн балны концентрацтай шингэрүүлэг нь 13 цаг, 40%-14 цагт үхүүлж байв. *P.aeruginosa*-г

70% зөгийн балны концентрацтай шингэрүүлэг нь 5 цаг, 50%-6 цаг, 40%-7 цагт бактерийг үхүүлж байсан нь тухайн бактерийн онцлогтой холбоотой гэж үзсэн. *K.pneumoniae* 70%, 50% зөгийн балны концентрацтай шингэрүүлэг нь 11 цаг, 40%-12 цагт бактерийг үхүүлж байв. (Хүснэгт 2.)

Хүснэгт 2. М зөгийн балны бактерийг үхүүлэх хугацаа

Цаг	<i>S.aur</i>			<i>E.coli</i>			<i>Paeruginosa</i>			<i>K.pneumoniae</i>		
	70%	50%	40%	70%	50%	40%	70%	50%	40%	70%	50%	40%
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
6	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
7	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
8	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
9	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
10	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
11	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+
12	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Тайлбар: (+)- бактери өсгөвөрлөгдсөн, (-)- бактери өсгөвөрлөгдөөгүй

D3 зөгийн балны бактерийн үхүүлэх хугацааг тодорхойлоход *S.aureus*-ийг 70% зөгийн балны концентрацтай шингэрүүлэг нь 12 цаг, 50%-15 цагт үхүүлж байсан бол 40%-ийн концентрацтай зөгийн бал нь 18 цагт бактерийг үхүүлж чадахгүй байсан. *E.Coli*-ийг 70% зөгийн балны концентрацтай шингэрүүлэг

нь 13 цаг, 50%, 40%-16 цагт үхүүлж байв. *P.aeruginosa*-г 70% зөгийн балны концентрацтай шингэрүүлэг нь 7 цаг, 50%-8 цаг, 40%-9 цагт бактерийг үхүүлж байсан. *K.pneumoniae* 70%, 50% зөгийн балны концентрацтай шингэрүүлэг нь 13 цаг, 40%-14 цагт бактерийг үхүүлж байв. (Хүснэгт 3.)

Хүснэгт 3. D3 зөгийн балны бактерийг үхүүлэх хугацаа

Цаг	<i>S.aur</i>			<i>E.coli</i>			<i>Paeruginosa</i>			<i>K.pneumoniae</i>		
	70%	50%	40%	70%	50%	40%	70%	50%	40%	70%	50%	40%
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
9	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
10	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
11	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
12	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
13	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+
14	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+
15	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
16	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Тайлбар: (+)- бактери өсгөвөрлөгдсөн, (-)- бактери өсгөвөрлөгдөөгүй

C2 зөгийн балны бактерийн үхүүлэх хугацааг тодорхойлоход *S.aureus*-ийг 70% зөгийн балны концентрацтай шингэрүүлэг нь 10 цаг, 50%-11 дэх цагт үхүүлж байсан бол 40%-ийн концентрацтай зөгийн бал нь 12 цагт бактерийг үхүүлж байсан. *E.Coli*-ийг 70%, 50%, 40% зөгийн балны концентрацтай шингэрүүлэг

нь 13 цагт дараа үхүүлж байв. *Paeruginosa*-г 70% зөгийн балны концентрацтай шингэрүүлэг нь 4 цаг, 50%, 40%-5 цагт бактерийг үхүүлж байсан. *K. pneumoniae* 70%-11 цагт, 50%-12цагт, 40%-13 цагт бактерийг үхүүлж байв. (Хүснэгт 4.)

Хүснэгт 4. C2 зөгийн балны бактерийг үхүүлэх хугацаа

Цаг	<i>S.aur</i>			<i>E.coli</i>			<i>Paeruginosa</i>			<i>K.pneumoniae</i>		
	70%	50%	40%	70%	50%	40%	70%	50%	40%	70%	50%	40%
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
6	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
7	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
8	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
9	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
10	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
11	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
12	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Тайлбар: (+)- бактери өсгөвөрлөгдсөн, (-)- бактери өсгөвөрлөгдөөгүй

Хэлцэмж: Энэхүү судалгаанд дотоодын болон импортын зөгийн балны шархны халдвар үүсгэгч бактерийн эсрэг идэвх болон бактерийг үхүүлэх хугацааг үнэлсэн. Зөгийн бал нь өндөр осмосын даралт, хүчиллэг орчин, устөрөгчийн хэт исэл болон фенолын нэгдлүүдийн идэвхийн үр дүнд бактерийн өсөлтийг дарангуйлах чадвартай байгалийн гаралтай бүтээгдэхүүн бөгөөд эмчилгээний зориулалтаар өргөн судлагдаж байна. Зөгийн балны бактерийн эсрэг идэвх нь олон улсад судлагдсан боловч тухайн орны газар зүйн онцлог, ургамлын шинж чанараас хамаарч түүний бактерийн эсрэг идэвх үзүүлэх концентраци нь өөр өөр байдаг байна.¹⁰ Эрдэмтэн Subrahmanyam M (1991) нарын судалгаагаар зөгийн балыг түлэнхийн шарханд түрхэхэд шархны эдгэрэлт мэдэгдэхүйц түргэсэж, халдварын эрсдэл буурсан болохыг тогтоосон.¹¹ Мөн Bigliardi PL (2012) нарын системчилсэн тойм судалгаагаар зөгийн бал нь шархны чийглэг орчинг хадгалах, бактерийн өсөлтийг дарангуйлах, үрэвслийг бууруулах замаар эдгэрэлтийг дэмждэг болохыг нотолжээ.¹² Wilkinson JM (2005) нарын судалгаагаар зөгийн балны янз бүрийн концентраци бүхий тунгаар бактери хэрхэн нөлөөлж буйг бактерийн эсрэг идэвхээр нь үнэлэхэд 3%-50% болон түүнээс дээш концентрациар нөлөө үзүүлж болохыг тогтоосон.¹³ Бид судалгаандаа зөгийн балыг 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%-ийн концентрациар бэлтгэн шөлөнд шингэрүүлэлтийн аргаар бактерийн эсрэг идэвхийг үнэлэхэд 40-45%-ийн концентраци нь шарх үүсгэгч 4 төрлийн бактерийн омогт илүү үйлдэл үзүүлж байсан нь дээрх судлаачдийн үр дүнтэй дүйж байна.

Bulti Kumera (2025) нарын судалгаанд зөгийн балны 25%-ийн концентраци дээр бактерийн өсөлтийг хамгийн бага дарангуйлсан¹⁴ байгаа нь бидний судалгааны ажлын М зөгийн балны 25%-ийн концентрацтай зөгийн балны бактерийг хамгийн бага дарангуйлсан үр дүнтэй дүйж байна.

Мөн судлаач Mudenda (2023) нарын 100% зөгийн бал *S. aureus* болон *E. coli*-ийн эсрэг өндөр дарангуйлах бүс үзүүлдэг болохыг тогтоосон.¹⁵ Бидний судалгааны D3, C2, М зөгийн балны 50% -ийн шингэрүүлэлт нь *S. aureus* болон *E. coli*-ийн эсрэг өндөр дарангуйлах бүс үзүүлсэн. Энэ нь дээрх судалгааны зөгийн балны тунгийн хувьд ялгаатай боловч ижил төрлийн бактерийн омогт өндөр дарангуйлах бүс үүсгэсэн нь дүйж байна.

Almasaudi SB (2021) нарын судалгаанд грам эерэг ба грам сөрөг бактерийн эсрэг харьцуулан үнэлэхэд зөгийн балны 10–50% концентраци нь *S. aureus* болон *P. aeruginosa* зэрэг эмгэгтөрөгчдийн өсөлтийг дарангуйлж байсан.¹⁶ Бидний судалгаанд 30%-50%-ийн концентрацитай зөгийн бал нь *S. aureus* болон *P. aeruginosa* зэрэг эмгэгтөрөгчдийн өсөлтийг дарангуйлж байсан нь уг судалгааны үр дүнтэй дүйж байна.

Kwakman PHS (2011) нарын судалгаанд ашигласан зөгийн бал нь *E. coli* болон *P. aeruginosa* бактерийн өсөлтийг 6-12 цагт дарангуйлсан үр дүн гарсан.¹⁷ Бидний судалгаанд зөгийн бал нь *E. coli* эсрэг 12-цагт, *P. aeruginosa* эсрэг 5 цагт дарангуйлсан байгаа нь уг судалгааны ажлын үр дүнтэй дүйж байна.

Basualdo (2007) нарын судалгаанд зарим төрлийн зөгийн балны концентраци багасах үед бактерийг бүрэн устгах чадвар буурдаг болохыг тэмдэглэсэн байна.¹⁸ Бидний судалгаагаар 40-45%-ийн концентрацитай зөгийн бал нь бактерийн эсрэг идэвхийг сайн үзүүлж байсан бол концентраци буурах буюу 30%-ийн концентрацитай зөгийн балны нь бактерийг 24 цагийн дотор бүрэн үхүүлж чадаагүй. Үүнээс үзэхэд зөгийн балны концентраци буурахад бактерийг эсрэг идэвх нь буурч байна.

Дүгнэлт:

1. Зөгийн балны бактерийн эсрэг идэвхийг *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* зэрэг бактери дээр судлахад зөгийн балны концентрациас хамаарч ялгаатай байсан бөгөөд 40-45%-ийн концентрацитай зөгийн балны бактерийн эсрэг идэвхи өндөр байв. Мөн М зөгийн бал бусад зөгийн балтай харьцуулахад хамгийн өндөр бактерийн эсрэг идэвх үзүүлж байгааг тогтоов.
2. Зөгийн балны бактерийн үхүүлэх хугацааг тодорхойлоход дотоодын үйлдвэрийн зөгийн бал 9 цагт бактерийг үхүүлж байсан бол импортын зөгийн бал нь 7 цагт үхүүлж байв.

Ном зүй:

1. Hussein Al-Tam, B. Y., Gopal, R., Ling, L. E., & Saidin, S. (2026). Honey Hydrogel Patch Assisted by Ultraviolet Exposure: Characterization and Adhesion Analyses. *Journal of Human Centered Technology*. 5(1), 1–7.
2. Matthews KH, Stevens HN, Eccleston GM. Wound healing dressings and drug delivery systems: a review. *J Pharm Sci*. 2008;97(8):2892-2923.
3. Jones V, Grey JE, Harding KG. Wound dressings. *BMJ*. 2006;332(7544):777-780.
4. Ahmed EM. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications. *J Adv Res*. 2015;6(2):105-121.
5. Caló E, Khutoryanskiy VV. Biomedical applications of hydrogels. *Eur Polym J*. 2015;65:252-267.
6. Molan PC. The evidence supporting the use of honey as a wound dressing. *Int J Low Extrem Wounds*. 2006;5(1):40-54.
7. Almasaudi SB. The antibacterial activities of honey. *Saudi J Biol Sci*. 2021;28(4):2188-2196.
8. Cooper RA, Molan PC, Harding KG. Antibacterial activity of honey against wound pathogens. *J Wound Care*. 1999;8(8):355-359.
9. Lusby PE, Coombes AL, Wilkinson JM. Honey: a potent agent for wound healing? *J Wound Care*. 2002;11(9):359-362.
10. Mustafa, G., Iqbal A., Javid A., et al. 2022. "Antibacterial Properties of Apis dorsata Honey Against Some Bacterial Pathogens." *Saudi Journal of Biological Sciences* 29, no. 2: 730–734.
11. Subrahmanyam M. Topical application of honey in burn wound treatment. *Ann Burns Fire Disasters*. 1991;4(2):87-89.
12. Bigliardi PL, et al. Honey and wound healing: a systematic review. *J Altern Complement Med*. 2012;18(1):27-34.
13. Wilkinson JM, Cavanagh HM. Antibacterial activity of 13 honeys against *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*. *J Med Food*. 2005;8:100–3. doi: 10.1089/jmf.2005.8.100.
14. Kumera, B., Gebreamanule B., Atkut B., et al. 2025. "In Vitro Antibacterial Activity of Raw Honey From *Apis mellifera*, Awi Zone, Amhara, Ethiopia." *MicrobiologyOpen* 14: 1–6. 10.1002/mbo3.70076.
15. Mudenda, S., Hikaambo C. N., Chabalenge B., et al. 2023. "Antibacterial Activities of Honey Against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*: A Potential Treatment for Bacterial Infections and Alternative to Antibiotics." *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 12, no. 3: 06–13.

16. Almasaudi SB. The antibacterial activities of honey. *Saudi J Biol Sci.* 2021;28(4):2188-2196. doi:10.1016/j.sjbs.2020.10.017
17. Kwakman PHS, te Velde AA, de Boer L, Vandenbroucke-Grauls CMJE, Zaat SAJ (2011) Two Major Medicinal Honeys Have Different Mechanisms of Bactericidal Activity. *PLoS ONE* 6(3):

e17709.

18. Basualdo, C., Sgroy, V., Finola, M. S., & Marioli, J. M. (2007). Comparison of the antibacterial activity of honey from different provenance against bacteria usually isolated from skin wounds. *Veterinary Microbiology*, 124(3–4), 375–381.

Results of the antibacterial activity study of honey

Nurimbyek Kh¹, Akhyerkye Kh¹, Budjav Ch¹, Oyunbaatar A², Zolbayar B³, Baatarbolat J¹, Maralma Ts¹, Shinezaya D¹, Jambaninj D¹, Otgonsuren D¹

¹Department of Pharmaceutical technology, School of Pharmacy, MNUMS

²School of Biomedicine, MNUMS

³School of Medicine, MNUMS

E-mail: nurkaq0321@gmail.com, Tel: +976-95612902

Abstract:

Background: Honey is a natural biologically active substance with antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory, and tissue regeneration-promoting properties, and it has traditionally been used in wound treatment for centuries. Numerous studies have confirmed that the phenolic compounds, enzymes, hydrogen peroxide, and amino acids contained in honey inhibit bacterial growth and accelerate wound healing. Wound infections are commonly caused by pathogenic bacteria such as *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Escherichia coli* which are major factors that delay wound healing and lead to complications. However, the direct application of honey to wounds presents challenges such as adhesiveness, absorption, dose stability, and sterility. Therefore, it is necessary to formulate honey into a suitable pharmaceutical dosage form to facilitate its use and introduce natural raw materials into therapeutic practice. Thus, incorporating honey as the main active ingredient into a hydrogel dressing could enable the development of a novel therapeutic wound dressing that is physically and chemically stable and capable of maintaining an optimal moist wound environment, which is essential for wound healing. Honey-containing hydrogel dressings differ from other dressings in their ability to balance the wound environment, absorb and retain moisture, provide antibacterial and anti-inflammatory effects, and support tissue regeneration. The significance of this study lies not only in investigating the antibacterial activity of honey but also in determining the bacterial killing time, thereby providing useful data for future studies.

Aim: To investigate the antibacterial activity of honey and determine its bacterial killing time.

Materials and Methods: Domestic honey samples were compared with imported honey samples in terms of antibacterial activity and bacterial killing time. Domestic honey samples were coded as D1, D2, D3, C1, and C2, while the imported honey sample was coded as M. A total of six honey samples were evaluated. Using the broth microdilution method, the antibacterial activity against four bacterial strains commonly associated with burn wound infections *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 28583, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 1706, and *Escherichia coli* ATCC 25218 was determined and compared. Subsequently, bacterial killing time was evaluated using the broth dilution method with honey concentrations prepared at ratios of 7:3 (70%), 5:5 (50%), and 4:6 (40%).

Results: The antibacterial activities of D1, D2, D3, C1, C2, and M honey samples against *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*, and *E. coli* were determined. Among them, D3, C2, and M honey samples showed stronger antibacterial activity. Therefore, these three honey samples were further investigated by determining bacterial killing time over an 18-hour period. For D3 honey diluted at a 7:3 ratio, the killing time was 15 hours for *S. aureus* and 7 hours for *P. aeruginosa*, while the killing times for *K. pneumoniae* and *E. coli* exceeded 18 hours. D3 honey diluted at a 5:5 ratio showed bacterial killing times exceeding 18 hours for all tested bacteria. For C2 honey diluted at a 7:3 ratio, the killing times were 16 hours for *S. aureus*, 12 hours for *P. aeruginosa*, 16 hours for *K. pneumoniae*, and 17 hours for *E. coli*. C2 honey diluted at a 5:5 ratio killed *E. coli* in 18 hours, whereas the killing times for *S. aureus*, *P. aeruginosa*, and *K. pneumoniae* exceeded 18 hours. For M honey diluted at a 7:3 ratio, the killing times were 8 hours for *S. aureus*, 7 hours for *P. aeruginosa*, 9 hours for *K. pneumoniae*, and 8 hours for *E. coli*. M honey diluted at a 5:5 ratio killed *S. aureus* in 9 hours, *P. aeruginosa* in 10 hours, *K. pneumoniae* in 10 hours, and *E. coli* in 9 hours.

Conclusions:

1. The antibacterial activity of honey against *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Escherichia coli* varied depending on honey concentration, with honey concentrations of 40–45% demonstrating the highest antibacterial activity. Furthermore, M honey exhibited the strongest antibacterial activity compared to the other honey samples.
2. In determining bacterial killing time, the domestic honey samples killed bacteria within 9 hours, whereas the imported honey sample killed bacteria within 7 hours.

Keywords: Honey, imported honey, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*, *E. coli*