

Działanie na bakterie i grzyby alkaloidów i innych grup związków roślinnych

Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu

Dyrektor Instytutu: prof. dr hab. Grzegorz Szychalski

THE EFFECT OF ALKALOIDS AND OTHER GROUPS OF PLANT COMPOUNDS ON BACTERIA AND FUNGI

SUMMARY

The studies included 35 substances belonging to alkaloids, coumarins, quinones, polyacetyles, saponines and other chemical groups. It was documented that the strongest antibacterial activity on Gram-positive bacteria showed; shikonine and her derivatives, berberine chloride, sanguinarine nitrate, falkarionol, digitonine and usnic acid. The sanguinarine nitrate and digitonine showed strong activity on Gram-negative bacteria. Imperatorine, sanguinarine nitrate, sempervirine, galantamine hydrobromide, falkarinol, alantolactone and aristolochic acid showed the strong activity against yeast fungi and dermatophytes. The mentioned substances inhibited the growth of bacteria in concentration limits 1-250 µg/ml. The conducted studies show the possibility of the use some plant substances in medical practice.

KEY WORDS: PLANT SUBSTANCES – ANTIBIOTIC ACTIVITY – BACTERIA – YEAST FUNGI – DERMATOPHYTES

Wstęp

Wśród związków roślinnych o potencjalnym działaniu na bakterie i grzyby znalazły się alkaloidy, w tym alkaloidy izochinolinowe i steroidowe oraz alkaloidy z grupy *Amaryllidaceae* i *Colchicum*. Ponadto badaniami objęto wybrane kumaryny, chinony, poliacetyleny, saponiny i związki roślinne z innych grup chemicznych.

Cel pracy

Celem pracy była ocena działania przeciwdrobnoustrojowego substancji roślinnych należących do wymienionych grup chemicznych z punktu widzenia poznawczego oraz ewentualnego ich zastosowania w praktyce medycznej. W opracowaniu wykorzystano wyniki badań własnych, które wykonano w latach 1976-2012 (1, 2).

Materiał i metody

Badane substancje

Badania obejmowały 35 substancji, które pochodziły z obrotu handlowego oraz były izolowane z materiału roślinnego we własnym zakresie.

Z firmy Aldrich otrzymano: chlorek berberyny, chlorek palmatyny i umbeliferon. Natomiast z firmy Roth pochodziły następujące substancje roślinne: chelidonina, azotan sangwinaryny, tomatyna, tomatydyna, solanidyna, ksantotoksyna, digitonina, chlorowodorek prymuliny, kwas sorbowy, kapsaicyna, glukotropeolina, kwas usninowy, kwas aristolochiowy i katechina.

W Instytucie Roślin i Przetworów Zielarskich (obecnie Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich) w Poznaniu izolowano dla potrzeb naukowych następujące substancje użyte w badaniach: chlorek jatroforyzyny (z korzenia *Berberis vulgaris*), semperwiryne (z kłączy *Gelsemium sempervirens*), bromowodorek solasodyny (z ziela *Solanum laciniatum*), chlorowodorek galantaminy (z bulw *Galantus nivalis*), kolchaminę (z nasion *Colchicum autumnale*), imperatorynę (z korzeni *Archangelica officinalis*), szikoninę, acetyloszikoninę, izopropylszikoninę i acetoksyrojleanon (z korzeni *Salvia officinalis*), falkarinol i hydroksyfalkarinol (z korzeni *Panax vietnamensis*), poliacetylen o nieustalonej budowie chemicznej (z owoców *Polyscias fruticosa*), spiroeter (en-in-dicykloeter) (z olejku eterycznego otrzymanego z koszyczków *Chamomilla recutita*), konwalarynę i konwalamarynę (z liści *Convallaria majalis*), alantolakton (heleninę) (z kłączy *Inula helenium*) i synalbinę (z nasion *Synapis alba*).

Drobnoustroje

W badaniach używano szczepy wzorcowe pochodzące z następujących kolekcji mikrobiologicznych: ATCC (American Type Culture Collection), CNCTC (Czechoslovak National Collection of Type Cultures) oraz PZH (Państwowy Zakład Higieny). Poza tym do badań służyły szczepy drobnoustrojów wyizolowane z materiału szpitalnego (S) oraz z produktów żywnościowych (P).

Określanie aktywności przeciwdrobnoustrojowej

Badane substancje rozpuszczano w DMSO (firmy Serva) w stężeniu 100 lub 10 mg/ml i sporządzano

z nich rozcieńczenia w podłożach płynnych. W przypadku bakterii używano podłoża Antibiotic Broth, a w przypadku grzybów podłoża Sabouraud Broth (oba podłoża firmy Merck). Oznaczenia prowadzono w granicach stężeń 1-1000 $\mu\text{g/ml}$. Do poszczególnych rozcieńczeń badanych substancji o objętości 1 ml dodawano po 0,1 ml 24-48 godz. hodowli bakterii lub grzybów drożdżoidalnych oraz 72 godz. hodowli dermatofitów i grzybów pleśniowych. Inokulum badanych drobnoustrojów mieściło się w granicach 10^5 - 10^6 komórek w 1 ml. Próbkę inkubowano przez 24-48 godz. w temp. 37°C (bakterie i grzyby drożdżoidalne chorobotwórcze dla człowieka oraz dermatofity) lub w temp. 25°C (grzyby drożdżoidalne i pleśniowe izolowane z produktów żywnościowych). Następnie określano najmniejsze stężenie badanych substancji hamujące wzrost użytych drobnoustrojów (MIC – *Minimal Inhibitory Concentration*).

Wyniki

Wyniki badań przedstawione w tabeli 1 wskazują, że chlorek berberyny (alkaloid izochinolinowy z grupy protoberberyny) działał na bakterie Gram-dodatnie wielokrotnie silniej (MIC w granicach 10-150 $\mu\text{g/ml}$) w porównaniu do bakterii Gram-ujemnych (MIC w granicach 50-2.000 $\mu\text{g/ml}$). Natomiast działanie chlorku berberyny oraz chlorku palmatyny i chlorku jatroryzyny, dwóch innych

alkaloidów izochinolinowych z grupy protoberberyny, na grzyby drożdżoidalne i pleśniowe oraz dermatofity, było stosunkowo słabe (MIC w granicach 500-2500 $\mu\text{g/ml}$) (tab. 2).

Tabela 1. Działanie chlorku berberyny (alkaloidu izochinolinowego z grupy protoberberyny) na bakterie.

Drobnoustroje	MIC ($\mu\text{g/ml}$) Chlorek berberyny
Bakterie Gram-dodatnie	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538P	75
<i>Staphylococcus aureus</i> 1 (S)	100
<i>Streptococcus viridans</i> OWG/76 (S)	25
<i>Streptococcus pyogenes</i> OWG/253 (S)	10
<i>Streptococcus pneumoniae</i> OWG8514 (S)	25
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 8040	150
<i>Corynebacterium</i> sp. OWG/581 (S)	10
Bakterie Gram-ujemne	
<i>Haemophilus influenzae</i> OWG/112 (S)	50
<i>Haemophilus parainfluenzae</i> OWG/178 (S)	100
<i>Escherichia coli</i> PZH 026B6	1500
<i>Klebsiella pneumoniae</i> 231 (S)	1500
<i>Citrobacter freundii</i> 53 (S)	1500
<i>Enterobacter cloacae</i> 87 (S)	1000
<i>Proteus mirabilis</i> 11 (S)	2000
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> OWG/89/9	1000

Tabela 2. Działanie chlorku berberyny, chlorku palmatyny i chlorku jatroryzyny (alkaloidów izochinolinowych z grupy protoberberyny) na grzyby.

Drobnoustroje	MIC ($\mu\text{g/ml}$)		
	Chlorek berberyny	Chlorek palmatyny	Chlorek jatroryzyny
Grzyby drożdżoidalne			
<i>Candida albicans</i> PZH 1409 PCM	1000	1000	1000
<i>Candida krusei</i> S2 20 (S)	500		
<i>Candida guilliermondii</i> 11 (S)	1000		
<i>Candida parapsilosis</i> CNCTC 8/44	750	750	1000
<i>Geotrichum candidum</i> OWG/25 (S)	500		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Ja-64 (P)		100	
<i>Torulopsis utilis</i> CNCTC 32/49	1000	1000	1000
<i>Cryptococcus neoformans</i> 1972 (S)	1000	1000	1000
Grzyby pleśniowe			
<i>Aspergillus fumigatus</i> 15 (P)	2500	2000	2500
<i>Penicillium notatum</i> 18 (P)	2500	2500	2500
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i> 7 (P)	1000	1000	1000
<i>Cladosporium herbarum</i> 3 (P)	1000	1500	1000
Dermatofity			
<i>Trichophyton mentagrophytes</i> 32 (S)	1000	1000	1000
<i>Trichophyton gypseum</i> 870 G/41 (S)	1500	1000	1000
<i>Microsporum gypseum</i> 13 (S)	750	750	1000

Z danych przedstawionych w tabeli 3 można wnioskować, że chelidonina i azotan sangwinarny (alkaloidy izochinolinowe z grupy benzofenantrydyny) różniły się zasadniczo w działaniu na bakterie i grzyby drożdżoidalne. Chelidonina działała na wymienione drobnoustroje wielokrotnie słabiej (MIC w granicach 500-1500 $\mu\text{g/ml}$) w porównaniu do azotanu sangwinarny (MIC w granicach 10-250 $\mu\text{g/ml}$). Działanie chelidoniny na grzyby pleśniowe było podobne do działania tego alkaloidu na bakterie i grzyby drożdżoidalne (MIC w granicach 750-1500 $\mu\text{g/ml}$), natomiast na dermatofity chelidonina działała znacznie silniej (MIC w granicach 100-250 $\mu\text{g/ml}$).

Zwraca uwagę silne działanie semperwiryny (alkaloidu indolowego) na bakterie i grzyby (MIC w granicach 100-500 $\mu\text{g/ml}$) (tab. 4). Z kolei tomatyna (alkaloid steroidowy) (tab. 5) wykazywała umiarkowaną aktywność przeciwdrobnoustrojową, działając silniej na bakterie Gram-dodatnie i grzyby drożdżoidalne (MIC w granicach 100-750 $\mu\text{g/ml}$) niż na bakterie Gram-ujemne (MIC w granicach

2500-5000 $\mu\text{g/ml}$). Inne alkaloidy steroidowe, takie jak tomatydyna, solanidyna i chlorowoderek solasodyny, również oddziaływały silnie na grzyby drożdżoidalne (MIC w granicach 10-500 $\mu\text{g/ml}$) (tab. 6). Podobne działanie na grzyby drożdżoidalne wykazywał bromowoderek galantaminy (alkaloid *Amaryllidaceae*) i kolchamina (alkaloid *Colchicum*) (MIC w granicach 10-250 $\mu\text{g/ml}$) (tab. 7.).

Z przebadanych kumaryn (tab. 8), zarówno umbeliferon (7-hydroksykumaryna), jak i imperatoryna i ksantotoksyna (furanokumaryny), działały na bakterie i grzyby drożdżoidalne podobnie (MIC w granicach 100-1500 $\mu\text{g/ml}$). Wyróżnia się natomiast silne działanie imperatoryny na dermatofity (MIC w granicach 10-25 $\mu\text{g/ml}$).

Wyjątkowo silne działanie na wzorcowy szczep *S. aureus* ATCC 6538P wykazywały chinony, w tym szikonina, acetyloszikonina i izopropylszikonina (MIC w granicach 2,5-5 $\mu\text{g/ml}$) – naftochinony wyizolowane z korzeni *Salvia officinalis*. Wysoką aktywność przeciwbakteryjną wykazywał również acetoksyrojanon (MIC=20 $\mu\text{g/ml}$) (tab. 9).

Tabela 3. Działanie chelidoniny i azotanu sangwinarny (alkaloidów izochinolinowych z grupy benzofenantrydyny) na bakterie i grzyby.

Drobnoustroje	MIC ($\mu\text{g/ml}$)	
	Chelidonina	Azotan sangwinarny
Bakterie		
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538P	500	100
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> NCTC 10663	1000	250
Grzyby drożdżoidalne		
<i>Candida albicans</i> PZH 1409 PCM	750	100
<i>Candida albicans</i> CNCTC 49/64		100
<i>Candida krusei</i> CNCTC 40/53		200
<i>Candida parapsilosis</i> CNCTC 8/44	1500	
<i>Candida lipolytica</i> CNCTC 4/44	750	100
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CNCTC 53/67		100
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Ja-64 (P)		10
<i>Saccharomyces carlsbergensis</i> (P)		100
<i>Torulopsis utilis</i> CNCTC 32/49	1000	100
<i>Cryptococcus neoformans</i> 1972 (S)	750	100
<i>Rhodotorula rubra</i> R 36 (P)		100
Grzyby pleśniowe		
<i>Aspergillus fumigatus</i> 15 (P)	750	
<i>Penicillium notatum</i> 18 (P)	1000	
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i> 7 (P)	1500	
<i>Cladosporium herbarum</i> 3 (P)	1000	
Dermatofity		
<i>Keratinomyces ajelloi</i> 30 (S)	250	
<i>Trichophyton mentagrophytes</i> 32 (S)	100	
<i>Trichophyton gypseum</i> 13 (S)	250	

Na tle badanych substancji wyróżnia się znacznie aktywność poliacetylenów (tab. 10) – falkarinolu i hydroksyfalkarinolu wyizolowanych z korzeni *Panax vietnamensis* oraz związku o nieznanym budowie wyizolowanego z owoców *Polyscias fruticosa*, wobec bakterii Gram-dodatnich (MIC w granicach 5-50 µg/ml). Działanie poliacetylenów na bakterie Gram-ujemne, grzyby drożdżoidalne i pleśniowe oraz dermatofity było dość zróżnicowane (MIC w granicach 2,5-2500 µg/ml).

Zróżnicowane działanie na drobnoustroje wykazuje spiroeter (en-in-dicykloeter) (tab. 11). O ile na bakterie Gram-dodatnie i Gram-ujemne działa on bardzo słabo (MIC w granicach 5000->10000) to na grzyby

Tabela 4. Działanie semperwiryny (alkaloidu indolowego) na bakterie i grzyby.

Drobnoustroje	MIC (µg/ml) Semperwiryna
Bakterie	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538P	100
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> NCTC 10663	500
Grzyby drożdżoidalne	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CNCTC 53/67	100
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Ja-64 (P)	100
<i>Saccharomyces carlsbergensis</i> (P)	100
<i>Torulopsis utilis</i> CNCTC 32/49	100
<i>Candida albicans</i> PZH 1409 PCM	250
<i>Candida albicans</i> CNCTC 49/64	250
<i>Candida krusei</i> CNCTC 40/53	100
<i>Candida lipolytica</i> CNCTC 4/44	100
<i>Cryptococcus neoformans</i> 1972 (S)	100
<i>Rhodotorula rubra</i> R 36 (P)	100

drożdżoidalne i dermatofity działa dość silnie (MIC w granicach 100-250 µg/ml).

Tabela 5. Działanie tomatyny (alkaloidu steroidowego) na bakterie i grzyby drożdżoidalne.

Drobnoustroje	MIC (µg/ml) Tomatyna
Bakterie Gram-dodatnie	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538P	250
<i>Staphylococcus aureus</i> 1 (S)	250
<i>Staphylococcus epidermidis</i> CNCTC 2/63	250
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 8040	750
Bakterie Gram-ujemne	
<i>Escherichia coli</i> PZH 026B6	5000
<i>Klebsiella pneumoniae</i> 231 (S)	5000
<i>Enterobacter aerogenes</i> CNCTC 6/49	2500
<i>Serratia marcescens</i> CNCTC 6/46	5000
<i>Proteus mirabilis</i> 11 (S)	2500
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> OWG/89/9	2500
Grzyby drożdżoidalne	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CNCTC 53/67	100
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Ja-64 (P)	100
<i>Saccharomyces carlsbergensis</i> (P)	100
<i>Torulopsis utilis</i> CNCTC 32/49	100
<i>Candida albicans</i> CNCTC 49/64	250
<i>Candida albicans</i> PZH 1409 PCM	250
<i>Candida parapsilosis</i> R 37 (S)	750
<i>Candida guilliermondii</i> 58 (S)	500
<i>Candida tropicalis</i> 53 (S)	500
<i>Candida krusei</i> CNCTC 40/53	750
<i>Candida lipolytica</i> CNCTC 4/44	750
<i>Candida mycoderma</i> W 18 (S)	750
<i>Rhodotorula rubra</i> R 36 (P)	500
<i>Cryptococcus neoformans</i> 1972 (S)	250

Tabela 6. Działanie tomatyny, solanidyny i chlorowodoru solasodyny (alkaloidów steroidowych) na grzyby drożdżoidalne.

Drobnoustroje	MIC (µg/ml)		
	Tomatyna	Solanidyna	Chlorowodorek solasodyny
Grzyby drożdżoidalne			
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CNCTC 53/67	100		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Ja-64 (P)	10	100	10
<i>Saccharomyces carlsbergensis</i> (P)	100		
<i>Torulopsis utilis</i> CNCTC 32/49	100		
<i>Candida albicans</i> CNCTC 49/64	500		
<i>Candida albicans</i> PZH 1409 PCM	250		
<i>Candida krusei</i> CNCTC 40/53	100		
<i>Rhodotorula rubra</i> R 36 (P)	500		
<i>Cryptococcus neoformans</i> 1972 (S)	250		

Tabela 7. Działanie bromowodorku galantaminy (alkaloid *Amaryllidaceae*) i kolchaminy (alkaloid *Colchicum*) na grzyby drożdżoidalne.

Drobnoustroje	MIC ($\mu\text{g/ml}$)	
	Bromowodorek galantaminy	Kolchamina
Grzyby drożdżoidalne		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Ja-64 (P)	100	10
<i>Torulopsis utilis</i> CNCTC 32/49	100	100
<i>Candida albicans</i> PZH 1409 PCM	250	100
<i>Rhodotorula rubra</i> R 36 (P)	100	10
<i>Cryptococcus neoformans</i> 1972 (S)	250	100

Tabela 8. Działanie kumaryn na bakterie i grzyby.

Drobnoustroje	MIC ($\mu\text{g/ml}$)		
	Umbeliferon (1)	Imperatoryna (2)	Ksantotoksyna (2)
Bakterie			
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538P	1500	1000	750
Grzyby drożdżoidalne			
<i>Candida albicans</i> PZH 1409 PCM	750	750	750
<i>Candida albicans</i> 17 (S)		750	
<i>Candida parapsilosis</i> CNCTC 8/44		500	
<i>Candida krusei</i> S 220 (S)		500	
<i>Candida guilliermondii</i> 11 (S)		500	
<i>Geotrichum candidum</i> OWG/25 (S)		750	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Ja-64 (P)	100	100	100
Dermatofity			
<i>Trichophyton mentagrophytes</i> M4 (S)		25	
<i>Trichophyton mentagrophytes</i> J3 (S)		25	
<i>Trichophyton mentagrophytes</i> v. <i>granulosum</i> 3M (S)		25	
<i>Trichophyton mentagrophytes</i> v. <i>asteroids</i> 39 (S)		10	
<i>Trichophyton mentagrophytes</i> v. <i>interdigitale</i> M15 (S)		10	
<i>Trichophyton tonsurans</i> 9M (S)		25	
<i>Microsporum gypseum</i> K1 (S)		10	
<i>Microsporum gypseum</i> K2 (S)		25	

(1) – 7-Hydroksykumaryna, (2) – furanokumaryny

Tabela 9. Działanie chinonów na bakterie.

Badane chinony	MIC ($\mu\text{g/ml}$) <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538P P
Szikonina (1)	5,0
Acetyloszikonina (1)	2,5
Izopropylszikonina (1)	2,5
Acetoksyrojleanon	20,0

(1) – Naftochinony

Tabela 10. Działanie falkarinolu, hydroksyfalkarinolu i poliacetyleny wyizolowanego z *Polyscias fruticosa* na bakterie i grzyby.

Drobnoustroje	MIC ($\mu\text{g/ml}$)		
	Falkarinol	Hydroksyfalkarinol	Poliacetylen wyizolowany z <i>Polyscias fruticosa</i>
Bakterie Gram-dodatnie			
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538P	10		7,5
<i>Staphylococcus epidermidis</i> K10 (S) 2/63	50		75
<i>Streptococcus pyogenes</i> 830 (S)	10		5
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 8040	50		7,5
Bakterie Gram-ujemne			
<i>Haemophilus influenzae</i> OWG/112 (S)	25		10
<i>Escherichia coli</i> PZH 026B6	1500		1500
<i>Klebsiella pneumoniae</i> 231 (S)	2500		1000
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> OWG/89/3 (S)	1500		
Grzyby drożdżoidalne			
<i>Candida albicans</i> PZH 1409 PCM	500		500
<i>Candida krusei</i> S 220 (S)	750		
Grzyby pleśniowe			
<i>Alternaria alternata</i> (P)		1000	
<i>Fusarium solani</i> 35 (P)		750	
Dermatofity			
<i>Trichophyton mentagrophytes</i> M15 (S)	1500		
<i>Microsporum gypseum</i> K1 (S)	2500	7,5	2,5

Tabela 11. Działanie spiroeteru na bakterie, grzyby drożdżoidalne i dermatofity.

Drobnoustroje	MIC ($\mu\text{g/ml}$) Spiroeter
Bakterie Gram-dodatnie	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538P	5000
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 8040	>10000
Bakterie Gram-ujemne	
<i>Proteus mirabilis</i> 437 (S)	>10000
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> OWG/89/3 (S)	>10000
Grzyby drożdżoidalne	
<i>Candida albicans</i> PZH 1409 PCM	250
<i>Candida albicans</i> CNCTC 49/64	250
<i>Candida krusei</i> CNCTC 40/53	250
<i>Candida lipolytica</i> CNCTC 4/44	250
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CNCTC 53/67	100
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Ja-64 (P)	100
<i>Saccharomyces carlsbergensis</i> (P)	100
<i>Torulopsis utilis</i> CNCTC 32/49	100
<i>Rhodotorula rubra</i> R 36 (P)	250
<i>Cryptococcus neoformans</i> 1972 (S)	100
Dermatofity	
<i>Trichophyton mentagrophytes</i> M15 (S)	100
<i>Trichophyton rubrum</i> M 12 (S)	100

Stosunkowo silne działanie na bakterie i grzyby drożdżoidalne wykazywały saponiny triterpenowe – digitonina i prymulina oraz saponiny steroidowe – konwalaryna i konwalamaryna (MIC w granicach 75-500 $\mu\text{g/ml}$) (tab. 12).

Badania wykazały, że alantolakton (lakton seskwiterpenowy), kwas sorbowy (kwas alifatyczny) i kapsaicyna (fenyloalkiloamina) działały silnie na grzyby drożdżoidalne (MIC w granicach 75-250 $\mu\text{g/ml}$). Szczególną aktywnością przeciwdrożdżakową odznaczał się alantolakton (MIC w granicach 75-100 $\mu\text{g/ml}$) (tab. 13).

Z pozostałych badanych substancji roślinnych, takich jak synalbina i glukotropeolina (glukozynolaty), kwas usninowy (kwas porostowy), kwas aristolochiowy (pochodna fenantrenu) oraz katechina (garbnik skondensowany), na szczególną uwagę zasługuje kwas usninowy, którego MIC wobec *S. aureus* ATCC 6538P wynosiło 7,5 $\mu\text{g/ml}$ oraz kwas aristolochiowy, którego MIC wobec *S. cerevisiae* Ja-64 (P) wynosiło 1,0 $\mu\text{g/ml}$ (tab. 14). Działanie pozostałych substancji na bakterie i grzyby drożdżoidalne było słabe (MIC w granicach 500-7500 $\mu\text{g/ml}$).

Substancje roślinne o silnym działaniu na bakterie i grzyby przedstawiono w tabeli 15. Wzory chemiczne niektórych z tych substancji zilustrowano na rycinie 1.

Tabela 12. Działanie digitoniny i prymuliny (saponin triterpenowych) oraz konwalaryny i konwalamaryny (saponin steroidowych) na bakterie i grzyby drożdżoidalne.

Drobnoustroje	MIC ($\mu\text{g/ml}$)			
	Digitonina	Chlorowodorek prymuliny	Konwalaryna	Konwalamaryna
Bakterie				
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538P	100			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> NCTC 10663	250			
Grzyby drożdżoidalne				
<i>Candida albicans</i> PZH 1409 PCM	100	500	500	100
<i>Candida albicans</i> CNCTC 49/64	100	500	500	100
<i>Candida krusei</i> CNCTC 40/53	100	500	500	250
<i>Candida lipolytica</i> CNCTC 4/44	100			
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CNCTC 53/67	100	250	250	100
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Ja-64 (P)	100	250	250	250
<i>Saccharomyces carlsbergensis</i> (P)	100	250	250	150
<i>Torulopsis utilis</i> CNCTC 32/49	100	100	100	250
<i>Rhodotorula rubra</i> R 36 (P)	100	500	500	150
<i>Cryptococcus neoformans</i> 1972 (S)	75	250	250	100
<i>Geotrichum candidum</i> (S)	150			

Tabela 13. Działanie alantolaktonu (laktanu seskwiterpenowego), kwasu sorbowego (kwasu alifatycznego) i kapsaicyny (fenyloalkiloaminy) na grzyby drożdżoidalne.

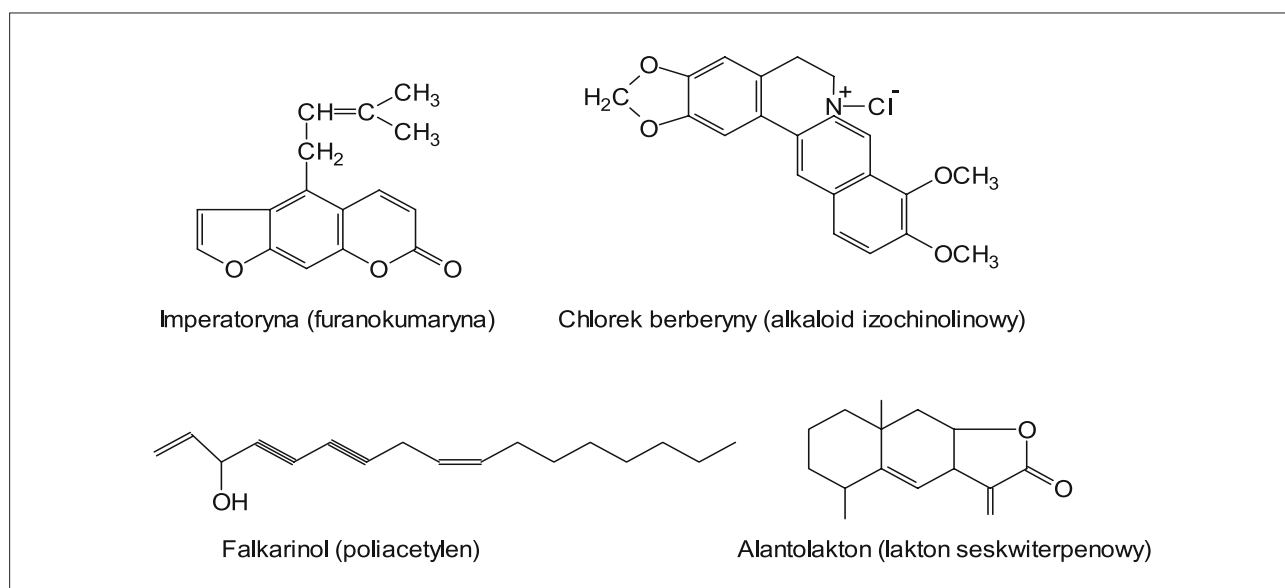
Drobnoustroje	MIC ($\mu\text{g/ml}$)		
	Alantolakton	Kwas sorbowy	Kapsaicyna
Grzyby drożdżoidalne			
<i>Candida albicans</i> PZH 1409 PCM	100	100	250
<i>Candida albicans</i> CNCTC 49/64	100	100	250
<i>Candida krusei</i> CNCTC 40/53	100	250	250
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CNCTC 53/67	75	250	100
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Ja-64 (P)	100	100	100
<i>Saccharomyces carlsbergensis</i> (P)	75	100	250
<i>Torulopsis utilis</i> CNCTC 32/49	75	100	100
<i>Rhodotorula rubra</i> R 36 (P)	100	100	150
<i>Cryptococcus neoformans</i> 1972 (S)	100	100	150

Tabela 14. Działanie synalbinu i glukotropeoliny (glukozytolaty), kwasu usninowego (kwasy porostowe), kwasu aristolochiowego (pochodne fenantrenu) oraz katechiny (garbniki skondensowane) na bakterie i grzyby.

Badane substancje	MIC ($\mu\text{g/ml}$)		
	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538 P	<i>Candida albicans</i> CNCTC 49/64	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Ja-64 (P)
Synalbina			500
Glukotropeolina		5000	1500
Kwas usninowy	7,5		
Kwas aristolochiowy			1
Katechina	7500		

Tabela 15. Substancje roślinne o silnym działaniu na bakterie i grzyby.

Nazwa substancji	Grupa chemiczna	Grupa drobnoustrojów	Zakres działania (MIC (µg/ml))
Imperatoryna	kumaryna	dermatofity	10-25
Szikonina i jej pochodne	chinony	bakterie Gram-dodatnie	2,5-5
Chlorek berberyny	alkaloid izochinolinowy	bakterie Gram-dodatnie	10-150
Azotan sangwinaryny	alkaloid izochinolinowy	bakterie Gram-dodatnie, Gram-ujemne i grzyby drożdżoidalne	10-250
Semperwiryna	alkaloid indolowy	grzyby drożdżoidalne	100-250
Bromowoderek galantaminy i kolchamina	alkaloidy Amaryllidaceae i Colchicum	grzyby drożdżoidalne	10-250
Falkarinol	poliacetylen	bakterie Gram-dodatnie	10-50
Spiroeter	poliacetylen	grzyby drożdżoidalne i dermatofity	100-250
Digitonina	saponina triterpenowa	bakterie Gram-dodatnie, Gram-ujemne i grzyby drożdżoidalne	75-250
Konwalamaryna	saponina steroidowa	grzyby drożdżoidalne	100-250
Alantolakton	lakton seskwiterpenowy	grzyby drożdżoidalne	75-100
Kwas sorbowy	kwasy alifatyczny	grzyby drożdżoidalne	100-250
Kapsaicyna	fenyloalkilamina	grzyby drożdżoidalne	100-250
Kwas usninowy	kwasy porostowy	bakterie Gram-dodatnie	7,5
Kwas aristolochiowy	pochodna fenantrenu	grzyby drożdżoidalne	1

**Ryc. 1.** Wzory chemiczne związków o silnym działaniu na bakterie i grzyby.

Wnioski

1. Badania wykazały, że na bakterie Gram-dodatnie silne działanie antybiotyczne (MIC w granicach 2,5-250 $\mu\text{g/ml}$), wykazywały: szikonina i jej pochodne, chlorek berberyny, azotan sangwinaryny, falkarinol, digitonina i kwas usninowy. Na bakterie Gram-ujemne silne działania wywierał azotan sangwinaryny i digitonina.
2. Silnym działaniem antybiotycznym na grzyby drożdżoidalne i dermatofity odznaczały się takie substancje roślinne, jak imperatoryna, azotan sangwinaryny, semperwiryna, bromowoderek galantaminy, kolchamina, spiroeter, digitonina,

konwalamaryna, alantolakton, kwas sorbowy, kapsaicyna i kwas aristolochiowy. Hamowały one wzrost wymienionych grzybów w granicach stężeń 1-250 $\mu\text{g/ml}$.

3. Przeprowadzone badania wskazują na możliwość wykorzystania niektórych substancji roślinnych w praktyce medycznej.

Piśmiennictwo

1. Kędzia B, Hołderna-Kędzia E, Grabowska H. Poszukiwanie antybiotycznych substancji roślinnych. Dokumentacja tematu statutowego nr 24/91/Y. Inst Rośl Przetw Ziel, Poznań 1994. 2. Kędzia B, Hołderna-Kędzia E. Działanie antybiotyczne substancji roślinnych na drobnoustroje. Badania wykonane w latach 1976-2012. Dane nieopublikowane.

otrzymano/received: 03.12.2012
zaakceptowano/accepted: 05.12.2012

Adres/address:

*prof. dr hab. Bogdan Kędzia
Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich
ul. Libelta 27, 61-707 Poznań
tel.: +48 (61) 665-95-50, fax: 665-95-51
e-mail: bogdan.kedzia@iwnirz.pl