

MICHAŁ PIEGZA, REGINA STEMPIEWICZ

## OCENA ANTAGONIZMU DROŹDŹY *GEOTRICHUM CANDIDUM* W STOSUNKU DO TOKSYNOTWÓRCZYCH GRZYBÓW RODZAJU *FUSARIUM*

### Streszczenie

Badano zależności pomiędzy wybranymi szczepami *G. candidum*, pochodzącymi z różnych środowisk (słód jęczmienny, sery z porostem pleśni), a toksynotwórczymi grzybami rodzaju *Fusarium*, licznie występującymi na ziarnie zbóż. Interakcje pomiędzy drobnoustrojami badano trzema metodami: testem biotycznym, punktowym i metodą dyfuzyjną (studzienkową). Testowane drożdże hodowano w różnych podłożach: PDA, YEG, Czapka i ME. Wykazano zróżnicowaną aktywność antagonistyczną zależną od szczepu drożdży i szczepu grzyba strzępkowego. Większą wrażliwością na obecność drożdży charakteryzowały się trzy gatunki: *F. graminearum*, *F. sporotrichoides* i *F. poae*, mniejszą dwa gatunki: *F. avenaceum* i *F. culmorum*. Hamowanie wzrostu grzybów testowych było głównie wynikiem konkurencji o przestrzeń życiową.

**Słowa kluczowe:** antagonizm, grzyby toksynotwórcze, *Geotrichum*, *Fusarium*.

### Wstęp

Drożdże *Geotrichum candidum* powszechnie występują w mleku i produktach mleczarskich, a także na zielonym i suchym słodzie, rzadziej na ziarnie zbóż. Drobnoustroje te zwróciły uwagę badaczy głównie dzięki korzystnym właściwościom, jakie wywierają na cechy sensoryczne i jakościowe serów miękkich z porostem i przerostem pleśni, a także ze względu na ich antagonistyczne działanie w stosunku do niepożądanych grzybów zakażających sery [11, 12, 13].

Nielsen i wsp. [13] badali wzajemne oddziaływanie między szczepami stosowanymi jako startery: *Penicillium roqueforti* JBT4176, *P. camemberti* JBT9120, *P. naviolgensense* JBT3793 i *G. candidum* JBT97877 a 13 szczepami gatunków pleśni po-

wodujących skażenie serów: *P. commune*, *P. caseifulvum*, *P. discolor*, *P. solitum*, *P. coprophilum* i *Aspergillus versicolor*. Autorzy stwierdzili, że wśród testowanych starterów drożdże *Geotrichum candidum* wykazały najsilniejszy antagonizm w stosunku do badanych pleśni. Drożdże hamowały wytwarzanie mikotoksyn takich, jak kwas mykofenolowy, rokefortyna, chetoglobozyna A i kwas cyklopiazonowy. Inni badacze, m.in. Tariq i Cambell [15] stwierdzili, że lotne metabolity (np.: trimetyloamina) wytwarzane przez artrospory *G. candidum* hamowały kiełkowanie konidiów i redukowały tempo wzrostu *Aspergillus flavus*, *Botrytis allii*, *Fusarium oxysporum*, *Microsporium canis* i *Penicillium italicum*. Boivin i Malanda [1] oraz Dziuba i wsp. [6, 7, 8] wykazały, że wprowadzenie wyselekcjonowanych z różnych środowisk (słody, jęczmienie i sery z porostem pleśni - Camembert i Brie) drożdży *G. candidum* do pierwszej wody zamoczkowej w procesie, słodowania jęczmienia i pszenżyta, hamowało wzrost niepożądanego mikroflory, głównie grzybów rodzaju *Fusarium*, co w konsekwencji wpływało korzystnie na jakość i zdrowotność słodów.

W naszych warunkach klimatycznych, na ziarnie zbóż dominują gatunki: *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, *F. nivale*, *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum* i *F. sporotrichoides*, wśród których jest wielu producentów różnych mikotoksyn, m.in. deoksynivalenolu (DON), nivalenolu (NIV), T-2 toksyny, H-T2 toksyny, diacetooksyscirpenolu (DAS) i zearalenonu [7]. Grzyby strzępkowe, na ziarnie jęczmienia i podczas jego słodowania, znajdują doskonałe warunki do wzrostu i wytwarzania mikotoksyn. Toksyny fuzaryjne powodują obniżenie energii i zdolności kiełkowania ziarna, opóźniają syntezę protein i osłabiają wytwarzanie  $\alpha$ -amylazy. Obecność mikotoksyn w surowcach i produktach browarniczych jest jedną z przyczyn nadmiernego wypieniania się piwa, zjawiska znanego jako „gushing” [14]. Ponadto mikotoksyny są szczególnie niebezpieczne dla zdrowia i życia człowieka.

Celem badań było określenie wzajemnych oddziaływań pomiędzy drożdżami *Geotrichum candidum* izolowanymi z różnych środowisk a toksynotwórczymi grzybami rodzaju *Fusarium*, licznie zasiedlającymi ziarno zbóż.

Szczepy o najsilniejszej aktywności antagonistycznej mogłyby być wykorzystane jako kultury starterowe w procesie słodowania, do hamowania wzrostu niepożądanych w słodzie grzybów.

## Material i metody badań

### *Mikroorganizmy testowane*

Material badawczy stanowiło 7 szczepów drożdży z gatunku *Geotrichum candidum*, w tym *G. candidum*1, *Sc12*, *KC3* i *KB 5*, wyizolowanych z serów z porostem pleśni oraz *SS32B*<sub>1</sub>, *SS228K*<sub>2</sub> i *SS47D*<sub>2</sub> wyizolowane ze słodu. Wymienione drożdże,

stosowane we wcześniejszych badaniach jako kultury starterowe w procesie słodowania różnych odmian jęczmienia i pszenżyta, w dużym stopniu hamowały wzrost niepożądanych grzybów, w tym rodzaju *Fusarium*, na słodzie.

### *Mikroorganizmy testowe*

Do badań wybrano 8 szczepów: *Fusarium graminearum* KF375 i GR7-6, *F. culmorum* M292 i 1, *F. avenaceum* 1 i 3, *F. sporotrichoides* KF196 i *F. poae* KF617 najczęściej występujących na ziarnie zbóż. Grzyby pochodziły z kolekcji Instytutu Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego Akademii Rolniczej w Poznaniu.

Interakcje pomiędzy drożdżami *Geotrichum candidum* a grzybami *Fusarium* badano:

1. W hodowlach dwuorganizmowych, gdzie wzrost szczepów testowanych i testowych odbywał się w tych samych warunkach inkubacji i na tym samym podłożu (PDA, Merck) - testy: biotyczny i punktowy („spot test”).
2. Metodą dyfuzyjną, w której oceniano wpływ metabolitów drożdży inkubowanych w różnych podłożach na wzrost grzybów. Wszystkie próby wykonano w trzech powtórzeniach.

### *Test biotyczny*

Szczepy zmywano 0,1% roztworem Tweenu 80 ze skosów (YM dla drożdży i PDA dla grzybów) i zawiesiny standaryzowano do 5° MacFarlanda. Zawiesiny drobnoustrojów (0,1 ml) wysiewano powierzchniowo na płytki z podłożem PDA i inkubowano przez 7 dni w temp. 25°C. Następnie wycinano sterylnym korkoborem słupki o średnicy 10 mm i nanoszono na płytki z podłożem PDA tak, aby odległość między badanymi drobnoustrojami wynosiła 2 cm. Hodowle inkubowano przez 7 dni w temp. 25°C. Wyniki odczytywano wg skali punktowej zaproponowanej przez Mańkę [10], uwzględniając stopień otaczania szczepu testowego, jak i stopień inhibicji oraz stopień zmniejszenia kolonii szczepu testowego. Kolonie grzybów otrzymane w hodowlach dwuorganizmowych porównywano z koloniami szczepów wysianych pojedynczo w identyczny sposób jak w hodowlach dwuorganizmowych.

### *Test punktowy*

Do upłynnionego podłoża PDA wprowadzano po 1 ml zawiesiny artrospor drożdży *G. candidum* o gęstości podanej wyżej, mieszano i wylewano na płytki, a po zastygnięciu wycinano korkoborem studzienki o średnicy 5 mm i wprowadzano do nich 50 µl zawiesiny konidiów grzybów. Po 6-dniowej inkubacji w temperaturze 25°C oceniano średnicę kolonii szczepów testowych i porównywano ze średnicą kolonii wyro-

słych na płytkach kontrolnych, bez wglębnie wsianych drożdży [8]. Wyniki poddano analizie statystycznej (Statgraph 6).

### Test studzienkowy

Przygotowanie supernatantów z hodowli drożdży: drożdże hodowano w wyrząsarce G10-Gyrotory Shaker (New Brunswick Co) – 166 cykli/min, w 4 podłożach o zróżnicowanym składzie chemicznym: YPG, ME (ekstrakt słodowy), PDA, Czapek o pH=6,3 przez 5 dni w temperaturze 30°C. Biomasa drożdży oddzielano przez wirowanie w wirówce typu K240 z chłodzeniem (9000·g), a otrzymane supernatanty sterylizowano poprzez filtrację przez sącziki membranowe firmy Millipore o średnicy por 0,45 µm.

Zawiesinę zarodników *Fusarium*, wystandaryzowaną przy użyciu komory Thoma do wartości  $2,0 \cdot 10^6$  kom/ml wprowadzano w ilości 1 ml do upłynnionego podłoża PDA i wylewano na płytki. Do wyciętych korkoborem studzienek o średnicy 10 mm wprowadzano 100 µl supernatantów z hodowli drożdży. Płytki umieszczano w 4°C na okres 16 h w celu dyfuzji metabolitów do podłoża i inkubowano przez 5 dni w 25°C. Po zakończeniu hodowli oceniano oddziaływanie metabolitów jako efekt hamowania lub stymulacji grzybów wokół studzienek (w mm). Strefę hamowania lub stymulacji wzrostu porównywano ze wzrostem grzybów wokół studzienek, do których wprowadzano po 100 µl odpowiedniego, sterylnego podłoża.

### Wyniki i ich dyskusja

Badania wzajemnych stosunków pomiędzy drożdżami *Geotrichum candidum* a toksynotwórczymi grzybami rodzaju *Fusarium* wykazały antagonistyczną aktywność drożdży względem badanych grzybów strzępkowych. Zależność tę stwierdzono głównie w hodowlach dwuorganizmowych. W teście biotycznym wykazano, że wszystkie badane kultury drożdży *G. candidum*, zależnie od szczepu, ograniczały w zakresie od +1 do +5 punktów wzrost 6 szczepów grzybów: *F. culmorum* M 292 i 1, *F. graminearum* KF 375 i GR7-6, *F. sporotrichoides* KF 196 i *F. poae* KF 617 (tab. 1). Najsilniejszą aktywność antagonistyczną (+4 do +5 punktów) wykazały 3 kultury drożdży, w tym *G. candidum* KC3, *G. candidum* KB5 i *G. candidum* SS228K<sub>2</sub> w stosunku do *F. culmorum* M 292. Przeciwny efekt zaobserwowano w przypadku gatunku *F. avenaceum*, gdzie jeden z badanych szczepów *F. avenaceum* 3 ograniczał wzrost wszystkich kultur drożdży w zakresie od -3 do -5 punktów, natomiast drugi *F. avenaceum* 1 hamował w niewielkim stopniu (-1 punkt) wzrost tylko 2 szczepów drożdży: *G. candidum* KB5 i *G. candidum* SS228K<sub>2</sub>, natomiast w stosunku do pozostałych wykazał efekt obojętny (tab. 1).

Oddziaływanie szczepów drożdży na wybrane szczepy rodzaju *Fusarium* w teście biotycznym przedstawiono na fot. 1.

Tabela 1

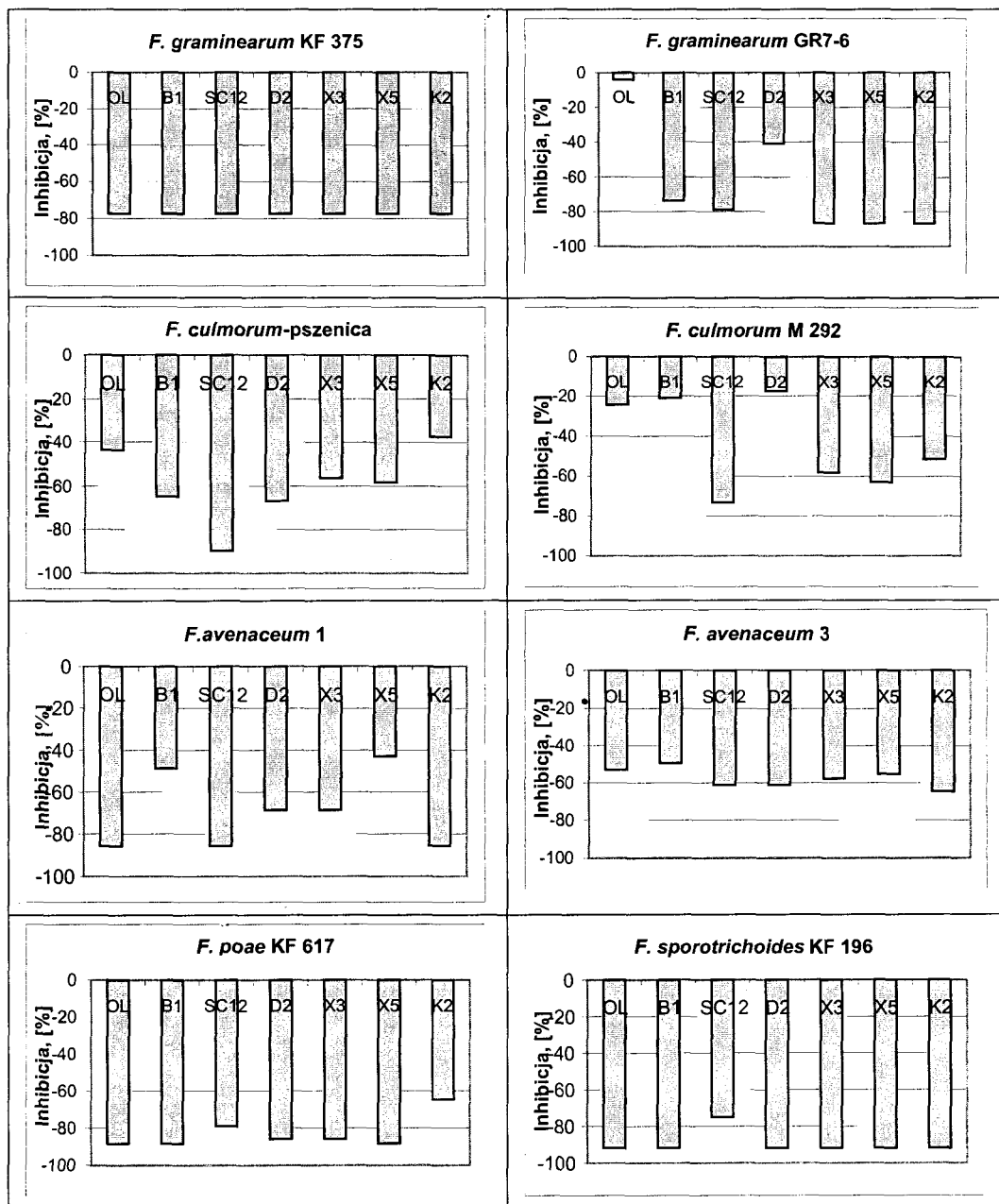
Ocena wzajemnego oddziaływania drożdży *Geotrichum candidum* i grzybów testowych rodzaju *Fusarium* w hodowlach dwuorganizmowych na podłożu PDA, test biotyczny wg Manłki.

Evaluation of the interaction between *Geotrichum candidum* yeasts and indicator *Fusarium* genera fungi on PDA medium in dual culture (Manłka's biotic test).

Lp.	Szczepy drożdży <i>G. candidum</i> Strains of <i>G. candidum</i> yeasts	Symbol Shortening	Stopień konkurencji drożdży <i>Geotrichum candidum</i> wobec: [punkty] Competition value of <i>G. candidum</i> yeasts to: [points]								Suma [pkt]		
			<i>Fusarium graminearum</i> KF 375	<i>Fusarium graminearum</i> GR7-6	<i>Fusarium sporotrichoides</i> KF 196	<i>Fusarium culmorum</i> M 292	<i>Fusarium culmorum</i> 1 pszenica	<i>Fusarium poae</i> KF 617	<i>Fusarium avenaceum</i> 3	<i>Fusarium avenaceum</i> 1			
1.	SC1	O1	+2	+2	+2	+3	+2	+2	+2	+2	-4	0	9
2.	SS32B1	B1	+1	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+3	-4	0	8
3.	Sc12	Sc12	+1	+2	+2	+3	+2	+2	+2	+3	-5	0	8
4.	SS47D2	D2	+1	+2	+2	+3	+2	+2	+2	+3	-5	0	8
5.	KC3	X3	+2	+2	+2	+5	+2	+1	+2	+2	-4	0	10
6.	KB5	X5	+2	+2	+2	+4	+2	+1	+3	+3	-5	-1	8
7.	SS228K2	K2	+2	0	+2	+4	+2	+2	+2	+2	-3	-1	8

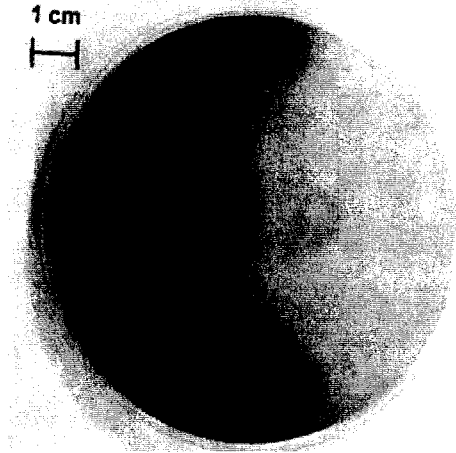
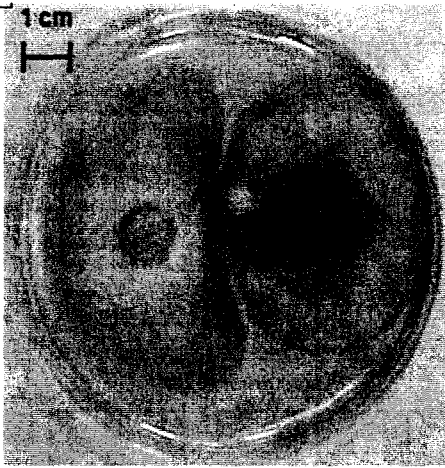
(+) – inhibicja wzrostu grzybów testowych (inhibition of the growth of indicator fungi)

(-) – inhibicja wzrostu drożdży *G. candidum* (inhibition of the growth of *G. candidum* yeasts)



Rys. 1. Redukcja wielkości kolonii *Fusarium sp.* przy obecności w agarze PDA drożdży *Geotrichum* (test punktowy). W hodowlach kontrolnych podłoże nie było szczepione drożdżami.

Fig. 1. Reduction in *Fusarium sp.* colony diameter in the presence of *G. candidum* yeasts in PDA agar medium (spot test). In the control cultures the medium was not inoculated with yeasts.

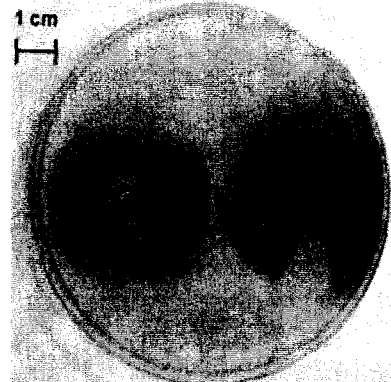
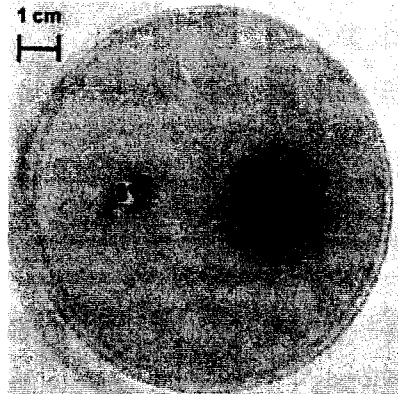
*G. candidum* KC3*F. avenaceum* 1*F. culmorum* M292*G. Candidum* Sc12

Brak wpływu

Hamowanie

Fot. 1. Interakcje pomiędzy drożdżami *G. candidum* a grzybami rodzaju *Fusarium* na podłożu PDA (test Mańki).

Fot. 1. Interaction between *G. candidum* yeasts and *Fusarium* species fungi on PDA growth medium (Mańka's biotic test).

*G. candidum* KC 3 wglębnie*F. graminearum* GR-6*F. culmorum* M292*G. candidum* 1 wglębnie*F. graminearum* GR-6*F. culmorum* M292

Fot. 2. Interakcje pomiędzy drożdżami *G. candidum* a grzybami rodzaju *Fusarium* na podłożu PDA (test punktowy).

Fot. 2. Interaction between *G. candidum* yeasts and *Fusarium* species fungi on PDA growth medium (spot test).

Większe zróżnicowanie w hamowaniu wzrostu grzybów w obrębie tego samego gatunku obserwowano w teście punktowym (rys. 1, fot. 2).

Najbardziej wrażliwe na obecność drożdży *Geotrichum candidum*, niezależnie od badanej kultury, były 3 szczepy grzybów: *F. sporotrichoides* KF196, *F. poae* KF617 i *F. graminearum* KF375, wzrost ich kolonii był ograniczany w zakresie od 75 do 92% w porównaniu z wielkością kolonii grzybów wyrastających na płytkach bez wgłębnie wsianych drożdży *G. candidum*. Wzrost pozostałych 5 szczepów grzybów był bardziej zróżnicowany i zależny od badanych kultur drożdży (ograniczenie wielkości kolonii wahało się od 4 do 87%). Najmniejszą redukcję wielkości kolonii szczepu *F. graminearum* GR7-6 stwierdzono w obecności drożdży *G. candidum* 1 i *G. candidum* SS47D<sub>2</sub>, a szczepu *F. culmorum* M292 – w obecności 2 wyżej wymienionych gatunków oraz dodatkowo szczepu *G. candidum* SS32B<sub>1</sub>. W przypadku szczepów gatunku *F. avenaceum* w teście punktowym otrzymano odmienne wyniki niż w teście Mańki. W obecności drożdży *G. candidum* zaobserwowano hamowanie wzrostu kolonii obu szczepów *F. avenaceum* (od 45 do 85%), podczas gdy w teście biotycznym grzyby hamowały wzrost drożdży. Przeprowadzona analiza statystyczna (tab. 2) wykazała brak istotnych różnic w oddziaływaniu pomiędzy szczepami *G. candidum* na *F. graminearum* KF 375 i *F. sporotrichoides* (oprócz szczepu Sc12). Istotne różnice stwierdzono pomiędzy szczepami drożdży w stosunku do *F. culmorum* M 292, *F. avenaceum* 3 i *F. culmorum* 1 (*pszenica*). W przypadku pozostałych szczepów testowanych grzybów nie wykazano istotnych różnic (grupy jednorodne) pomiędzy szczepami drożdży ograniczającymi w bardzo podobnym zakresie wielkość wyrastających kolonii grzybów (rys. 1).

Wyniki trzeciego testu, studzienkowego, potwierdziły wcześniejsze prace [1, 4, 5, 6] wskazujące na znaczącą rolę konkurencji w interakcjach między badanymi drobnoustrojami. Drożdże *Geotrichum candidum* w podłożach YPG, ME, PDA i Czapek wytwarzały różne metabolity, o czym świadczy zróżnicowany odczyn płynów pochodowlanych (tab. 3).

Liczni badacze wykryli wiele związków wytwarzanych przez te drobnoustroje, m.in. Jollivet i wsp. [9] wyodrębnili propanol, 2-metylopropanol, 3-metylo-3-pentanol, ketony metylowe, czy dimetylosulfid, a Dieuleveux i wsp. [2, 3] kwas D-3-indolimlekowy i kwas 3-fenylomlekowy. Dwa ostatnie związki działały antagoniście na patogeniczne bakterie *Listeria monocytogenes*.

Wytworzone przez testowane drożdże *G. candidum* metabolity nie wywoływały żadnej reakcji pozytywnej ani negatywnej wobec badanych gatunków grzybów *Fusarium*. Wyjątek stanowił szczep *G. candidum* Sc12, którego metabolity wytworzone w podłożu ME hamowały wzrost *F. avenaceum* 1 – jednego szczepu spośród 8 badanych (strefa inhibicji wokół studzienki – 2 mm). Otrzymane wyniki wskazują głównie na konkurencję szczepów *Geotrichum candidum* wobec szczepów *Fusarium*.



Tabela 2

Zróźnicowanie hamowania kolonii szczepów *Fusarium* przez różne szczepy *G. candidum* – specyfika szczepowa ( istotność różnic  $P < 0,05$ ) (test punktowy).

Differentiation of inhibition of the size of the *Fusarium* species colonies by different *G. candidum* strains – strain specification (significance of differences  $P < 0,05$ ) (spot test).

Czynnik zmienności/ differentiation factor [Procent inhibicji /inhibition percentage]	<i>F. graminearum</i> KF 375				
	Grupy jednorodne/ homogenous groups				
O1 [-77,3]					
B1 [-77,3]					
Sc12 [-77,3]					
D2 [-77,3]					
X3 [-77,3]					
X5 [-77,3]					
K2 [-77,3]					

Czynnik zmienności/ differentiation factor [Procent inhibicji /inhibition percentage]	<i>F. graminearum</i> GR 7-6				
	Grupy jednorodne/ homogenous groups				
O1 [-3,9]					
D2 [-40,7]					
B1 [-73,7]					
Sc12 [-78,9]					
X3 [-86,8]					
X5 [-86,8]					
K2 [-86,8]					

Czynnik zmienności/ differentiation factor [Procent inhibicji /inhibition percentage]	<i>F. culmorum</i> 1 pszenica				
	Grupy jednorodne/ homogenous groups				
K2 [-32,5]					
O1 [-43,7]					
X3 [-56,3]					
X5 [-58,3]					
B1 [-64,6]					
D2 [-66,7]					
Sc12 [-89,6]					

Czynnik zmienności/ differentiation factor [Procent inhibicji /inhibition percentage]	<i>F. culmorum</i> M. 292				
	Grupy jednorodne/ homogenous groups				
D2 [-17,4]					
B1 [-20,9]					
O1 [-24,4]					
K2 [-51,2]					
X3 [-58,1]					
X5 [-62,8]					
Sc12 [-51,2]					

Czynnik zmienności/ differentiation factor [Procent inhibicji /inhibition percentage]	<i>F. avenaceum</i> 1				
	Grupy jednorodne/ homogenous groups				
X5 [-42,9]					
B1 [-48,6]					
D2 [-68,6]					
X3 [-68,6]					
O1 [-85,7]					
Sc12 [-85,7]					
K2 [-85,7]					

Czynnik zmienności/ differentiation factor [Procent inhibicji /inhibition percentage]	<i>F. avenaceum</i> 3				
	Grupy jednorodne/ homogenous groups				
B1 [-49,4]					
O1 [-52,9]					
X5 [-55,3]					
X3 [-57,6]					
Sc12 [-61,2]					
D2 [-61,2]					
K2 [-64,2]					

Czynnik zmienności/ differentiation factor [Procent inhibicji /inhibition percentage]	<i>F. sporotrichoides</i> KF 196				
	Grupy jednorodne/ homogenous groups				
Sc12 [-75,0]					
O1 [-91,7]					
B1 [-91,7]					
D2 [-91,7]					
X3 [-91,7]					
X5 [-91,7]					
K2 [-91,7]					

Czynnik zmienności/ differentiation factor [Procent inhibicji /inhibition percentage]	<i>F. poae</i> KF 617				
	Grupy jednorodne/ homogenous groups				
K2 [-64,7]					
Sc12 [-78,9]					
D2 [-85,9]					
X3 [-85,9]					
O1 [-88,2]					
B1 [-88,2]					
X5 [-88,2]					

Tabela 3

Wartości pH po zakończeniu hodowli drożdży *Geotrichum candidum* na wybranych podłożach przy początkowym pH = 6,3.

The pH value after cultivation of *Geotrichum candidum* in selected media at initial pH = 6.3.

Lp.	Szczep Strain	Podłoże hodowlane Culture medium			
		YEG	ME	Czapek	PDA
1.	<i>Geotrichum candidum</i> 1	8,81	8,10	7,80	7,15
2.	<i>Geotrichum candidum</i> SS32B <sub>1</sub>	8,72	8,20	8,00	7,15
3.	<i>Geotrichum candidum</i> Sc12	8,77	7,65	7,40	6,60
4.	<i>Geotrichum candidum</i> SS47D <sub>2</sub>	8,90	8,55	6,90	6,60
5.	<i>Geotrichum candidum</i> KC3	8,60	7,20	6,50	5,25
6.	<i>Geotrichum candidum</i> KB5	8,70	8,65	8,00	5,20
7.	<i>Geotrichum candidum</i> S228K <sub>2</sub>	8,47	6,80	8,20	6,20

Podobne wyniki uzyskiwali inni autorzy. Nielson i wsp. [13] wykazali również inhibicję różnych gatunków grzybów *Penicillium* i *Aspergillus* przez szybciej rosnące drożdże *Geotrichum candidum*. Boivin i Malanda [1] też sugerują, że hamowanie rozwoju grzybów w słodzie, przy zastosowaniu ww. drożdży jako szczepionki w procesie słodowania, jest wynikiem konkurencji kultury starterowej o składniki odżywcze i przestrzeń życiową. Są one wówczas zdolne do szybkiego opanowania środowiska i uniemożliwiają rozwój innych drobnoustrojów.

Otrzymane wyniki potwierdzają możliwość wykorzystania drożdży *G. candidum*, jako kultur starterowych w procesie słodowania, celem ograniczenia w słodzie rozwoju niepożądaney, w tym toksynotwórczej mikroflory.

## Wnioski

1. Testowane drożdże *G. candidum* charakteryzowały się różną aktywnością antagonistyczną wobec grzybów rodzaju *Fusarium*, zależną od testowanego szczepu drożdży, jak i testowego szczepu grzyba.
2. Większą wrażliwością na obecność drożdży charakteryzowały się 3 gatunki grzybów: *F. graminearum*, *F. poae* i *F. sporotrichoides*, mniejszą gatunki *F. culmorum* i *F. avenaceum*.

3. Drożdże w różnym stopniu ograniczały wzrost szczepów należących do tego samego gatunku pleśni.
4. Antagonistyczna aktywność drożdży *G. candidum* w stosunku do grzybów rodzaju *Fusarium* była raczej wynikiem konkurencji niż antybiozy.
5. Spośród badanych kultur drożdży tylko szczep *G. candidum* Sc12 charakteryzował się konkurencją i antybiozą wobec grzybów *Fusarium*. Aktywne metabolity były wytwarzane na podłożu ME.
6. W przypadku szczepów gatunku *F. avenaceum* otrzymano w dwóch testach (Mańki i punktowy) odmienne wyniki – zatem interakcje między drobnoustrojami należy kontrolować różnymi metodami.

### Literatura

- [1] Boivin P., Malanda M.: Improvement of malt quality and safety by adding starter culture during the malting process. Technical Quarterly, 1997, 2 (34), 96-101.
- [2] Dieuleveux V., Lemarinier S., Gueguen M.: Antimicrobial spectrum and target site of D-3-phenyllactic acid. Int. J. F. Microb., 1998, 40, 177-183.
- [3] Dieuleveux V., van der Pyl D., Chataud J., Gueguen M.: Purification and characterization of anti-*Listeria* compounds produced by *Geotrichum candidum*. Appl. Envir. Microb., 1998, 2 (64), 800-803.
- [4] Dziuba E., Wojtatowicz M., Stempniewicz R., Foszczyńska B.: The use of *Geotrichum candidum* starter cultures in malting of brewery barley. Food Biotechnol., 2000, 311-315.
- [5] Dziuba E., Wojtatowicz M., Stempniewicz R., Foszczyńska B.: Kultury starterowe jako czynnik ograniczający aktywność epifitycznej mikroflory jęczmienia i siodu. Biotechnologia, 1999, 2 (45), 167-175.
- [6] Dziuba E., Wojtatowicz M., Stempniewicz R., Foszczyńska B.: Zastosowanie kultur starterowych w procesie siodowania ziarna pszenżyta. Materiały konferencji Naukowej - Sielinko. 1998, s. 14-19.
- [7] Galiński P., Perkowski.: Zanieczyszczenia zbóż i pasz mykotoksynami. Stan aktualny i perspektywy rozwoju wybranych dziedzin produkcji pasz. Tom 6 pod red. J. Warchalewskiego, rozdział 4. Wyd. PTTŻ Oddział Wielkopolski Poznań 1998, s. 108-117.
- [8] Hansen TK., Jakobsen M.: Possible role of microbial interaction for growth and sporulation of *Penicillium roqueforti* in Danablu. Lait., 1997, 77, 479-488.
- [9] Jollivet N., Chataud J., Vayssier Y., Bensoussan M.: Production of volatile compounds in model milk and cheese media by eight strains of *Geotrichum candidum* Link. J. Dairy Res., 1994, 61, 241-248.
- [10] Mańka K.: Zbiorowisko grzybów jako kryterium oceny wpływu środowiska na choroby roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1974, 160, 14-17.
- [11] Molinard P., Lesschaevé J.: Bitterness and nitrogen fractions of mould ripened cheese of Camembert type: Impact of the association of *Penicillium camemberti* with *Geotrichum candidum*. Lait., 1994, 74, 361-374.
- [12] Molinard P., Vassal L.: Growth of *Penicillium camemberti* and *Geotrichum candidum* in pure and mixed cultures during experimental ripening of soft camembert type cheese. Lait., 1995, 1 (75) , 3-16.

- [13] Nielsen M.S., Frisvad J.C.: Colony interaction and secondary metabolite production of cheese-related fungi in dual culture. *J. Food Prot.*, 1998, **8** (51), 1023-1029.
- [14] Perkowski J.: Mikotoksyny w surowcach piwowsarskich i w piwie oraz w czasie jego otrzmywania. *Przem. Ferm.*, 2000, **11**, 14-16.
- [15] Tariq V.N., Campbell V.M.: Influence of volatile metabolites from *Geotrichum candidum* on other fungi. *Short Communication.*, 1990, pp. 891-893.

### EVALUATION OF THE OF *GEOTRICHUM CANDIDUM* ANTAGONISM TOWARDS TOXIGENIC FUNGI OF *FUSARIUM SP.*

#### S u m m a r y

In this paper the relationships between selected strains of *G. candidum* yeasts originating from different sources (malt, mould cheese) and toxigenic *Fusarium* species, which are common in corn seeds, have been examined. The three methods: biotic test, spot test and diffusion test were used for interaction between the microorganisms. Tested yeasts were grown on different media: PDA, ME, Czapek and YEG. It was proved that the antagonistic activity depends on the strain of yeasts and moulds. Three species of fungi *F. graminearum*, *F. sporotrichoides* and *F. poae* showed higher sensitivity to the yeasts presence, two other species *F. avenaceum* and *F. culmorum* were less sensitive. The process of slowing down the growth of the tested moulds was mainly the result of the competition for living space.

**Key words:** antagonism, toxigenic fungi, *Geotrichum*, *Fusarium*. ☒