

**Projekt: „Opracowanie innowacyjnych produktów na bazie suszu z ekologicznie uprawianej soplówki jeżowatej (*Hericium erinaceus*) o wysokich parametrach jakościowych i funkcjonalnych”, umowa o dofinansowanie nr 00048.DDD.6509.00252.2022.15**

**Podsumowanie wyników badań ETAP 2: Opracowanie pilotażowej linii przemysłowej technologii produkcji suszu z owocników soplówki jeżowatej**

W ramach realizacji prac badawczych w etapie 2 opracowano innowacyjną technologię produkcji suszu z owocników soplówki jeżowatej z wykorzystaniem pilotażowej linii produkcyjnej w celu uzyskania suszu o wysokich parametrach jakościowych i funkcjonalnych. Skonstruowane prototypowe suszarnie do grzybów wyposażone w moduły zimnej plazmy przeznaczone do dezynfekcji komór suszarniczych, umożliwiły uzyskanie suszu o obniżonym stopniu zanieczyszczenia mikrobiologicznego w porównaniu do tradycyjnego suszenia.



Z wykorzystaniem suszarni przygotowywano próby suszu owocników, które przygotowywano w zmiennych warunkach temperatury i czasu suszenia, z wykorzystaniem prototypowych suszarni wyposażonych w 1, 2 i 3 generatory zimnej plazmy. Oznaczona liczba jonów w komorach wynosiła od 20 do 60 mln/cm<sup>3</sup> powietrza. W poniższej tabeli zestawiono wyniki pomiaru wilgotności suszu oraz oznaczania jego zanieczyszczenia mikrobiologicznego.

parametry suszenia	wilgotność [%]	średnia l-ba bakterii [jtk/g]	średnia l-ba drożdży i pleśni [jtk/g]	ogólna l-ba drobnoustrojów [jtk/g]	% redukcji ogólnej l-by drobn. w prototypowych suszarniach	obecność patogenów (*)/10 g
40°C/24/0 ZP	8,00	2956,00	1046,00	4002,00		nie wykryto
40°C/24/1 ZP	8,20	1848,00	897,00	2745,00	31,40	nie wykryto
40°C/24/2 ZP	7,90	1287,00	722,00	2009,00	49,80	nie wykryto
40°C/24/3 ZP	8,10	1179,00	727,00	1906,00	52,37	nie wykryto
50°C/20/0 ZP	7,60	2827,00	1004,00	3831,00		nie wykryto
50°C/20/1 ZP	7,90	1596,00	785,00	2381,00	37,85	nie wykryto
50°C/20/2 ZP	8,00	1212,00	680,00	1892,00	50,61	nie wykryto
50°C/20/3 ZP	7,70	1183,00	632,00	1815,00	52,62	nie wykryto
70°C/12/0 ZP	7,00	867,00	668,00	1535,00		nie wykryto
70°C/12/1 ZP	6,80	622,00	696,00	1318,00	14,14	nie wykryto
70°C/12/2 ZP	7,40	502,00	558,00	1060,00	30,94	nie wykryto
70°C/12/3 ZP	7,70	445,00	562,00	1007,00	34,40	nie wykryto
80°C/10/0 ZP	6,00	603,00	624,00	1227,00		nie wykryto
80°C/10/1 ZP	6,80	587,00	588,00	1175,00	4,24	nie wykryto
80°C/10/2 ZP	7,00	532,00	546,00	1078,00	12,14	nie wykryto
80°C/10/3 ZP	7,10	505,00	518,00	1023,00	16,63	nie wykryto

legenda

°C/h/ZP - temperatura suszenia/czas suszenia/l-ba generatorów zimnej plazmy

(\*) - E. coli, Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Salmonella

Podsumowując uzyskane wyniki można stwierdzić, że w zależności od zastosowanej temperatury suszenia czas wymagany do uzyskania zakładanego stopnia wysuszenia (wilgotność do 9%) wynosił: 24 h (temperatura 40°C), 20 h (50°C), 12 h (70°C), 10 h (80°C).

Zanieczyszczenie mikrobiologiczne suszu uzyskanego w trakcie suszenia w niższych temperaturach 40°C i 50°C, bez wykorzystania prototypowych suszarni wyposażonych w generatory zimnej plazmy, było znacznie wyższe w porównaniu do wyższych temperatur suszenia 70°C i 80°C. W prototypowych suszarniach wyposażonych w jeden generator zimnej plazmy w porównaniu do tradycyjnej suszarni zanotowano stopień redukcji ogólnej liczby drobnoustrojów wynoszący odpowiednio: 31,40 % w temperaturze 40°C; 37,85 % w 50°C; 14,14 % w 70°C i 4,24 % w 80°C. Zastosowanie dwóch generatorów pozwoliło na uzyskanie wyższego stopnia redukcji wynoszącego odpowiednio: 49,80 % w temperaturze 40°C; 50,61 % w 50°C; 30,94 % w 70°C i 12,14 % w 80°C. Zamontowanie trzech generatorów prowadziło do uzyskania nieco wyższego stopnia redukcji, jednak nie tak znaczącego jak w przypadku różnicy uzyskanej dla jednego i dwóch generatorów.

W trakcie kolejno zrealizowanych badań ustalono, że dla zachowania wysokich parametrów funkcjonalnych owocników, temperatura ich suszenia nie powinna przekraczać 40 stopni Celsjusza. Optymalizacja procesu produkcji suszu została oparta na wynikach badań naukowych, tj. ocena potencjału antyoksydacyjnego, analiza zawartości alfa- i beta glukanów. Do oznaczania potencjału antyoksydacyjnego wykorzystano metody chemiczne: ABTS i DPPH. W metodzie ABTS określano stopień zmiatania rodników ABTS<sup>+</sup> wytworzonych podczas reakcji z nadsiarczanem potasu. Wytworzone podczas tej reakcji rodniki miały barwę niebieskozieloną, a antyoksydanty zawarte w ekstrakcie z badanego suszu, redukując kationorodnik, powodowały zanik barwy roztworu. Spadek intensywności zabarwienia był uzależniony od potencjału antyoksydacyjnego badanych ekstraktów, a zawartość przeciwutleniaczy była wyrażana jako ilość mM troloksu na dm<sup>3</sup> badanego roztworu. Z kolei rodnik DPPH w roztworze alkoholowym ma barwę purpurową. W trakcie reakcji wychwytuje on elektrony od związków o potencjale antyoksydacyjnym i przechodzi do produktu zabarwionego na kolor żółty. Zmiana zabarwienia była uzależniona od zawartości związków o aktywności przeciwutleniającej w badanych ekstraktach i wyrażana jako ilość mM troloksu na dm<sup>3</sup> badanego roztworu. Metody elektrochemiczne, które stosowano do oceny potencjału antyoksydacyjnego badanych ekstraktów należały do grupy technik woltamperometrycznych. Stosowano woltamperometrię cykliczną (CV) i woltamperometrię fali prostokątnej (SWV). Analizy intensywności uzyskanych sygnałów związków redoks zawartych w ekstraktach z suszu

pozwołyły na ocenę ich potencjału antyoksydacyjnego. Uzyskane wyniki oceny potencjału antyoksydacyjnego prób suszu zestawiono w poniższej tabeli. W tabeli podano również oznaczoną w tych próbach zawartość alfa- i betaglukanów, czyli związków wykazujących m.in. funkcjonalność immunomodulacyjną.

parametry suszenia	wigotność [%]	średnia ABTS [mM Tx/dm <sup>3</sup> ]	średnia DPPH [mM Tx/dm <sup>3</sup> ]	średni indeks IE (CV) [VxμA/100g]	średni indeks IE (SWV) [VxμA/100 g]	średnia zawartość alfa i beta glukanów [% w/w]
40°C/24/0 ZP	8,00	4,48	0,63	401,00	415,00	20,05
40°C/24/1 ZP	8,20	5,02	0,73	451,00	496,00	22,42
40°C/24/2 ZP	7,90	5,05	0,72	482,00	455,00	21,60
40°C/24/3 ZP	8,10	5,31	0,71	456,00	458,00	22,75
50°C/20/0 ZP	7,60	4,76	0,69	438,00	435,00	20,52
50°C/20/1 ZP	7,90	4,86	0,67	420,00	444,00	20,27
50°C/20/2 ZP	8,00	4,84	0,61	397,00	428,00	19,57
50°C/20/3 ZP	7,70	4,79	0,65	351,00	397,00	20,35
70°C/12/0 ZP	7,00	3,54	0,41	277,00	252,00	20,12
70°C/12/1 ZP	6,80	3,87	0,45	265,00	275,00	20,17
70°C/12/2 ZP	7,40	3,57	0,49	268,00	287,00	20,41
70°C/12/3 ZP	7,70	3,39	0,48	292,00	290,00	20,28
80°C/10/0 ZP	6,00	2,80	0,32	220,00	198,00	18,39
80°C/10/1 ZP	6,80	2,97	0,26	243,00	226,00	17,12
80°C/10/2 ZP	7,00	2,00	0,31	219,00	230,00	16,75
80°C/10/3 ZP	7,10	2,22	0,29	227,00	225,00	18,61

legenda

°C/h/ZP - temperatura suszenia/czas suszenia/l-ba generatorów zimnej plazmy

Jak można zauważyć wraz ze wzrostem temperatury suszenia dochodziło do spadku potencjału antyoksydacyjnego otrzymanego suszu. Przy czym w porównaniu do temperatury 40°C dla 50°C był to spadek wynoszący do około 10 %, natomiast dla 70°C do ponad 40 %, a dla 80°C do ponad 60 %, w zależności od zastosowanej metody pomiaru. Zawartość alfa- i betaglukanów w próbach suszu otrzymanych w niższej temperaturze suszenia wynosiła ponad 20 %, zauważalny jej spadek obserwowano dla temperatury suszenia wynoszącej 80°C.

Rozpatrując uzyskane wyniki oznaczania liczby drobnoustrojów oraz potencjału antyoksydacyjnego otrzymanego suszu, zdecydowano się na przygotowywanie suszu w prototypach suszarni wyposażonych w dwa generatory zimnej plazmy, w temperaturze 40°C przez 24 godziny. Próby suszu przygotowane zgodnie z powyższymi parametrami były poddane próbom przechowalniczym (suszu mielony i suszu niemieleny – jak na poniższych zdjęciach).



W trakcie prób przechowalniczych susz był przechowywany przez różny okres, po jego zapakowaniu w worki w pakowarce próżniowej (susz niemielony), w opakowaniach typu doypack (susz mielony) oraz w szklanych słoikach (susz niemielony). Próby wykonywano w temperaturze pokojowej i w warunkach chłodniczych.



W trakcie prób przechowalniczych wykonywano badania wilgotności, jakości mikrobiologicznej, potencjału antyoksydacyjnego oraz zawartości alfa- i betaglukanów. Wyniki badań prób przechowalniczych po 4 miesiącach przechowywania suszu zestawiono w poniższej tabeli.

parametry suszenia	wigotność [%]	średnia l-ba bakterii [jtk/g]	średnia l-ba drożdży i pleśni [jtk/g]	ogólna l-ba drobn [jtk/g]	obecność patogenów (*)/10 g	średnia ABTS [mM Tx/dm <sup>3</sup> ]	średnia DPPH [mM Tx/dm <sup>3</sup> ]	średni indeks IE (CV) [VxμA/100g]	średni indeks IE (SWV) [VxμA/100 g]	średnia zawartość alfa i beta glukanów [% w/w]
40°C/24/2 ZP	7,90	1287,00	762,00	2049,00	nie wykryto	5,05	0,72	482,00	455,00	21,60
40°C/24/2 ZP/1	8,20	1242,00	775,00	2017,00	nie wykryto	5,34	0,71	459,00	461,00	20,44
40°C/24/2 ZP/2	8,40	1154,00	718,00	1872,00	nie wykryto	5,46	0,72	472,00	459,00	20,25
40°C/24/2 ZP/3	8,60	1252,00	758,00	2010,00	nie wykryto	4,63	0,65	428,00	430,00	21,84
40°C/24/2 ZP/4	8,50	1253,00	789,00	2042,00	nie wykryto	5,30	0,67	448,00	453,00	22,90
legenda										
°C/h/ZP	temperatura suszenia/czas suszenia/l-ba generatorów zimnej plazmy									
40°C/24/1 ZP/1	suszu niemieleny zapakowany próżniowo przechowywany 4 m-ce w temp. pokojowej									
40°C/24/1 ZP/2	suszu niemieleny zakowany próżniowo przechowywany 4 m-ce w war. chłodniczych									
40°C/24/1 ZP/3	suszu mielony przechowywany 4 m-ce w opakowaniach doypack w temp. pokojowej									
40°C/24/1 ZP/4	suszu niemieleny przechowywany 4 m-ce w słoikach w temp. pokojowej									
(*) - E. coli, Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Salmonella										

Po 4 miesiącach przechowywania procentowa zawartość wody w suszu nie wzrosła powyżej zakładanego poziomu 10 %, dzięki czemu stopień zanieczyszczenia mikrobiologicznego suszu nie uległ zwiększeniu. Najwyższy spadek aktywności antyoksydacyjnej wykazał susz przechowywany w postaci mielonej w opakowaniach typu doypack, wynosił on ok. 10 % i nie był to spadek znaczący. Poziom alfa- i betaglukanów pozostał praktycznie niezmienny. Najlepszym sposobem przechowywania suszu okazało się być pakowanie próżniowe, ze względu na zachowanie jego wysokiej jakości i funkcjonalności.