

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **235281**
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **419564**

(51) Int.Cl.
G01N 33/10 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **21.11.2016**

(54) **Sposób określania wodochłonności błonnikowych suplementów pieczywa**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
04.06.2018 BUP 12/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
15.06.2020 WUP 07/20

(73) Uprawniony z patentu:
**INSTYTUT AGROFIZYKI
IM. BOHDANA DOBRZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK, Lublin, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:
**ANTONI MIŚ, Lublin, PL
AGNIESZKA NAWROCKA, Lublin, PL**

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Magdalena Tarała

PL 235281 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób określania wodochłonności błonników pokarmowych jako suplementów prozdrowotnych pieczywa wykonywany w trakcie miesienia ciasta pszennego.

W produkcji pieczywa wzbogacanego błonnikiem pokarmowym precyzyjna informacja na temat wodochłonności stosowanych suplementów ma kluczowe znaczenie. Ułatwia ona znacząco komponowanie składu mieszanek, w których zachowane są właściwe proporcje między mąką pszenną a suplementami błonnikowymi. Ma to istotny wpływ na uzyskanie ciasta chlebowego o optymalnych właściwościach reologicznych, co w konsekwencji pozytywnie oddziałuje na jakość produkowanego pieczywa prozdrowotnego.

Znane są miary wodochłonności, nazywane terminami angielskimi: „water holding capacity (WHC)” i „water retention capacity (WRC)”, które wykorzystuje się głównie w naukach żywieniowych dla uwypuklenia zdolności suplementów błonnikowych do wiązania wody i niepożądanych metabolitów z przewodu pokarmowego człowieka. Przy pomocy WHC i WRC określa się ilość zaabsorbowanej wody w gramach przez 1 gram suchej masy suplementu przy zastosowaniu długotrwałego procesu hydratacji (nawet do 24 h) w obecności znacznego nadmiaru wody wolnej. Jednakże, wskaźniki WHC i WRC są mało przydatne przy charakterystyce technologicznej suplementów, głównie z powodu niedostosowania procedury ich pomiaru do specyfiki procesu miesienia ciasta chlebowego. Proces miesienia odbywa się w warunkach niedoboru wody, stąd składniki suplementu błonnikowego muszą konkurować o nią ze składnikami mąki pszennej, co często skutkuje redystrybucją wody związanej przez gluten do błonnika. Następstwem jest częściowa dehydratacja glutenu, którą uznaje się za jedną z głównych przyczyn pogorszenia właściwości reologicznych ciasta chlebowego suplementowanego błonnikiem. Dlatego też pomiary wodochłonności przy użyciu farinografu (PN-ISO 5530-1, ICC 115/1, AACC 54-21) wykonywane w trakcie miesienia ciasta chlebowego są najbardziej użyteczne w ocenie jakości technologicznej mieszanek mącznych. Zgodnie z tą metodą, wodochłonność mąki lub mieszanki wyraża się objętością wody (w ml/100 g mąki lub mieszanki o wilgotności 14%) potrzebną do wytworzenia ciasta o maksimum konsystencji na poziomie 500 FU (jednostek farinograficznych). Jednakże zasadniczym mankamentem tej metody jest to, że pozwala ona jedynie na określanie sumarycznego wpływu wszystkich składników mieszanki na jej wodochłonność, bez możliwości wyodrębnienia efektów pojedynczych składników.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu określania wodochłonności pojedynczych składników mieszanki, w szczególności suplementów błonnikowych pieczywa, przy zastosowaniu farinograficznych testów miesienia ciasta. Wizualnym efektem suplementacji mąki pszennej błonnikiem pokarmowym jest występowanie dwóch wierzchołków p_1 i p_2 na krzywej farinograficznej $C_F(t)$ wyznaczonej w sposób opisany w zgłoszeniu nr PL.P.415134. W tym zgłoszeniu opisano również sposób analizowania położenia i kształtu wierzchołków p_1 i p_2 . Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że wysokość wierzchołka drugiego $C_F(t_{p2})$, jako wyłącznego efektu oddziaływania suplementu błonnikowego na konsystencję ciasta pszennego, może stanowić również obiektywną miarę wodochłonności tego suplementu. Przedmiotem aktualnego wynalazku jest sposób wyznaczania zależności pomiędzy wysokością drugiego wierzchołka p_2 a wodochłonnością suplementu błonnikowego. Ponadto, przyjmując zgodne z obserwacjami założenie, że wierzchołek p_2 na obu rodzajach krzywych farinograficznych $C(t)$ i $C_F(t)$ jest umiejscowiony na osi czasu miesienia (t) w tym samym punkcie t_{p2} , zaproponowano również uproszczenie procedury wyznaczania jego wysokości $C_F(t_{p2})$.

Istotą opracowanego sposobu, w którym wysokość wierzchołka drugiego $C_F(t_{p2})$ na krzywej farinograficznej wykresu konsystencji $C_F(t)$, jako efektu wyłącznego oddziaływania suplementu błonnikowego, wyznacza się z zastosowaniem formuły:

$$C_F(t_{p2}) \cdot \Phi_F = C(t_{p2}) - C_M(t_{p2})_{pre} \cdot (1 - \Phi_F),$$

i gdzie wartość prognozowana konsystencji $C_F(t_{p2})_{pre}$ określana jest z zastosowaniem modelu regresji:

$$C_F(t_{p2})_{pre} \cdot \Phi_F = \Phi_F \cdot 500 \cdot \text{Exp}(a_F (V_F - V_W)) + b \cdot (\Phi_F - c)^2 + d,$$

oraz wartość przewidywana konsystencji $C_M(t_{p2})_{pre}$ ciasta wytworzonego wyłącznie z mąki pszennej ($\Phi_F = 0$) w momencie miesienia t_{p2} wyznaczana jest w oparciu o poniższy model regresji:

$$C_M(t_{p2})_{pre} = 500 \cdot \exp(a_M \cdot (V_M - V_W)) + j \cdot (k - V_W) / (1 + t_{p2}),$$

gdzie: t_{p2} jest momentem czasu miesienia, dla którego wysokości drugiego wierzchołka na krzywych $C_F(t = t_{p2})$ i $C(t = t_{p2})$ osiągają lokalne maksima oraz jest on równy t_{p1} , kiedy na krzywej $C(t)$ występuje tylko pojedynczy wierzchołek p_1 , φ_F jest udziałem wagowym suplementu błonnikowego w mieszance z mąki pszennej i suplementu, $C(t_{p2})$ jest konsystencją ciasta wytworzonego z mąki pszennej (M) i suplementu błonnikowego (F) w momencie miesienia t_{p2} , 500 jest konsystencją ciasta w jednostkach farinograficznych (FU) wynikającą ze znanej definicji wodochłonności, a_F , V_F , b , c , d oraz a_M , V_M , j i k są parametrami modeli regresji, V_W jest objętością wody dodawanej podczas miesienia ciasta, polega na tym, że wykonuje się krzywe farinograficzne normalne $C(t)$ dla mieszanek mąki pszennej i suplementu błonnikowego według znanej procedury, opisanej w PN-ISO 5530-1, dla różnych wartości φ_F , korzystnie z zakresu od 0,03 do 0,20, oraz przynajmniej jedną krzywą $C(t)$ przy podwyższonym dodatku wody V_W w porównaniu z tym stosowanym przy wykreślaniu krzywych normalnych, korzystnie, aby całkowity rozstęp wartości V_W wynosił przynajmniej 10 ml/100 g mieszanki mąki i suplementu. Następnie, na otrzymanych wykresach krzywych farinograficznych $C(t)$ identyfikuje się wierzchołki p_2 i określa położenie t_{p2} , oraz wysokość $C(t_{p2})$. W kolejnym etapie wykonuje się krzywe farinograficzne $C_M(t)$ dla mąki pszennej stosując wodę w przynajmniej czterech objętościach V_W pokrywających równomiernie i całkowicie cały zakres wartości V_W stosowanych przy wykreślaniu krzywych $C(t)$. Następnie odczytuje się wartości $C_M(t_{p2})$ z przebiegu krzywych $C_M(t)$ w co najmniej trzech wybranych momentach czasu miesienia, równomiernie i całkowicie pokrywających się z zakresem wartości t_{p2} , określonych dla krzywych farinograficznych $C(t)$ i opisuje się je modelem regresji $C_M(t_{p2})_{pre}$. Pozyskane dane wykorzystuje się do wyznaczenia wartości $C_F(t_{p2})$ oraz wartości parametrów modelu regresji $C_F(t_{p2})_{pre}$, które dalej wykorzystuje się do wyznaczenia wodochłonności WA_F suplementu błonnikowego, zgodnie z poniższą formułą:

$$WA_F = V_F + P_F,$$

$$\text{gdzie } P_F = -\ln([500 - b \cdot (\varphi_F - c)^2 - d] / 500) / a_F.$$

Do wyznaczania krzywych $C(t)$ i $C_M(t)$ stosuje się korzystnie farinograf. Zamiast mąki pszennej korzystne jest stosowanie mąki modelowej, która jest mieszaniną dwóch składników: skrobi i glutenu pszennego, korzystnie w proporcji wagowej 80 : 15. Z uwagi na wysoką stabilność reologiczną, stosowanie mąki modelowej znacznie podnosi obiektywizm pomiaru wodochłonności suplementów błonnikowych.

Wartość WA_F jest równa V_F , kiedy poprawka wodochłonności P_F jest równa 0. Występuje to w trzech przypadkach. Po pierwsze, kiedy parametry b , c i d przyjmują wartość 0, co oznacza, że zmiany konsystencji $C_F(t_{p2})$ zależą wyłącznie od ilości dodanej wody V_W (czyli wpływ dawki suplementu φ_F jest nieistotny). W drugim przypadku, kiedy dawka suplementu φ_F przyjmuje wartość parametru c , a równocześnie $d = 0$. Trzeci przypadek występuje, kiedy spełniona jest równość $d = b \cdot (\varphi_F - c)^2$.

Wyniki analizy regresji $C_F(t_{p2})_{pre}$, wskazują, że pośród parametrów modelu predykcja wartości a_F jest obarczona zazwyczaj największym błędem. Dlatego też predykcja wodochłonności WA_F będzie znacząco dokładniejsza, jeśli badając grupę suplementów, tego samego rodzaju, np. błonniki, parametr a_F dla całej porównywanej grupy suplementów będzie przyjmował stałą wartość.

Oczywistym jest, że sposób wyznaczania wodochłonności według wynalazku może być zastosowany nie tylko w charakterystyce suplementów błonnikowych, ale także podstawowych składników mąki pszennej, a zwłaszcza do pomiaru wodochłonności glutenu i skrobi pszennej, oraz wszelkiego rodzaju dodatków podnoszących walory technologiczne, odżywcze i zdrowotne mąki chlebowej.

Przedmiot wynalazku uwidoczniiony został w przykładzie wykonania testu miesienia z przedstawieniem istotnych elementów dotyczących sposobu na rysunkach i w tabelach, gdzie:

Fig. 1 przedstawia wartości konsystencji $C_M(t_{p2})$ ciasta modelowego zmierzone przy trzech momentach czasu miesienia t_{p2} , 4, 8 i 12 min oraz parametry modelu regresji $C_M(t_{p2})_{pre}$, standardowy błąd estymacji SEE i stopień dopasowania R^2 ;

Fig. 2 przedstawia zmiany wartości poprawki wodochłonności P_F badanych błonników w zależności od ich dawki φ_F ;

- Tabela 1 przedstawia zawartość i skład frakcyjny błonnika pokarmowego w badanych suplementach błonnikowych;
- Tabela 2 przedstawia przykładowe zestawienie zmierzonych wartości t_{p2} , w kolumnie 5, $C(t_{p2})$, w kolumnie 6, oraz prognozowanych wartości $C_M(t_{p2})_{pre} \cdot (1 - \varphi_F)$, w kolumnie 7, $C_F(t_{p2}) \cdot \varphi_F$, w kolumnie 8, i $C_F(t_{p2})_{pre} \cdot \varphi_F$ w kolumnie 9, a także wartość reszt $[C_F(t_{p2}) - C_F(t_{p2})_{pre}] \cdot \varphi_F$, w kolumnie 10. Prezentowane dane dotyczą błonnika jabłkowego.
- Tabela 3 przedstawia wartości parametrów V_F , b , c , d charakteryzujących wodochłonność badanych ośmiu suplementów błonnikowych, błędy standardowe SE estymowanych parametrów oraz standardowe błędy estymacji SEE i współczynniki determinacji R^2 .

W przykładzie wykonania oceniono wodochłonność ośmiu komercyjnych suplementów błonnikowych. Błonnik: aroniowy (AR), żurawinowy (ŻUR), jabłkowy (JB), marchwiowy (MAR), owsiany (OW), lniany (LEN), kakaowy (KKO), zostały wyprodukowane przez Microstructure (Warszawa, Polska), zaś błonnik karobowy (KB) – przez Carob General Application, (Walencja, Hiszpania). Zawartość i skład frakcyjny błonnika pokarmowego w badanych suplementach, na podstawie analiz wykonanych przez producentów, zamieszczono w tabeli 1.

T a b e l a 1

Zawartość błonnika pokarmowego i jego skład frakcyjny w badanych suplementach błonnikowych

Rodzaj suplementu błonnikowego	Zawartość błonnika pokarmowego (g/100g suplementu)		
	Ogółem	Frakcja nierozpuszczalna	Frakcja rozpuszczalna
Aroniowy	75	70	5
Żurawinowy	58	53	5
Jabłkowy	72	55	12
Marchwiowy	50	33	17
Owsiany	44	23	11
Lniany	50	33	17
Kakaowy	72	61	11
Karobowy	74	68	6

Do sporządzenia mąki modelowej wykorzystano dwa składniki: skrobię pszenną (Cargill, Holandia), oraz gluten pszenny (Sigma-Aldrich, USA). Skrobię i gluten w proporcji wagowej 80 : 15 umieszczano w komorze miesiarki farinografii (Brabender, Niemcy), a następnie dodawano suplement błonnikowy stosując 5 poziomów (φ_F : 0,03, 0,06, 0,09, 0,12 i 0,18, przy zachowywaniu stałej 14% wilgotności bazowej dla skrobi, glutenu i suplementu błonnikowego. Składniki te mieszano przez 1 min, a następnie, kontynuując mieszanie, do komory miesiarki wlewano odmierzoną ilość wody V_W , aby uzyskać konsystencję ciasta równą 500 FU, co odpowiada znanej procedurze opisanej w normie PN-ISO 5530-1. Przy stosowaniu $\varphi_F = 0,18$ wykonywano natomiast dodatkowy test miesienia zwiększając ilość wody V_W do 70 ml/100 g mieszanki. W trakcie miesienia ciasta rejestrowano, z częstotliwością 30 min⁻¹, wartości konsystencji $C(t)$.

Następnie, na otrzymanych wykresach krzywych $C(t)$ identyfikowano wierzchołki p_2 oraz określano ich położenie t_{p2} , z dokładnością do 0,1 min i wysokość $C(t_{p2})$, z dokładnością do 1 FU. Przykładowe wyniki pomiarów t_{p2} i $C(t_{p2})$ dla błonnika jabłkowego zamieszczono w tabeli 2. W nielicznych przypadkach, np. dla błonnika marchwiowego krzywe $C(t)$ posiadały pojedynczy wierzchołek. Położenie i wysokość tego wierzchołka przyjmowano jako wartości t_{p2} i $C(t_{p2})$, ponieważ położenie pojedynczego wierzchołka pokrywało się z wierzchołkiem p_2 na krzywej $C_F(t)$.

Pomiary $C_M(t)$ wykonywano z tą różnicą, że do wyrabiania ciasta modelowego zastosowano wodę w objętości V_W wynoszącej odpowiednio: 58, 62, 66, 70 ml/100 g mąki modelowej, co pokrywało się z wartościami V_W zastosowanymi przy wyznaczaniu krzywych $C(t)$. Pomiary $C(t)$ i $C_M(t)$, dla potwierdzenia poprawności prowadzonych badań, wykonywano w czterech powtórzeniach.

Analiza krzywych $C_M(t)$ sprowadzała się do odczytu wartości $C_M(t_{p2})$ w trzech stałych wybranych momentach czasu miesienia t_{p2} : 4, 8 i 12 min. Wyniki pomiarów $C_M(t_{p2})$ są prezentowane na Fig. 1. W przyjętym, wyżej wymienionym zakresie t_{p2} obserwowano występowanie wierzchołków p_2 dla badanych suplementów. Ich położenie zmieniało się w zależności od botanicznego pochodzenia błonnika, ale również od jego dawki φ_F oraz objętości wody V_W dodawanej do ciasta – tabela 2. Następnie, wyniki pomiarów $C_M(t_{p2})$ opisywano przy pomocy modelu: $C_M(t_{p2})_{pre} = 500 \cdot \text{Exp}(a_M \cdot (V_M - V_W)) + j \cdot (k - V_W) / (1 + t_{p2})$, wykorzystując w tym celu metodę analizy regresji nieliniowej. Wyznaczone wartości parametrów tego modelu i stopień jego dopasowania do danych eksperymentalnych pokazano na Fig. 1, zamieszczając równocześnie wartości standardowego błędu estymacji SEE i współczynnika determinacji R^2 .

Następnie przystąpiono do wyznaczenia wysokości wierzchołka $C_F(t_{p2})$ wykorzystując do tego celu formułę: $C_F(t_{p2}) \cdot \varphi_F = C(t_{p2}) - C_M(t_{p2})_{pre} \cdot (1 - \varphi_F)$. Przykładowe obliczenia wykonane dla błonnika jabłkowego zamieszczono w tabeli 2. Ostatnim etapem procedury było wyznaczenie wartości parametrów charakteryzujących wodochłonność badanych suplementów błonnikowych. W tym celu wartości $C_F(t_{p2})$ powiązano z objętością wody V_W użytej w teście miesienia, stosując model regresji w postaci: $C_F(t_{p2})_{pre} \cdot \varphi_F = C_F(t_{p2}) \cdot \varphi_F \cdot 500 \cdot \text{Exp}(a_F \cdot (V_F - V_W)) + b \cdot ((\varphi_F - c)^2 + d)$. Wartość parametru a_F ustalono na stałym poziomie równym 0,03, w celu podniesienia dokładności szacowania parametru V_F kluczowego przy określaniu wodochłonności VA_F . Uwzględnianie obecności parametru a_F w modelu skutkowało osłabieniem dokładności predykcji pozostałych parametrów. Ponadto jego wpływ często okazywał się na bardzo niskim poziomie istotności, bądź obarczony był znacznym błędem. Wartości a_F dla większości badanych suplementów oscylowały w pobliżu przyjętej wartości $a_F = 0,03$. Dlatego też zastąpienie parametru a_F stałą wartością nie wpływało istotnie na obniżenie stopnia dopasowania modelu (R^2) lub wzrost standardowego błędu estymacji (SEE). Wyznaczone dla badanych suplementów wartości parametrów V_F , b , c i d wraz z ich błędami standardowymi SE zestawiono w Tabeli 3.

Tabela 2

Zestawienie wyznaczonych wartości t_{p2} , w kolumnie 5, $C(t_{p2})$, w kolumnie 6,
 $C_M(t_{p2})_{pre} \cdot (1 - \varphi_F) = (1 - \varphi_F) \cdot [500 \cdot \text{Exp}(0,0536 \cdot (52,36 - V_W)) + 18,92 \cdot (66,80 - V_W) / (1 + t_{p2})]$ w kolumnie 7,
 $C_F(t_{p2}) \cdot \varphi_F = C(t_{p2}) - C_M(t_{p2})_{pre} \cdot (1 - \varphi_F)$ w kolumnie 8,
 $i \ C_F(t_{p2})_{pre} \cdot \varphi_F = C_F(t_{p2}) \cdot \varphi_F \cdot 500 \cdot \text{Exp}(0,03 \cdot (104,49 - V_W)) - 3518,69 \cdot (\varphi_F - 0,1078)^2 + 0$, w kolumnie 9,
a także wartość reszt $[C_F(t_{p2}) - C_F(t_{p2})_{pre}] \cdot \varphi_F$, w kolumnie 10.
Prezentowane dane dotyczą błonnika jabłkowego.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L.p.	Nr powt. (-)	φ_F (-)	V_W (g/100g)	t_{p2} (min)	$C(t_{p2})$ (FU)	$C_M(t_{p2})_{pre}$ $\cdot (1 - \varphi_F)$ (FU)	$C_F(t_{p2})$ $\cdot \varphi_F$ (FU)	$C_F(t_{p2})_{pre}$ $\cdot \varphi_F$ (FU)	Reszty (FU)
1	1	0,03	60,1	8,8	370	332	37,9	35,5	2,4
2	2	0,03	60,3	9,4	369	328	41,3	35,1	6,2
3	3	0,03	60,3	9,7	363	327	35,7	35,1	0,5
4	4	0,03	60,5	9,7	357	324	33,4	34,8	-1,4
5	1	0,06	62,9	5,5	370	277	92,5	96,4	-3,8
6	2	0,06	62,9	5,7	370	277	92,8	96,4	-3,5
7	3	0,06	62,9	5,6	368	277	90,7	96,4	-5,7
8	4	0,06	62,9	5,7	371	277	93,8	96,4	-2,5
9	1	0,09	63,9	4,9	408	254	154,5	150,9	3,6
10	2	0,09	64,7	4,9	398	241	157,1	147,3	9,8
11	3	0,09	64,7	5,2	385	241	144,4	147,3	-2,9
12	4	0,09	64,7	5,1	381	241	140,3	147,3	-7,0
13	1	0,12	67,1	5,1	384	199	185,0	183,7	1,3
14	2	0,12	66,7	5	394	204	189,5	185,9	3,6
15	3	0,12	66,7	5	397	204	192,5	185,9	6,6
16	4	0,12	66,7	5,1	388	204	183,6	185,9	-2,4
17	1	0,18	67,8	7,3	424	178	246,1	252,5	-6,4
18	2	0,18	67,8	7,4	428	178	250,1	252,5	-2,4
19	3	0,18	67,8	7	424	178	246,2	252,5	-6,3
20	4	0,18	67,6	7,5	430	180	249,8	254,2	-4,4
21	1	0,18	70,0	7,7	389	154	235,4	234,9	0,5
22	2	0,18	70,0	7,8	395	154	241,3	234,9	6,5
23	3	0,18	70,0	7,9	396	154	242,3	234,9	7,4
24	4	0,18	70,0	7,7	391	154	237,4	234,9	2,5

Spośród estymowanych parametrów (Tabela 3), wartość V_F była najdokładniej wyznaczana. Wskazuje na to stosunek V_F/SE , którego wartość była przeciętnie kilkunastokrotnie wyższa od tych stosunków obliczonych dla pozostałych parametrów. Oznacza to, że wartość konsystencji $C_F(t_{p2})$, obrazowana wysokością wierzchołka p_2 na krzywej $C_F(t)$, jest determinowana przede wszystkim objętością wody V_W stosowanej przy miesieniu ciasta, zaś w niewielkim stopniu jest zależna od dawki suplementu (P_F). Charakterystykę zależności P_F od φ_F przedstawiono na Fig. 2. Wskazują one, że estymacja wysokości wierzchołka p_2 dla większości badanych błonników była niedoszacowana, kiedy do prognozowania wykorzystywana była wyłącznie funkcja eksponencjalna. Potwierdza to konieczność stosowania poprawki P_F przy wyznaczaniu wodochłonności WA_F . Poprawka P_F w skrajnych przypadkach, np. dla błonnika karobowego (KB) przy $\varphi_F = 0,18$, osiągała wartość ok. 11 ml/100 g mieszanki (patrz Fig. 2), i co stanowiło prawie 1/5 wartości parametru V_F (Tabela 3).

Tabela 3

Wartości parametrów V_F , b , c , d charakteryzujących wodochłonność badanych ośmiu suplementów błonnikowych, błędów standardowych SE estymowanych parametrów oraz standardowych błędów estymacji SEE i współczynników determinacji R^2

1	2	3	4	5	6	7	8
L. p.	Rodzaj suplementu	Parametry modelu				SEE (FU)	R^2 (-)
		$V_F \pm SE$ (ml/100g)	$b \pm SE$ $\cdot 10^4$ (FU)	$c \pm SE$ $\cdot 10^{-3}$ (-)	$d \pm SE$ (FU)		
1	AR	$94,4 \pm 2,3$	48 ± 4	148 ± 7	$-98,1 \pm 12,6$	3,6	0,993
2	ŻUR	$98,3 \pm 1,0$	13 ± 2	-*	-	7,4	0,992
3	JB	$104,4 \pm 0,3$	-35 ± 4	108 ± 3	-	4,8	0,996
4	MAR	$118,7 \pm 0,4$	-	-	$13,1 \pm 3,3$	6,1	0,997
5	OVS	$101,3 \pm 0,5$	76 ± 6	71 ± 4	-	6,4	0,996
6	LEN	$95,0 \pm 1,0$	-	-	$-49,3 \pm 5,2$	10,5	0,979
7	KKO	$105,4 \pm 0,3$	-38 ± 5	115 ± 4	-	5,4	0,996
8	KB	$62,1 \pm 2,1$	44 ± 2	-	-	5,0	0,996

* Parametr modelu nieistotny statystycznie ($p > 0,05$)

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób określania wodochłonności błonnikowych suplementów pieczywa polegający na wyznaczaniu wysokości wierzchołka drugiego $C_F(t_{p2})$ na krzywej farinograficznej wykresu konsystencji $C_F(t)$ jako efektu wyłącznego oddziaływania suplementu błonnikowego, z zastosowaniem formuły:

$$C_F(t_{p2}) \cdot \varphi_F = C(t_{p2}) - C_M(t_{p2})_{pre} \cdot (1 - \varphi_F),$$

i gdzie wartość prognozowana konsystencji $C_F(t_{p2})_{pre}$ określana jest z zastosowaniem modelu regresji:

$$C_F(t_{p2})_{pre} \cdot \varphi_F = \varphi_F \cdot 500 \cdot \text{Exp}(a_F \cdot (V_F - V_W)) + b \cdot (\varphi_F - c)^2 + d],$$

oraz wartość przewidywana konsystencji $C_M(t_{p2})_{pre}$ ciasta wytworzonego wyłącznie z mąki pszennej ($\varphi_F = 0$) w momencie miesienia t_{p2} wyznaczana jest w oparciu o poniższy model regresji:

$$C_M(t_{p2})_{pre} = 500 \cdot \text{Exp}(a_M \cdot (V_M - V_W)) + j \cdot (k - V_W) / (1 + t_{p2}),$$

gdzie: t_{p2} jest momentem czasu miesienia, dla którego wysokości drugiego wierzchołka na krzywych $C_F(t = t_{p2})$ i $C(t = t_{p2})$ osiągają lokalne maksima oraz jest on równy t_{p1} , kiedy na krzywej $C(t)$ występuje tylko pojedynczy wierzchołek p_1 , φ_F jest udziałem wagowym suple-

mentu błonnikowego w mieszance z mąki pszennej i suplementu, $C(t_{p2})$ jest konsystencją ciasta wytworzonego z mąki pszennej (M) i suplementu błonnikowego (F) w momencie miesienia t_{p2} , 500 jest konsystencją ciasta w jednostkach farinograficznych (FU) wynikającą ze znanej definicji wodochłonności, a_F , V_F , c , d oraz a_M , V_M i k są parametrami modeli regresji, V_W jest objętością wody dodawanej podczas miesienia ciasta, **znamienny tym**, że:

- wykonuje się krzywe farinograficzne normalne $C(t)$ dla mieszanek mąki pszennej i suplementu błonnikowego według znanej procedury dla różnych wartości φ_F oraz przy najmniej jedną krzywą $C(t)$ przy podwyższonym dodatku wody V_W w porównaniu z tym stosowanym przy wykreślaniu krzywych normalnych, a następnie
- na otrzymanych wykresach krzywych farinograficznych $C(t)$ identyfikuje się wierzchołki p_2 i określa położenie t_{p2} , oraz wysokość $C(t_{p2})$, oraz
- wykonuje się krzywe farinograficzne $C_M(t)$ dla mąki pszennej stosując wodę w przy najmniej czterech objętościach V_W pokrywających równomiernie i całkowicie cały zakres wartości V_W stosowanych przy wykreślaniu krzywych $C(t)$ w etapie a), następnie
- odczytuje się wartości $C_M(t_{p2})$ z przebiegu krzywych $C_M(t)$ w co najmniej trzech wybranych momentach czasu miesienia, równomiernie i całkowicie pokrywających się z zakresem wartości t_{p2} , określonych w etapie b) i opisuje się je modelem regresji $C_M(t_{p2})_{pre}$, następnie
- pozyskane dane wykorzystuje się do wyznaczenia wartości $C_F(t_{p2})$ oraz wartości parametrów modelu regresji $C_F(t_{p2})_{pre}$, które dalej wykorzystuje się do wyznaczenia wodochłonności WA_F suplementu błonnikowego, zgodnie z poniższą formułą:

$$WA_F = V_F + P_F,$$

$$\text{gdzie } P_F = -\ln([500 - b \cdot (\varphi_F - c)^2 - d]/500)/a_F.$$

- Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wartości φ_F w etapie a) przyjmuje się w zakresie od 0,03 do 0,20.
- Sposób według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że całkowity rozstęp wartości objętości wody V_W stosowanych w etapie a) i następnie w etapie c) wynosi przynajmniej 10 ml/100 g mieszanki mąki i suplementu.
- Sposób według któregośkolwiek z poprzednich zastrz., **znamienny tym**, że mąkę pszenną zastępuje się mąką modelową, będącą mieszaniną skrobi i glutenu pszennego, korzystnie w proporcji wagowej 80 :15.

Rysunki

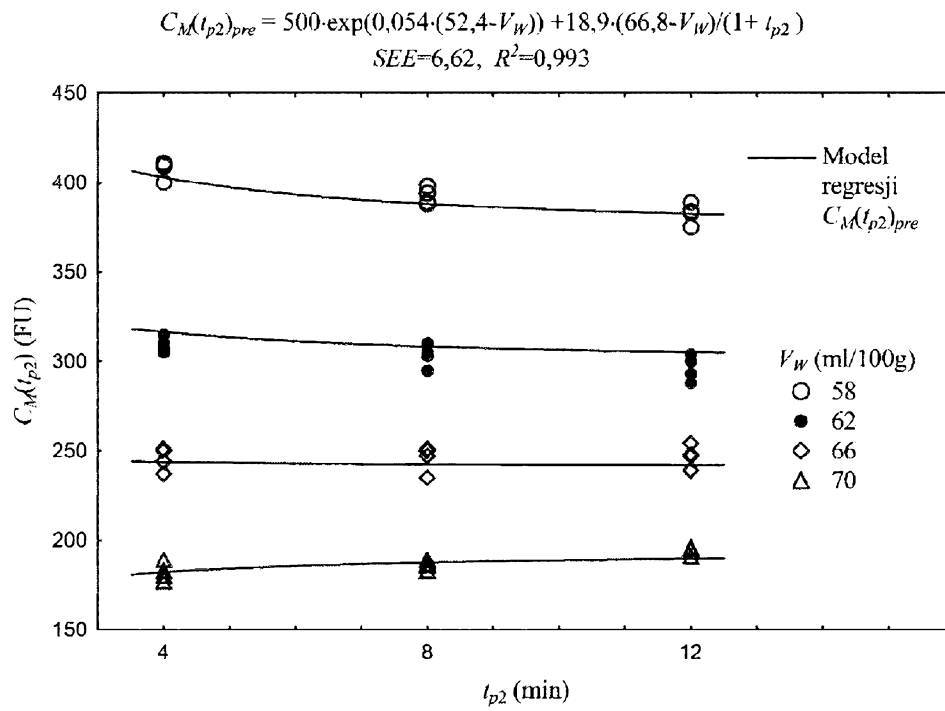


Fig. 1

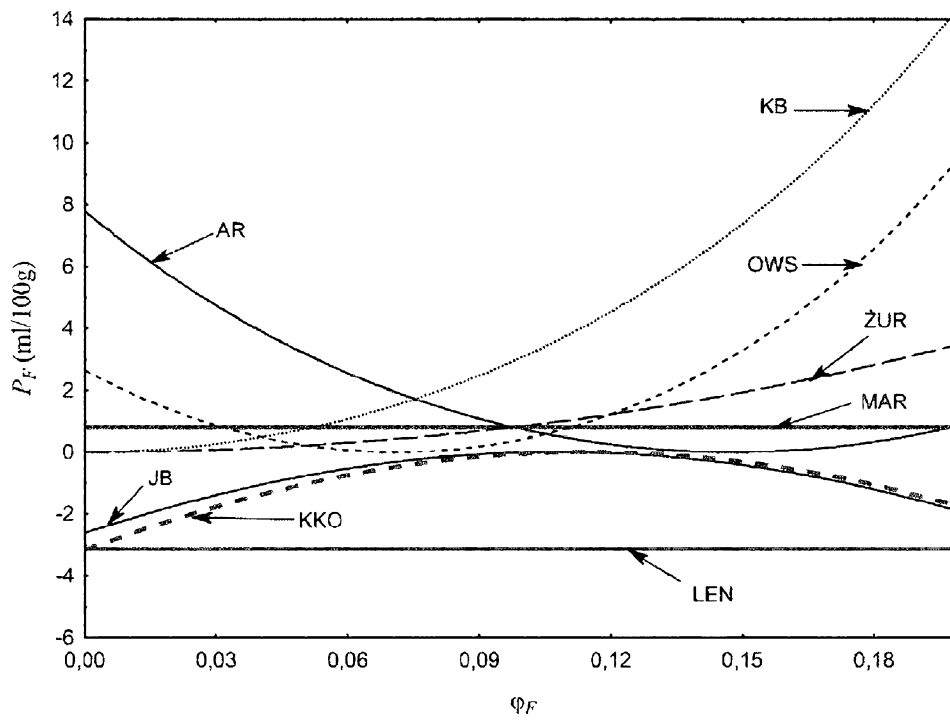


Fig. 2