

JACEK LEWANDOWICZ <sup>1</sup>  
JOANNA LE THANH-BLICHAZ <sup>2</sup>  
JAN JASICZAK <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Przyrodniczych Podstaw Jakości, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

<sup>2</sup> Zakład Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego w Poznaniu

## Ocena możliwości zastosowania skrobi woskowych jako zagęstników sosów typu keczup

### Evaluation of waxy starches as tomato ketchup thickeners

Celem pracy była ocena wpływu skrobi woskowych różnego pochodzenia botanicznego na właściwości reologiczne, teksturę oraz barwę keczupu. Materiał do badań stanowiły natywne skrobie: ziemniaczana, kukurydziana i ryżowa w odmianach zwykłych oraz woskowych. Keczupy przygotowano według receptury zgodnej z Polską Normą z dodatkiem badanych skrobi w stężeniu 3,3%. Zbadano właściwości reologiczne z użyciem reometru RotoVisco1 (Haake), uniwersalny profil tekstury za pomocą testurometru TA.XT2 (Satble Micro Systems) oraz barwę z użyciem kolorymetru CR-300 (Minolta). Stwierdzono, że wszystkie sosy pod względem reologicznym stanowiły płyny nienuwtonowskie, pseudoplastyczne, tiksotropowe z granicą płynięcia. Największą lepkością pozorną cechowały się keczupy z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej oraz ryżowej woskowej, najmniejszą zaś z dodatkiem skrobi kukurydzianej zwykłej oraz ryżowej zwykłej. Największą odporność na obniżenie lepkości w skutek wzrostu temperatury wykazywał keczup z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej. Parametrami uniwersalnego profilu tekstury, które wykazywały największą zmienność w badanych keczupach były twardość, adhezyjność i gumowatość. Najsilniejszymi właściwościami teksturotwórczymi charakteryzowały się skrobie ziemniaczana zwykła oraz kukurydziana woskowa. Barwa keczupów z dodatkiem skrobi kukurydzianych oraz ryżowych różniła się nieznacznie, równocześnie barwa keczupów z dodatkiem skrobi ziemniaczanych była ciemniejsza. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono że skrobia ziemniaczana woskowa cechuje się najkorzystniejszymi właściwościami w produkcji sosów typu keczup.

**Słowa kluczowe:** keczup, skrobia woskowa, tekstura, właściwości reologiczne

The aim of the work was to evaluate the effect of addition of waxy starches of different botanical origin on the rheological properties, texture and color of tomato ketchup. Waxy and normal native starches of potato, corn and rice origin were the experimental material. Tomato ketchups contained 3.3% of investigated starches, and their recipes met the Polish Standard requirements. Rheological

properties were measured using RotoVisco1 rheometer (Haake). Universal texture profile was analyzed using TA.XT2 texturometer (Stable Micro Systems). Color parameters were determined with CR-300 chroma meter (Minolta). It was found that all investigated ketchups were non-Newtonian, pseudoplastic, thixotropic fluids with yield stress. The highest apparent viscosity was recorded for the ketchups containing waxy potato and waxy rice starches. Ketchups with waxy potato starch revealed the lowest loss of viscosity caused by increasing temperature. Universal texture parameters which differed mostly were: hardness, adhesiveness and gumminess. The texture of ketchups was mostly influenced by normal potato and waxy corn starches. Color of ketchups containing corn and rice starches differed slightly, whereas ketchups thickened with potato starches were darkest. It was evidenced that waxy potato starch should be recommended for thickening of tomato ketchup.

**Key words:** rheological properties, texture, tomato ketchup, waxy starch

## WSTĘP

Skrobia jest polisacharydem roślinnym zbudowanym wyłącznie z monomerów D-glukozy połączonych wiązaniami  $\alpha$ -glikozydowymi. Nie jest ona jednak jednorodnym chemicznie związkiem, ponieważ biosynteza cząsteczki skrobi prowadzi do powstania dwóch różnych frakcji: generalnie nierozgałęzionej amylozy (AM) oraz rozgałęzionej amylopektyny (AMP). AM jest zbudowana z relatywnie długich, liniowych łańcuchów anhydroglukozy połączonych w około 99% wiązaniami  $\alpha$ -(1,4) oraz maksymalnie w 1% rozgałęziającymi wiązaniami  $\alpha$ -(1,6) (Varatharajan i in., 2011). Z kolei rozgałęziona struktura AMP wynika z znacznie większej ilości wiązań  $\alpha$ -(1,6), których ilość szacuje się na około 5% (Varatharajan i in., 2011). Masowo AM stanowi najczęściej od 10 do 35% skrobi co jest uzależnione od jej pochodzenia botanicznego (Leszczyński, 2004). Wyjątek stanowią jednak tzw. skrobie woskowe, które w istocie składają się wyłącznie z amylopektyny (Cai i Shi, 2010). Aktualnie dostępne w handlu są skrobie woskowe wyhodowane metoda naturalnej selekcji odmian, pochodzące z: kukurydzy, ziemniaków oraz ryżu (Avebe, 2006). Ponadto zostały zidentyfikowane naturalne mutanty wśród innych gatunków roślin, które zawierają skrobię woskowa m.in. jęczmień, sorgo oraz amarantus (Nakamura i n., 1995; Yoo i Jane, 2002). Do tej pory nie udało się wyhodować za pomocą selekcji odmian pszenicy zawierającej wyłącznie AMP, jednak po raz pierwszy w 1995 roku otrzymano ją metodami biotechnologicznymi (Zhang i in., 2013).

Skrobia jako surowiec wielofunkcyjny, odnawialny, biodegradowalny oraz stosunkowo tani znajduje wiele zastosowań zarówno w produkcji wyrobów przemysłowych, jak i spożywczych (Walkowski i in., 2004), o czym świadczy światowa produkcja skrobi na poziomie około 60 milionów ton (Varatharajan i in., 2010). Jednak wśród polimerów występujących w naturze skrobia charakteryzuje się największym zróżnicowaniem cech fizykochemicznych (Tegge, 2010), podczas gdy każde z jej zastosowań wymaga dokładnie sprecyzowanych właściwości użytkowych. Znaczący wpływ na przydatność technologiczną danej skrobi ma wzajemny stosunek AM i AMP, który silnie wpływa na wiele jej cech funkcjonalnych (Vilaplana i in., 2012). Skrobia kukurydziana woskowa odznacza się szczególnie korzystnymi właściwościami reologicznymi w stosunku do odmiany zwykłej: wyższą lepkością, odpornością na ścinanie oraz retrogradację (Walkowski i in., 2004). Skrobia ziemniaczana woskowa w stosunku do odmiany zwykłej

charakteryzuje się mniejszą lepkością, większą stabilnością, klarownością oraz odpornością na retrogradację (Luo i in., 2009; Huang i in., 2013). Z kolei właściwości reologiczne skrobi ryżowej woskowej są uzależnione od odmiany ryżu, z której pochodzi, czego przyczyną mogą być różnice związane z długością łańcuchów poliglukanowych (Zhu i in., 2010).

Skrobia kukurydziana woskowa, która została dość dobrze scharakteryzowana znajduje zastosowanie w wielu produktach spożywczych. Jednak skrobia ziemniaczana woskowa, która została wprowadzona na rynek dość niedawno, nie została obszernie przebadana. Dlatego celem pracy była ocena wpływu skrobi woskowych różnego pochodzenia botanicznego (kukurydziana, ziemniaczana i ryżowa) na właściwości reologiczne, teksturę oraz barwę keczupu.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły natywne skrobie: ziemniaczana Superior Standard (PPZ Trzemeszno, Polska), ziemniaczana woskowa "Eliane" (Avebe, Holandia), kukurydziana "Maisita 21.000" (Agrana, Austria), kukurydziana woskowa "Maisita 21.007" (Agrana, Austria), ryżowa "Remy DR" (Beneo, Belgia), ryżowa woskowa "Remyline XS" (Beneo, Belgia) i ryżowa woskowa "Remyline AX-DR" (Beneo, Belgia).

Keczupy przygotowywano w dwustugramowych porcjach według następującej receptury zgodnej z Polska Normą (PN-A-86951:2005): 60 g koncentratu pomidorowego ( $30\% \pm 2\%$  SM), 25 g cukru, 12 g octu spirytusowego (10%), 6,5 g skrobi (SM), 3 g soli kuchennej, 0,2 g pieprzu czarnego oraz woda dejonizowana do 200 g. W celu przygotowania sosów wszystkie składniki z wyjątkiem octu naważono z dokładnością do 0,01 g w zlewce o pojemności 400 ml. Następnie umieszczano zlewkę na 15 minut w łaźni wodnej, gdzie temperatura wynosiła 95°C oraz mieszano za pomocą mieszadła mechanicznego R50D (CAT) przy prędkości 150 obr/min. Po ochłodzeniu zawartości zlewki dodawano ocet i uzupełniano odparowaną część wody, a następnie przenoszono do zamykanego pojemnika. Po upływie doby na tak przygotowanych sosach typu keczup wykonywano dalsze analizy. Próby do badań oznaczono następującymi oznaczeniami:

- **Z** — keczup z dodatkiem skrobi ziemniaczanej zwykłej,
- **ZW** — keczup z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej,
- **K** — keczup z dodatkiem skrobi kukurydzianej zwykłej,
- **KW** — keczup z dodatkiem skrobi kukurydzianej woskowej,
- **R** — keczup z dodatkiem skrobi ryżowej zwykłej,
- **RWS** — keczup z dodatkiem skrobi ryżowej woskowej "Remyline XS",
- **RWA** — keczup z dodatkiem skrobi ryżowej woskowej "Remyline AX-DR".

Pomiar właściwości reologicznych wykonano z użyciem reometru RotoVisco1 firmy Haake (Niemcy) z użyciem rotora Z20 DIN oraz urządzenia termostatującego DC30-K10. Próbkę przed pomiarem były relaksowane i termostatowane w cylindrze pomiarowym przez 5 minut. Rejestracji wyników oraz obliczeń dokonywano przy użyciu programu RheoWin 3.40. Wyznaczono:

- krzywe lepkości pozornej w zależności od czasu ścinania w trybie CR przy szybkości ścinania 50 s<sup>-1</sup>, w temperaturze 20°C i czasie 5 min. Otrzymane krzywe opisano funkcją potęgową [ $\eta_p = A \cdot t^B$ ] gdzie:  $\eta_p$  — lepkość pozorna [Pa×s], t — czas [s], A i B — stałe równania.
- krzywe płynięcia przy wzrastającej oraz malejącej szybkości ścinania w zakresie 5-600 s<sup>-1</sup>, w temperaturze 20°C i czasie 4 min. Otrzymane krzywe opisano modelami równań reologicznych: Ostwalda de Waele'a [ $\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$ ] gdzie:  $\tau$  — naprężenie ścinające [Pa], K — współczynnik konsystencji [Pa×s<sup>n</sup>],  $\dot{\gamma}$  — szybkość ścinania [s<sup>-1</sup>], n — wskaźnik płynięcia (wielkość wskazująca na zbieżność z przepływem newtonowskim) oraz Cassona [ $\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + \sqrt{\eta_c} \cdot \sqrt{\dot{\gamma}}$ ] gdzie:  $\tau$  — naprężenie ścinające [Pa],  $\tau_0$  — granica płynięcia [Pa],  $\eta_c$  — lepkość plastyczna Cassona,  $\dot{\gamma}$  — szybkość ścinania [s<sup>-1</sup>].
- krzywe lepkości pozornej w zależności od temperatury w trybie CR przy szybkości ścinania 100 s<sup>-1</sup>, w zakresie temperatur od 16 do 50°C i prędkości ogrzewania 3°C/min.

Otrzymane krzywe opisano równaniem Arrheniusa [ $\eta_p = \eta_{cp} \cdot \exp\left(\frac{E}{R \cdot T}\right)$ ] gdzie:  $\eta_p$  — lepkość pozorna [Pa×s],  $\eta_{cp}$  — stała materiałowa [Pa×s], E — energia aktywacji płynięcia [J/mol], R — stała gazowa [J/K×mol], T — temperatura [K].

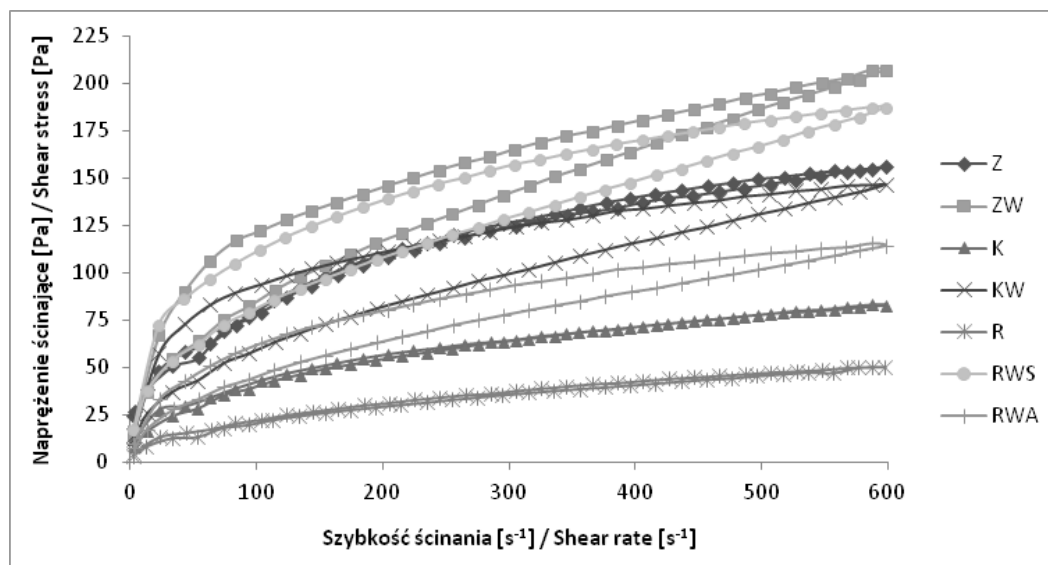
Analizę uniwersalnego profilu tekstury (TPA) wykonano z użyciem teksturometru TA.XT2 firmy Stable Micro Systems (Wielka Brytania). Stosowano aluminiową cylindryczną sondę o średnicy 35 mm. Próbkę były dwukrotnie penetrowane na głębokość 20 mm z prędkością 0,5 mm. Wyznaczono następujące wyróżniki tekstury: twardość (N), adhezyność (N×s), spójność, sprężystość i gumowatość (N). Pomiar wykonano w trzech powtórzeniach a prezentowane wyniki stanowią średnia arytmetyczną.

Pomiar barwy wykonano z użyciem kolorymetru trójchromatycznego CR-300 firmy Minolta (Japonia) w następujących warunkach pomiarowych: obserwator 2°, iluminant C, przestrzeń barw CIE L\*a\*b\*. Pomiar wykonano w trzech powtórzeniach, a prezentowane wyniki stanowią średnią arytmetyczną.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Na właściwości reologiczne keczupu w dużej mierze ma wpływ dodatek substancji zagęszczających oraz ilość i wielkość zawieszonych cząstek stałych (Juszczak i in., 2012). Badania reologiczne pozwalają na dobór odpowiedniej substancji zagęszczającej, co jest istotne ze względu na fakt, iż właściwości reologiczne keczupu stanowią jedno z najważniejszych determinantów decydujących o jakości tego wyrobu (Fortuna i in., 2002). Na rysunku 1 przedstawiono krzywe płynięcia badanych keczupów, z kolei w tabeli 1 podano wartości parametrów równań reologicznych, które zastosowano do ich opisu. Wszystkie badane sosy stanowiły płyny nienewtonowskie, pseudoplastyczne, tiksotropowe z granicą płynięcia, co potwierdza obserwacje innych badaczy (Fortuna i in., 2002; Juszczak i in., 2002; Sharoba i in. 2005; Śmigielska i in., 2013). Wartości naprężeń ścinających przy maksymalnej zdanej szybkości ścinania przyjmowały wartości z zakresu do 50 do 210 Pa. Największe wartości naprężeń ścinających osiągnął keczup z zagęszczoną skrobią ziemniaczaną woskową (ZW), z kolei najmniejsze keczup z dodatkiem skrobi

ryżowej zwykłej (R). Zakres naprężeń ścinających uzyskanych dla wszystkich badanych próbek za wyjątkiem sosów z dodatkiem skrobi zwykłych ryżowej (R) i kukurydzianej (K), był podobny jak otrzymany przez innych badaczy dla wyrobów handlowych. (Juszczak i in., 2002; Śmigielska i Lewandowicz, 2013). Ze względu na pochodzenie botaniczne keczupy zagęszczone skrobiami woskowymi charakteryzowały się wyższymi wartościami naprężeń ścinających w stosunku do skrobi zwykłych. Ponadto keczupy z dodatkiem skrobi woskowych cechowały się znacznie większymi polami pętli histerezy tiksotropii, co z kolei jest niekorzystne i świadczy o braku stabilizacji właściwości reologicznych produktu (Sikora i in., 2011).



Rys. 1. Krzywe płynięcia badanych keczupów  
Fig. 1. Flow curves of analyzed ketchups

Modele równań reologicznych zastosowane do opisu krzywych płynięcia wykazywały bardzo dobre dopasowanie do danych eksperymentalnych (tab. 1). Współczynnik konsystencji (K) w modelu Ostwalda de Waele'a przyjmował wartości z zakresu od 2,72 do 28,58 Pa. Analogicznie jak w przypadku naprężeń ścinających, wartości współczynnika konsystencji dla wszystkich sosów za wyjątkiem zagęszczonych zwykłymi skrobiami ryżową oraz kukurydzianą, przyjmowały podobne wartości do produktów handlowych, których wartości mieściły się w zakresie od 10,88 do 28,86 Pa (Śmigielska i Lewandowicz, 2013). Podobna zależność jednak nie została zaobserwowana dla wskaźnika płynięcia ( $n$ ) bądź lepkości plastycznej Cassona ( $\eta_c$ ), których wartości były zazwyczaj wyższe w przypadku produktów handlowych (Śmigielska i Lewandowicz, 2013). Różnice te mogą wynikać z faktu że do zagęszczania keczupów handlowych najczęściej wykorzystywane są skrobie modyfikowane. Zarówno współczynnik konsystencji w modelu Ostwalda de Waele'a, jak i lepkość plastyczna Cassona dość dobrze opisywały

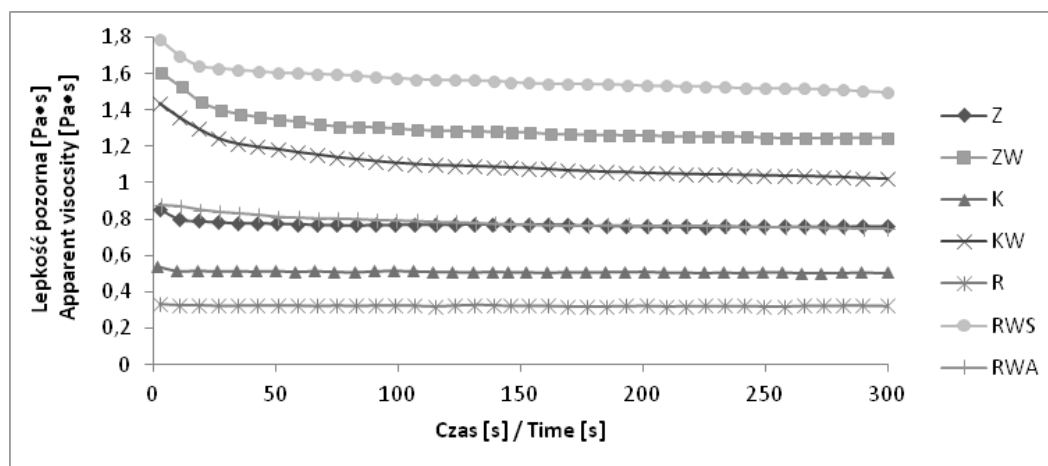
charakterystykę płynięcia badanych keczupów. Przykładowo dla keczupu z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej oraz ryżowej zwykłej, które charakteryzował się skrajnymi wartościami naprężeń ścinających, wyliczona wartość  $\eta_c$  była odpowiednio najwyższa i najniższa. Podobna zależność dotyczyła wartości  $K$ , która co prawda była nieznacznie wyższa dla keczupu z dodatkiem skrobi Remyline WS jednak przebieg tej krzywej niewiele różnił się od keczupu z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej.

Tabela 1

**Wartości parametrów modeli reologicznych, którymi opisano krzywe płynięcia**  
**Values of rheological model parameters used to describe flow curves**

Keczup Ketchup	Model Ostwalda de Waele'a Ostwald de Waele model			Model Cassona Casson model			Tiksotropia Thixotropy [Pa/s]
	K [Pa×s <sup>n</sup> ]	n	R <sup>2</sup>	$\tau_0$ [Pa]	$\eta_c$ [Pa×s]	R <sup>2</sup>	
<b>Z</b>	13,82	0,3677	0,9971	36,65	0,06428	0,9869	-806
<b>ZW</b>	27,13	0,3168	0,9973	63,16	0,07434	0,9782	12360
<b>K</b>	8,77	0,3499	0,9854	22,23	0,03404	0,9820	932
<b>KW</b>	25,84	0,2735	0,9972	54,19	0,04266	0,9690	13030
<b>R</b>	2,72	0,4562	0,9981	8,76	0,03014	0,9936	1047
<b>RWS</b>	28,58	0,2961	0,9989	63,47	0,06167	0,9783	13760
<b>RWA</b>	11,71	0,3611	0,9985	30,42	0,05127	0,9800	7460

Podobnie jak w przypadku innych zawiesin keczup nie jest płynem stabilnym reologicznie, a jego lepkość zależy od czasu ścinania (Juszczak i in., 2012). Na rysunku 2 przedstawiono krzywe zależności lepkości pozornej od czasu badanych keczupów.



**Rys. 2. Krzywe zależności lepkości pozornej od czasu ścinania**  
**Fig. 2. Apparent viscosity versus shear time curves**

Wartości lepkości pozornej keczupów otrzymane przy wyznaczaniu krzywych płynięcia są tożsame z wynikami otrzymanymi przy stałej szybkości ścinania. Aczkolwiek przy stosunkowo niskiej szybkości ścinania  $50 \text{ s}^{-1}$  keczup zagęszczony skrobią Remyline

xs charakteryzował się wyższą lepkością w stosunku do keczupu z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej, co widoczne jest również przy niższych szybkościach ścinania na rysunku 1. Wszystkie badane sosy były rozrzedzane ścinaniem, a sosy z dodatkiem skrobi woskowych cechował znaczny spadek lepkości w pierwszej minucie ścinania. Z kolei sosy zagęszczone skrobiami zwykłymi niemal natychmiast osiągały lepkość równowagową. Różnice te znajdują także odzwierciedlenie na krzywych płynięcia gdzie jak wspomniano keczupy z dodatkiem skrobi woskowych cechowały się znacznie większymi pętlami histerezy tiksotropii.

Równanie potęgowe zastosowane do opisu krzywych zależności lepkości pozornej od czasu badanych keczupów (tab. 2) wykazywało: bardzo dobre dopasowanie do danych eksperymentalnych w przypadku keczupów z dodatkiem skrobi woskowych, dobre dla ziemniaczanej zwykłej i zadowalające dla ryżowej i kukurydzianej zwykłej. Gorsze dopasowanie w przypadku keczupów z dodatkiem skrobi zwykłych wynika z przebiegu krzywych, których lepkość nieznacznie zmalała w czasie. Jednakże zarówno modele liniowy oraz constans, nie zapewniały wyższej wartości współczynnika determinacji ( $R^2$ ). Znaczny spadek lepkości keczupów z dodatkiem skrobi woskowych został bardzo dobrze odwzorowany za pomocą współczynnika B, który przyjmował wartości z zakresu od -0,03176 do -0,08381, a dla keczupów zagęszczonych skrobiami zwykłymi od -0,00482 do -0,01313. Wartości lepkości pozornej zostały dobrze przedstawione w postaci współczynnika A, który informuje o początkowej lepkości układu.

Tabela 2

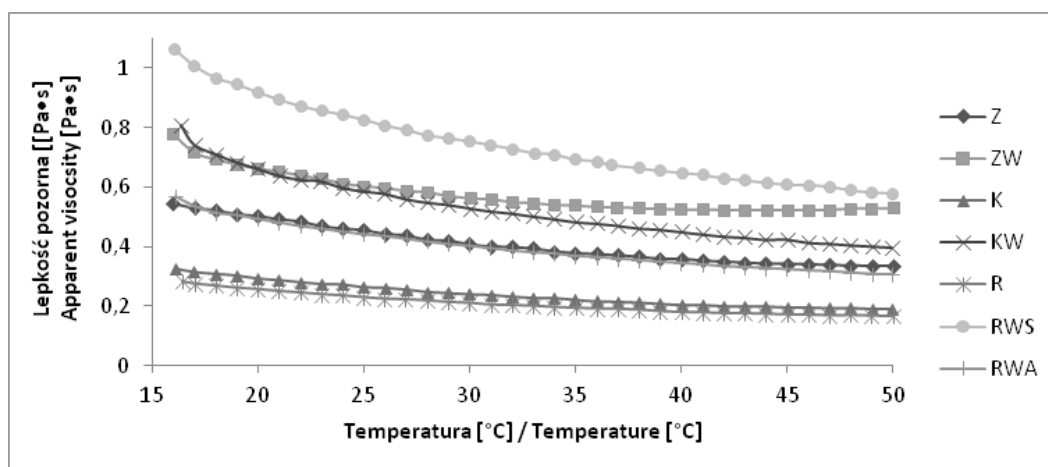
**Wartości parametrów równania potęgowego, którymi opisano zmianę lepkości pozornej w czasie**  
**Values of exponential equation parameters used to describe changes in apparent viscosity over time**

Keczup — Ketchup	A	B	$R^2$
Z	0,822	-0,01313	0,8192
ZW	1,713	-0,05808	0,9790
K	0,529	-0,00745	0,7017
KW	1,644	-0,08381	0,9948
R	0,332	-0,00482	0,6488
RWS	1,821	-0,03176	0,9794
RWA	0,961	-0,04223	0,9862

Temperatura ma znaczący wpływ na lepkość płynów, wraz ze wzrostem temperatury rośnie energia jaka jest dostarczana do próbki, wskutek czego oddziaływania oraz tarcie międzycząsteczkowe podczas płynięcia jest zmniejszone (Juszczak i in., 2012). Ma to szczególnie znacznie dla konsumentów, ponieważ keczup którego lepkość znacząco spada wraz ze wzrostem temperatury będzie spływał z ciepłych potraw. Na rysunku 3 przedstawiono zależność lepkości od temperatury badanych keczupów, z kolei w tabeli 3 podano wartości parametrów równania Arrheniusa zastosowanego do ich opisu. Wykazywało ono bardzo dobre dopasowanie do danych eksperymentalnych  $R^2 > 0,9860$ .

Próbki o najniższej lepkości (z dodatkiem skrobi kukurydzianej i ryżowej zwykłej) charakteryzowały się podobnym obrazem na wykresie zależności lepkości od temperatury, co znalazło odzwierciedlenie w nieznacznie różniących się parametrach równania Arrheniusa. Podobna zależność dotyczyła keczupów zagęszczonych skrobią ziemniaczaną

oraz ryżową woskową (Remyline AX-DR). Największy spadek lepkości zaobserwowano dla keczupów z dodatkiem skrobi ryżowej woskowej (Remyline XS) oraz kukurydzianej woskowej. W przypadku tego ostatniego w początkowym zakresie temperatur (16–22°C) jego lepkość była zbliżona do keczupu z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej, jednak wraz z dalszym wzrostem temperatury różnica w ich lepkości rosła. Szczególnie ciekawa zależność jest widoczna dla keczupu z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej, ponieważ powyżej temperatury 35°C jego lepkość praktycznie była stała. Ponadto w końcowym etapie eksperymentu przy temperaturze 50°C zrównała się z najbardziej lepkiem keczupem z dodatkiem skrobi ryżowej woskowej Remyline XS. Odzworowaniem tego jest znacznie wyższa energii aktywacji płynięcia w porównaniu do pozostałych sosów (tab. 3).



Rys. 3. Krzywe zależności lepkości pozornej od temperatury  
Fig. 3. Apparent viscosity versus temperature curves

Tabela 3

Wartości parametrów równania Arrhenius  
Values of Arrhenius equation parameters

Keczup — Ketchup	$\eta_{sp}$ [Pa·s]	E [J/mol]	R <sup>2</sup>
Z	0,2651	104,2	0,9868
ZW	0,4240	176,5	0,9914
K	0,1501	110,1	0,9860
KW	0,3056	129,5	0,9927
R	0,1310	110,0	0,9893
RWS	0,4643	113,2	0,9909
RWA	0,2440	116,4	0,9875

Parametry uniwersalnego profilu tekstury (TPA), w którego skład wchodzi: twardość, adhezyjność, spójność, sprężystość i gumowatość zastawiono w tabeli 4. Największe różnicowanie zaobserwowano dla parametrów twardości, adhezyjności oraz gumowatości co jest typowe dla tego rodzaju produktów (Śmigielska i in., 2012; Śmigielska i Lewandowicz, 2013). Najwyższe wartości tych parametrów charakteryzowały keczup z dodatkiem skrobi



ziemniaczanej zwykłej, który cechował się umiarkowaną lepkością a badaniach reologicznych. Kolejny, jednak z istotnie niższymi parametrami był keczup z dodatkiem skrobi Remyline XS. Najniższymi wartościami TPA cechowały się keczup z dodatkiem skrobi ryżowej zwykłej oraz woskowej (Remyline AX-DR). Za wyjątkiem adhezyjności parametry profilu tekstury keczupów z dodatkiem obu skrobi kukurydzianych nie różniły się statystycznie istotnie. Zaobserwowano też ciekawą zależność znacznego wzrostu adhezyjności w stosunku do twardości keczupów, co jest spowodowane różnicą w sposobie pomiaru tych wielkości. Badania uniwersalnego profilu tekstury keczupów nie dostarczy tożsamyh wyników z badaniami reologicznymi. Świadczy to o konieczności przeprowadzania obu badań w celu uzyskania pełnej informacji o konsystencji produktu jakim jest keczup.

Tabela 4

**Wartości parametrów profilu tekstury**  
**Values of texture profile parameters**

Keczup Ketchup	Twardość [N] Hardness [N]	Adhezyjność [N×s] Adhesiveness [N×s]	Spójność Cohesiveness	Sprężystość Springiness	Gumowatość [N] Gumminess [N]
<b>Z</b>	0,78 ± 0,02	-4,05 ± 0,09	0,80 ± 0,01ab	0,97 ± 0,01a	0,62 ± 0,02
<b>ZW</b>	0,56 ± 0,00	-1,50 ± 0,15	0,81 ± 0,01ab	1,00 ± 0,00bcd	0,45 ± 0,01
<b>K</b>	0,53 ± 0,01a	-0,78 ± 0,05	0,80 ± 0,00ab	0,99 ± 0,01abef	0,42 ± 0,00a
<b>KW</b>	0,52 ± 0,01a	-1,12 ± 0,15	0,80 ± 0,03ab	1,01 ± 0,01cdfg	0,42 ± 0,01a
<b>R</b>	0,40 ± 0,01	-0,02 ± 0,01a	0,76 ± 0,00c	0,98 ± 0,01abe	0,30 ± 0,00
<b>RWS</b>	0,64 ± 0,00	-3,12 ± 0,16	0,83 ± 0,01a	1,03 ± 0,02g	0,53 ± 0,01
<b>RWA</b>	0,44 ± 0,01	-0,30 ± 0,05a	0,78 ± 0,01bc	1,00 ± 0,00ed	0,34 ± 0,00

Objaśnienia: wartości oznaczone tą samą literą (w kolumnie) nie różnią się statystycznie istotnie ( $p > 0,05$ )  
 Explanatory notes: values marked with the same letter (in the column) do not significantly differ ( $p > 0,05$ )

Barwa jest jedną z najważniejszych cech jakościowych żywności, szczególnie w przypadku takiego produktu jak keczup, ponieważ wielu konsumentów utożsamia intensywność barwy keczupu z zawartością pomidorów (Śmigielska i Lewandowicz, 2013). Jednak wpływ na barwę keczupu ma wiele czynników, jednym z nich może być dodatek substancji zagęszczającej. W tabeli 5 zestawiono składowe barwy keczupów w systemie CIE  $L^*a^*b^*$ . Największa obliczona ogólna różnica barwy ( $\Delta E$ ) wynosiła 2,70 i wstępowała między keczupami K i ZW. Jednak  $\Delta E$  na takim poziomie jest zauważalna wyłącznie gdy produkty sąsiadują ze sobą. Sosami o największych różnicach w wartościach wszystkich składowych barwy były kolejno: ZW, Z i RWS. Barwa pozostałych sosów różniła się w stopniu niezauważalnym dla potencjalnego konsumenta, a maksymalna wartość  $\Delta E$  między nimi wynosiła poniżej 0,4. Niższe wartości czerwonej ( $a^+$ ) oraz żółtej ( $b^+$ ) składowej barwy w keczupach ZW, Z i RWS w głównej mierze mogły wynikać z niższej jasności (L) tych sosów, co wynika z budowy przestrzeni barw CIE  $L^*a^*b^*$ .

**Wartości parametrów barwy w systemie CIE L\*a\*b\***  
**Values of color components in CIE L\*a\*B\* system**

Keczap — Ketchup	L	a(+)	b(+)
<b>Z</b>	34,37 ± 0,02a	13,53 ± 0,02	8,07 ± 0,03
<b>ZW</b>	33,91 ± 0,02	12,73 ± 0,09	7,49 ± 0,02
<b>K</b>	35,28 ± 0,02	14,29 ± 0,03ab	9,22 ± 0,04
<b>KW</b>	35,08 ± 0,01b	14,32 ± 0,02a	8,97 ± 0,01a
<b>R</b>	35,01 ± 0,01c	14,53 ± 0,02	9,07 ± 0,01
<b>RWS</b>	34,36 ± 0,03a	14,09 ± 0,04c	8,52 ± 0,02
<b>RWA</b>	35,04 ± 0,04bc	14,16 ± 0,07bc	8,94 ± 0,02a

Objaśnienia: wartości oznaczone tą samą literą (w kolumnie) nie różnią się statystycznie istotnie ( $p > 0,05$ )  
 Explanatory notes: values marked with the same letter (in the column) do not significantly differ ( $p > 0,05$ )

## WNIOSKI

Keczupy wyprodukowane z dodatkiem skrobi zwykłych oraz woskowych różnego pochodzenia botanicznego cechują się odmienną charakterystyką reologiczną. Lepkość sosów z dodatkiem skrobi woskowych w stosunku do zwykłych pochodzących z tego samego gatunku roślin jest znacznie wyższa, niezależnie od szybkości i czasu ścinania oraz temperatury. Najsilniejszymi właściwościami teksturotwórczymi w tego typu sosach cechują się skrobie ziemniaczane zwykła oraz woskowa i skrobia ryżowa woskowa Remyline XS. Wpływ rodzaju zastosowanej skrobi na barwę zagęszczanego keczupu jest stosunkowo niewielki, jednak skrobie o silniejszych właściwościach teksturotwórczych obniżały jasność keczupu. Z ekonomicznego punktu widzenia skrobia ziemniaczana woskowa oraz ziemniaczana zwykła powinny być rekomendowane do zgęszczania sosów typu keczup.

## LITERATURA

- Avebe. 2006. Eliane™ The New Waxy Potato Starch of Avebe. Detmold. <http://www.agfdt.de/loads/st06/semeiabb.pdf> (dostęp: 01.03.2014).
- Cai L., Shi Y. C. 2010. Structure and digestibility of crystalline short-chain amylose from debranched waxy wheat, waxy maize and waxy potato starches. *Carbohydr. Polym.* 79: 1117 — 1123.
- Huang J., Chen Z., Xu Y., Li H., Liu S., Yang D., Schols H. A. 2014. Comparison of waxy and normal potato starch remaining granules after chemical surface gelatinization: Pasting behavior and surface morphology. *Carbohydr. Polym.* 102: 1001 — 1007.
- Juszczak L., Fortuna T., Maziarz M. 2002. Wybrane właściwości reologiczne keczupów handlowych. *Żywn.-Nauk. Technol.* 1 (30): 88 — 98.
- Juszczak L., Oczadły Z., Gałkowska D. 2012. Effect of Modified Starches on Rheological Properties of Ketchup. *Food Bioprocess Technol.* DOI 10.1007/s11947-012-0813-x.
- Leszczyński W. 2004. Skrobia — surowiec przemysłowy, budowa i właściwości. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 500: 69 — 99.
- Luo F. X., Huang Q., Xiong F., Zhang L. X., Yu S.J. 2009. Preparation and characterisation of crosslinked waxy potato starch. *Food Chem.* 115: 563 — 568.
- Nakamura T., Yamamori M., Hirano H., Hidaka S., Nagamine T. 1995. Production of waxy (amylose-free) wheats. *Mol. Gen. Genet.* 248: 253 — 259.
- Sharoba A. M., Senge B., El-Mansy A., Bahlol H.EIM., Blochwitz R. 2005. Chemical, sensory and rheological properties of some commercial German and Egyptian tomato ketchups. *Eur. Food Res. Technol.* 220: 142 — 151.

- Sikora M., Adamczyk G., Krystijan M. 2011. Tiksotropia miarą niestabilności ciekłych produktów żywnościowych. *Żywn-Nauk. Technol.* 1 (74): 5 — 14.
- Śmigielska H., Lewandowicz J. 2013. Quality determinants of tomato ketchups available on Polish market, In: Błaszczyk A. (ed.). *Innovations and product quality*. Poznan University of Economics. Poznań. (w druku)
- Śmigielska H., Lewandowicz J., Le Thanh-Blicharz J. 2013. Wpływ skrobi odpornej typu RS4 na barwę i właściwości reologiczne keczupu. *Żywn-Nauk. Technol.* 2 (87): 137 — 149.
- Tegge G. 2010. Skrobia i jej pochodne. *Polskie Towarzystwo Technologów Żywności Oddział Małopolski*. Kraków.
- Varatharajan V., Hoover R., Li J., Vasanthan T., Nantanga K. K. M., Seetharaman K., Liu Q., Donner E., Jaiswal S., Chibbar R. N. 2011. Impact of structural changes due to heat-moisture treatment at different temperatures on the susceptibility of normal and waxy potato starches towards hydrolysis by porcine pancreatic alpha amylase. *Food Res. Int.* 44: 2594 — 2606.
- Varatharajan V., Hoover R., Liu Q., Seetharaman K. 2010. The impact of heat-moisture treatment on the molecular structure and physicochemical properties of normal and waxy potato starch. *Carbohydr. Polym.* 81: 466 — 475.
- Vilaplana F., Hasjim J., Gilbert R. G. 2012. Amylose content in starches: Toward optimal definition and validating experimental methods. *Carbohydr. Polym.* 88: 103 — 111.
- Walkowski A., Lewandowicz G., Balcerk W., Szymańska G., Voelkel E. 2004. Właściwości użytkowe wysokoamylopektynowej skrobi ziemniaczanej oraz preparatów z niej wytworzonych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 500: 513 — 524.
- Yoo S. H., Jane J. L. 2002. Structural and physical characteristics of waxy and other wheat starches. *Carbohydr. Polym.* 49: 297 — 305.
- Zhang H., Zhang W., Xu C., Zhou X. 2013. Morphological features and physicochemical properties of waxy wheat starch. *Int. J. Biol. Macromol.* 62: 304 — 309.
- Zhu L.J., Liu, Q.Q., Sang Y., Gu M. H., Shi Y.C. 2010. Underlying reasons for waxy rice flours having different pasting properties. *Food Chem.* 120: 94 — 100.