

MAREK SIKORA

## **TEMPEROMIERZ – URZĄDZENIE DO POMIARU STOPNIA STEMPEROWANIA MAS CZEKOLADOWYCH**

### Streszczenie

Zaprezentowano stosunkowo mało rozpowszechnione w Polsce urządzenie, służące do pomiaru stemperowania mas czekoladowych. Przedstawiono sposób posługiwania się nim oraz teoretyczne podstawy kalorymetrii, wyjaśniające zasady jego działania. Podano także krzywe wzorcowe, służące do szybkiej oceny wyniku kontroli procesu stemperowania.

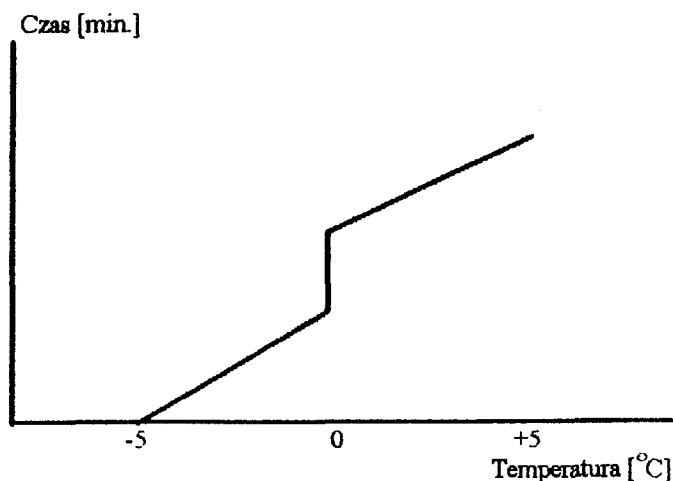
Temperomierz pozwala na oznaczenie w ciągu kilku minut stopnia stemperowania mas czekoladowych za pomocą prostego pomiaru. W tym celu umieszcza się małą próbkę stemperowanej masy czekoladowej w specjalnej, metalowej próbownicy. Następnie próbkę chłodzi się za pomocą mieszaniny wody z lodem i jednocześnie rejestruje się krzywą chłodzenia tej próbki. Przebieg krzywej pozwala na określenie względnej ilości ciepła krystalizacji, wydzielonego w trakcie chłodzenia próbki. Ilość ciepła, które wydziela się w trakcie krystalizacji tłuszczu kakaowego w badanej, za pomocą opisywanego aparatu, masie czekoladowej, uzależniona jest od ilości ciepła już wydzielonego w czasie wstępnej krystalizacji tłuszczu (w czasie tworzenia się zarodków krystalizacji), czyli w procesie stemperowania. Jeżeli otrzymana za pomocą temperomierza krzywa chłodzenia wykazuje odchylenia od stemperowania idealnego, to za pomocą odpowiedniej korekty parametrów temperówki można ponownie stemperować masę w sposób optymalny. Umożliwia to pracę w trakcie całego procesu produkcji, przy prawie stałym stopniu stemperowania mas czekoladowych, a co za tym idzie przy ich stałej lepkości.

Wiadomo, iż utrzymanie stałej lepkości w trakcie produkcji pozwala na zastosowanie, przy oblewaniu stałej grubości skorupy kuwertury, stałej masy produktów finalnych i jednakowego czasu chłodzenia. Tak więc, oprócz polepszenia aspektu wizualnego produktu, kontrola stopnia stemperowania pozwala na zoptymalizowanie

zużycia masy czekoladowej.

W celu zrozumienia zasady działania przyrządu, należy podać kilka informacji na temat topienia i krystalizacji.

Jeżeli wprowadza się ciepło w sposób ciągły do pewnej ilości lodu o temperaturze  $-5^{\circ}\text{C}$ , to lód ogrzewa się, ale tylko do temperatury  $0^{\circ}\text{C}$ . Następnie zaczyna on topnieć i całkowita ilość wprowadzonego ciepła jest zużyta na stopienie lodu. Dopiero kiedy lód w całej masie stopnieje, temperatura zaczyna się podnosić. Procesy te przedstawiono schematycznie na rys. 1.



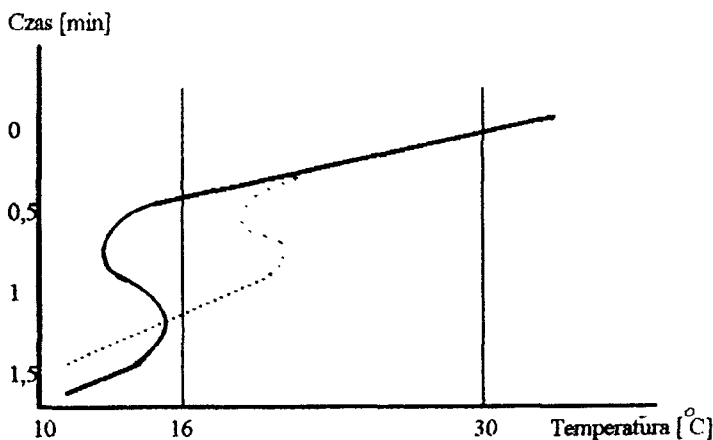
Rys. 1.

Zrozumiałym zatem jest fakt, że w trakcie przeprowadzania procesu odwrotnego, tzn. krystalizacji jakiejś substancji, ciepło się wydziela i to w tej samej ilości, w jakiej zostało pochłonięte w celu stopienia tej substancji. Ciepło topienia i ciepło krystalizacji wody wynosi  $80\text{ kcal/kg}$  i odpowiednio  $36\text{ kcal/kg}$  dla tłuszczu kakaowego.

Jeżeli ponownie posługując się rys. 1, rozpatrzmy proces odwrotny, tzn. ochłodzenie, to otrzymamy następujące zjawiska. Próbkę wody o temperaturze  $+5^{\circ}\text{C}$  początkowo jest ochładzana w sposób ciągły. Jej temperatura spada równomiernie do  $0^{\circ}\text{C}$ , a następnie utrzymuje się w tej temperaturze aż do momentu, w którym cała ilość wody przejdzie w stan stały i dopiero wtedy temperatura próbki zaczyna spadać poniżej  $0^{\circ}\text{C}$ . W trakcie zamrażania wody cała ilość ciepła uwolnionego stanowi tzw. ciepło krystalizacji, które wydziela się z badanej próbki. Tego rodzaju przebieg krzy-

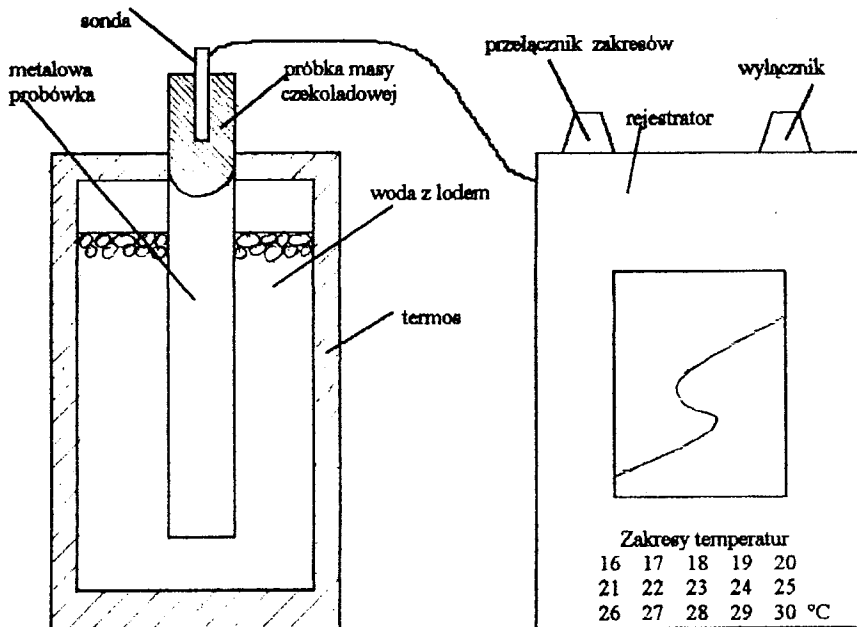
wej chłodzenia jest jednakże charakterystyczny tylko dla substancji o wyraźnym punkcie krzepnięcia, do których należy m.in. woda.

W przypadku czekolady proces ten przebiega inaczej. Tłuszcz kakaowy będący mieszaniną trójglicerydów o różnym punkcie topnienia powoduje, że czekolada wyprodukowana z jego udziałem nie posiada wyraźnego punktu topnienia, lecz pewien zakres temperatur, w którym przechodzi ze stanu stałego w ciekły. W trakcie schładzania masy czekoladowej ujawnia się również inna charakterystyczna cecha tłuszczu kakaowego. Mianowicie, mimo wytworzonych już w trakcie temperowania zarodków krystalizacji, należy go znacznie ochłodzić, zanim całkowicie wykryształizuje. W zakresie temperatury topnienia formy krystalicznej beta, około  $34^{\circ}\text{C}$ , tłuszcz jest ciekły w całej swojej objętości. Temperaturę tę potraktujemy jako wyjściową do dalszych rozważań. Przy ochładzaniu początek krystalizacji obserwuje się dopiero po spadku temperatury poniżej  $20^{\circ}\text{C}$ , przy czym na skutek silnego przechłodzenia zachodzi ona bardzo szybko. W trakcie tego gwałtownego krzepnięcia uwalnia się całe ciepło krystalizacji, co w konsekwencji powoduje podgrzanie tłuszczu kakaowego o kilka stopni. W tym przypadku krzywa chłodzenia ma przebieg taki jak pokazano na rys. 2. Analizując ten wykres, obserwuje się znaczny spadek krzywej do niskich wartości temperatury, zanim nastąpi przejście w stan stały, następnie bardzo silne przegięcie krzywej, będące wynikiem ogrzewania mieszaniny na skutek wydzielenia ciepła krystalizacji. Po zakończeniu krystalizacji następuje ponowne przegięcie krzywej i dalszy spadek temperatury. Za pomocą omawianego aparatu rejestruje się tylko początkową fazę procesu, ponieważ krystalizacja tłuszczu kakaowego zachodzi w temperaturze niższej od zakresów pomiarowych urządzenia. Natomiast w przypadku

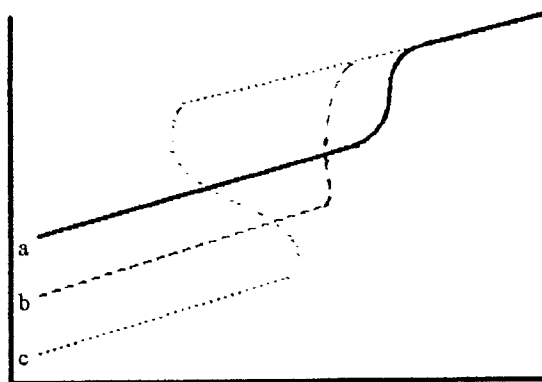


Rys. 2.

masy czekoladowej po temperowaniu, zawierającej pewną ilość zarodków krystalizacji otrzymuje się podobną krzywą (wykropkowaną na rys. 2), lecz może ona być już zarejestrowana przez aparat, ponieważ krystalizacja zachodzi wcześniej, wydzielone ciepło krystalizacji jest mniejsze i czas krzepnięcia jest krótszy.



Rys. 3.



Rys. 4.

Urządzenie przedstawione na rys. 3 składa się z dwóch podstawowych elementów – metalowej probówki na próbkę, umieszczaną w termosie chłodzącym oraz z rejestratora. Dolną część probówki zanurza się w wodzie z lodem, zawartymi w termosie. Stemperowaną masę czekoladową do badania wprowadza się do części górnej, wewnątrz masy, pośrodku umieszcza się sondę termiczną, impulsy termiczne są przekazywane do urządzenia pomiarowego, umieszczonego w rejestratorze. Taśma papierowa rejestratora przesuwa się w sposób ciągły z jednakową prędkością, aparat zaopatrzone jest w podziałkę temperaturową w czterech zakresach, po pięć stopni każdy, a całkowity zakres pomiaru rozciąga się od 16°C do 30°C.

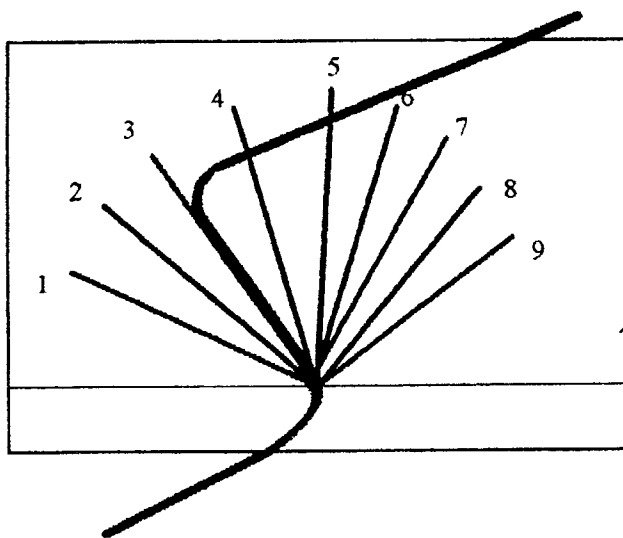
Na rys. 4 przedstawiono trzy krzywe chłodzenia tej samej masy czekoladowej, o różnym stopniu wykrywania tłuszczu kakaowego. Krzywa „a” odpowiada masie, w której spora część tłuszczu przeszła w stan stały, czyli masa ta zawiera dużo zarodków krystalizacyjnych. W efekcie krystalizacja tłuszczu kakaowego w tej masie zachodzi stosunkowo wcześniej tzn. przy dość wysokiej temperaturze. Ponieważ masa ta zawiera dużo kryształów, wyzwolone przez nią, w trakcie pomiaru, ciepło krystalizacji jest niewielkie. Krótki, prosty odcinek krzywej „a” w początkowej fazie pomiaru oznacza szybką krystalizację, w stosunkowo wysokiej temperaturze, następujące po nim niewielkie wygięcie znamionuje wydzielenie nieznacznej ilości ciepła krystalizacji, które w poważnym stopniu jest kompensowane przez wodę z lodem, natomiast długi, prosty, końcowy odcinek krzywej jest skutkiem szybkiego opadania temperatury, wykrywanej w całości masy. Krzywą chłodzenia „c” otrzymuje się w wyniku badania masy o małej ilości kryształów. Mała ilość zarodków krystalizacji wymaga dużego ochłodzenia masy, aby krystalizacja właściwa mogła nastąpić. Ponieważ jest to masa źle stemperowana (niestemperowana), zawierająca jeszcze dużą ilość fazy ciekłej tłuszczu, dlatego ilość wydzielonego ciepła krystalizacji jest porównywalnie duża. Ciepło to powoduje znaczne ogrzanie masy, ponieważ tylko niewielka jego część może być skompensowana przez wodę z lodem i dlatego na krzywej chłodzenia „c” obserwuje się bardzo silne przegięcie.

Wykres krzywej chłodzenia masy czekoladowej dobrze stemperowanej (krzywa „b”) mieści się pomiędzy wykresami krzywych chłodzenia mas nietemperowanej i przetemperowanej. Jednocześnie obserwuje się, że odcinek zawarty między jej punktami przegięcia jest najbardziej zbliżony do pionu.

Przebieg krzywej chłodzenia badanej masy czekoladowej pozwala wyciągnąć wnioski na temat stopnia jej stemperowania. Przy analizie krzywych badanych mas należy zwracać uwagę na dwa aspekty. Pierwszym z nich jest temperatura badanej masy przy rozpoczęciu krystalizacji właściwej, która uzależniona jest od ilości kryształów, zawartych w masie przed dokonaniem pomiaru. Tak więc parametr ten uzależniony jest od stopnia stemperowania masy czekoladowej. Oczywiście temperatura początku krystalizacji zależy również od rodzaju masy. Inna jest dla mas mlecznych a

inna dla mas naturalnych. Wpływ na nią ma również zróżnicowana zawartość tłuszczu w masie.

Drugą ważną charakterystyką, otrzymaną za pomocą temperomierza jest sposób przegięcia krzywych chłodzenia. W celu zinterpretowania tych przegięć w sposób właściwy, urządzenie zaopatrzone we wzorec krzywych chłodzenia, przedstawiony na rys. 5, pozwalający na stopniowanie wyników pracy temperówki.



Rys. 5.

Opisane urządzenie jest szczególnie wykorzystywane przy kontroli produkcji figurek czekoladowych, gdzie stopień stemperowania, a co za tym idzie lepkość masy czekoladowej mają decydujące znaczenie przy otrzymaniu produktów najwyższej jakości.

Autor tego artykułu miał możliwość zapoznania się i pracy z tym urządzeniem w fabryce figurek czekoladowych Chocometz w Metz w Francji, należącej do Terry's Group.

W Polsce aparat ten jest mało rozpowszechniony, wykorzystywany jest do kontroli produkcji w ZPC „Wawel” w Krakowie oraz w kilku innych zakładach cukierniczych.

## S u m m a r y

Relatively little propagated in Poland apparatus for measurement of the tempering process degree of chocolate masses was presented. Method of use and theoretical background of calorimetry, explaining its principle of work was given. The model curves for quick estimation of results of the tempering process control were shown. ☒