

Maria Szpakowska*
Elwira Tymoszuk**

Wybrane aspekty oceny jakości produktów żywnościowych

Wstęp

Jakość produktów żywnościowych jest bardzo ważna dla konsumentów, gdyż wpływa na ich zdrowie, a także decyduje o walorach smakowych. Opracowanych jest wiele metod oceny jakości takich produktów. Są to metody organoleptyczne i instrumentalne. Te ostatnie są jednak kosztowne i pracochłonne. Najważniejszą cechą jakościową produktów żywnościowych są walory smakowe. Ocenia się je głównie metodami organoleptycznymi: analizą sensoryczną lub oceną organoleptyczną. Metody te nie są kosztowne, lecz jednak niezbyt obiektywne.

W ostatnich latach prowadzi się intensywne badania nad sensorami smaku, które mogą oceniać bardziej obiektywnie tę cechę jakościową produktu żywnościowego. Mogą one zastąpić biologiczny zmysł smaku. Sztuczny sensor smaku, może być wykorzystywany nie tylko do oceny jakości produktów końcowych, ale również do oceny jakości półproduktów otrzymywanych na poszczególnych etapach procesu technologicznego.

Wśród sztucznych sensorów wyróżnia się sensory chemiczne, elektrochemiczne (potencjometryczne i woltamperometryczne) i biologiczne.

Celem niniejszego artykułu jest omówienie wybranych aspektów jakości produktów żywnościowych, ze szczególnym opisaniem potencjometrycznych sensorów smaku stosowanych do oceny jakości produktów spożywczych ciekłych. Wykorzystano metodę analizy literatury przedmiotu oraz analizy danych wtórnych.

* Prof. dr hab. inż., Katedra Zarządzania Jakością i Towaroznawstwa, Wydział Zarządzania i Ekonomii, Politechnika Gdańska, mszpak@zie.pg.gda.pl

** Mgr inż., Katedra Zarządzania Jakością i Towaroznawstwa, Wydział Zarządzania i Ekonomii, Politechnika Gdańska, etymoszuk@zie.pg.gda.pl

1. Jakość produktów żywnościowych

W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele opinii i definicji jakości produktów żywnościowych. Jedną z pierwszych była definicja C. Szczuckiego, który postrzega jakość produktów żywnościowych jako stopień zdrowotności, atrakcyjności sensorycznej i dyspozycyjności w określonych warunkach procesu technologicznego [Szczucki, 1970].

Jakość żywności w ujęciu kompleksowym przedstawił klasyk zarządzania jakością A.V. Feigenbaum [Skrzypek, 2000]. W definicji tej uwzględnił on jakość projektową, wykonania i wymaganą przez klienta. Natomiast T. Sikora zaproponował pojęcie żywności o gwarantowanej jakości, którą można otrzymać w wyniku stosowania systemów zapewnienia jakości w całym procesie technologicznym [Sikora, 1995].

Ogólna definicja jakości została przedstawiona w normie ISO 9001:2008. Jest to stopień, w jakim zbiór inherentnych właściwości spełnia wymagania. Przez słowo „właściwości” należy rozumieć zbiór cech jakościowych wyróżniających i różnicujących dany produkt żywnościowy. Słowo „inherentny” oznacza właściwości charakterystyczne dla danego typu produktu i zgodne z wymaganiami konsumenta. Wymagania konsumenta zawierają potrzebę, jak i oczekiwanie wobec produktu żywnościowego [Wiśniewska, 2011].

W celu zapewnienia konsumentom dostępu do produktów o jak najwyższej jakości producenci żywności wdrażają w swoich przedsiębiorstwach różne systemy zarządzania jakością. Wśród nich wyróżnia się zbiór dobrych praktyk GMP/GHP (Good Manufacturing Practice/ Good Hygiene Practice), procedury oparte na zasadach HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) oraz normę ISO 22 000 dotyczącą systemu zarządzania bezpieczeństwem żywności dla organizacji w łańcuchu żywności.

Cechy jakościowe produktów żywnościowych można określać wykorzystując metody organoleptyczne i metody instrumentalne. Pierwsze z nich zaliczane są do metod niemierzalnych ze względu na trudności obiektywnej oceny, natomiast drugie pozwalają na wyznaczenie różnych parametrów (np. stężeń zanieczyszczeń, pH, temperatury) określanych jako mierzalne. Metody instrumentalne z zastosowaniem drogiej aparatury (np. spektrofotometry, chromatografy) są czasochłonne. Do tańszych metod instrumentalnych można zaliczyć sztuczne sensory smaku, które pozwalają na określenie tej niemierzalnej cechy jakościowej produktów żywnościowych.

2. Metody organoleptyczne do oceny jakości produktu żywnościowego

Jakość żywności można postrzegać poprzez jakość sensoryczną, która odgrywa bardzo ważną rolę w ocenie i kontroli jakości produktów żywnościowych. Sensoryczną ocenę jakości produktów żywnościowych przeprowadza się za pomocą zmysłów (smaku, zapachu, dotyku, wzroku, słuchu). W przypadku produktów żywnościowych najważniejszy jest zmysł smaku i jemu przypisuje się największy współczynnik ważkości w ocenie punktowej. Wyróżnia się pięć rodzajów smaku: słodki, słony, kwaśny, gorzki oraz umami [Linderman, 1996]. W ostatnich latach wydzielono jeszcze smak tłusty, który jeszcze nie jest ujęty w polskich unormowaniach prawnych [Stewart inni, 2010].

Smak słodki wiąże się z odczuwaniem przyjemności poprzez indukcję wydzielania się beta-endorfin przez podwzgórze. Jest to pożywienie o dużej wartości kalorycznej, jaką stanowią cukry proste (glukoza, fruktoza) i złożone (sacharoza) obecne w produktach spożywczych. Smak słodki może pochodzić również od obecności w napoju tzw. słodzików (np. aspartam, acesulfam K), które mogą być wielokrotnie słodsze niż sacharoza. Kubki smakowe odpowiedzialne za smak słodki znajdują się na czubku języka [Skolik, 2011].

Smak słony jest cechą substancji pełniących ważną funkcję w utrzymaniu homeostazy jonowej w organizmie. Są to rozpuszczalne w roztworach wodnych sole, występujące zwykle w formie jonów (np. NaCl, KCl). Chlorek sodu charakteryzuje się czystym smakiem słonym i jest powszechnie używany do solenia potraw. Chlorek potasu ma mniej słone właściwości i nie jest używany do tych celów w technologii żywności. Smak ten jest rozpoznawany za pomocą kubków rozmieszczonych po bokach języka [Skolik, 2011].

Smak kwaśny związany jest przede wszystkim z obecnością protonów występujących w kwasach znajdujących się w żywności np. cytrynowy, octowy i winowy, węglowy lub solny. Jednakże nie wszystkie kwasy mają smak kwaśny. Aminokwasy są słodkie, a kwas pikrynowy ma smak gorzki. Smak kwaśny wspólnie ze smakiem słonym bierze udział w utrzymaniu homeostazy jonowej w organizmie. Smak kwaśny rozpoznawany jest poprzez receptory znajdujące się na bokach języka [Skolik, 2011].

Smak gorzki może być charakterystyczny dla związków o różnej budowie chemicznej jak sole (np. chlorowodorek chininy, chlorek magnezu,

chlerek amonu), alkaloidy (kofeina, strychnina, chinina) lub niektóre glikozydy, aldehydy, ketony. Smak ten jest nieprzyjemny dla organizmu. Kubki smakowe znajdują się w tylnej części języka [Skolik, 2011].

Smak umami znaczy „wyśmienity” i wiąże się przede wszystkim z glutaminianem sodu (forma L) zawartym m.in. w pokarmach bogatych w białko (np. mięso). Glutaminian sodu określony jako wzmacniacz smaku (E-621) jest powszechnie dodawany do zup, potraw mięsnych i warzywnych oraz w postaci przyprawy typu Vegeta lub Kucharek. Wywoływać go mogą również inne substancje chemiczne: glutaminian potasu (E-622), wapnia (E-623), amonu (E-624), magnezu (E-625), guanylan sodu (E-627), wapnia (E-629), kwas inozynowy (E-30) oraz inozynian sodu, potasu, wapnia [Skolik, 2011].

Smak tłusty związany jest z obecnością kwasów tłuszczowych w produkcie żywnościowym [Stewart, 2010]. Stwierdzono, że osoby niewrażliwe na ten smak charakteryzują się nadwagą. Mechanizm tego smaku nie jest jeszcze rozpoznany. Wrażenie smaku spowodowane jest ciągiem biochemicznych oddziaływań cząsteczkowych zachodzących przez pobudzenie receptora substancjami smakowymi. Smak produktu spożywczego zależy nie tylko od składu chemicznego (rodzaju i stężeń substancji) ale także od wielu innych czynników, np. temperatury potrawy, sposobu jej podania, nastroju i stanu zdrowia degustatora. Do badania jakości sensorycznej wykorzystuje się ocenę organoleptyczną jak i analizę sensoryczną [PN – ISO 4121: 1998].

Ocena organoleptyczna może być przeprowadzana przez każdego konsumenta. Polega ona na badaniu cech organoleptycznych tzw. wrażeń powstających w świadomości ludzkiej na skutek odbierania, przez narządy zmysłów, bodźców zewnętrznych. Ocena może dawać różne wyniki zależne od wrażliwości zmysłów oceniającego, jego stanu zdrowia, warunków otoczenia i wielu innych czynników. Są to oceny subiektywne.

Analiza sensoryczna zajmuje się oceną i pomiarem cech jakościowych produktów spożywczych za pomocą uprzednio sprawdzonych zmysłów (smaku, słuchu, dotyku, wzroku, węchu), które stanowią swego rodzaju aparat pomiarowy. Przeprowadza się ją przez wyspecjalizowany zespół przeszkolonych osób o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej w dokładnie określonych warunkach zewnętrznych, zapewniających właściwe postrzeganie cech jakościowych. Zatem analiza sensoryczna jest w przeciwień-

stwie do oceny organoleptycznej metodą bardziej obiektywną badania [Świdorski, Waszkiewicz – Robak, 2010, s. 55].

W analizie sensorycznej ważną rolę odgrywa tzw. *próg wrażliwości sensorycznej* (smakowej) zwany też progiem absolutnym określającym natężenie bodźca wywołującego dostrzegalne wrażenie zmysłowe. Pojęcie to obejmuje jeszcze *próg wyczuwalności* określający najmniejsze natężenie bodźca wywołującego wrażenie zmysłowe oraz *próg rozpoznania* określający najniższe stężenie pozwalające na zidentyfikowanie jakości tego bodźca [Skolik, 2011, s. 44].

3. Sztuczne sensory smaku jako narzędzie do oceny jakości produktów żywnościowych

Skuteczne zarządzanie jakością produktu żywnościowego wymaga gruntownej oceny cech żywności. Wymaga ona często zastosowania różnych metod oraz sprzętu pomiarowego, dzięki którym możliwe jest przeprowadzenie analizy pozwalającej na zobjektywowanie wyników, szczególnie wówczas, gdy w tej ocenie ważną rolę odgrywają zmysły. Jednym z takich urządzeń jest sensor smaku.

Działanie sztucznego sensora smaku polega na oddziaływaniu molekuł poszczególnych substancji smakowych znajdujących się w roztworze ze związkami liofilowymi lub innymi znajdującymi się w matrycy sensora chemicznego. Dla tego samego roztworu uzyskuje się zbiór sygnałów, które poddaje się analizie matematycznej (obróbka danych), a następnie procedurze klasyfikacyjnej pozwalającej na rozróżnienie substancji smakowej rozpuszczonej w elektrolicie (rysunek 1).

Rysunek 1. Schemat działania sztucznego zmysłu smaku



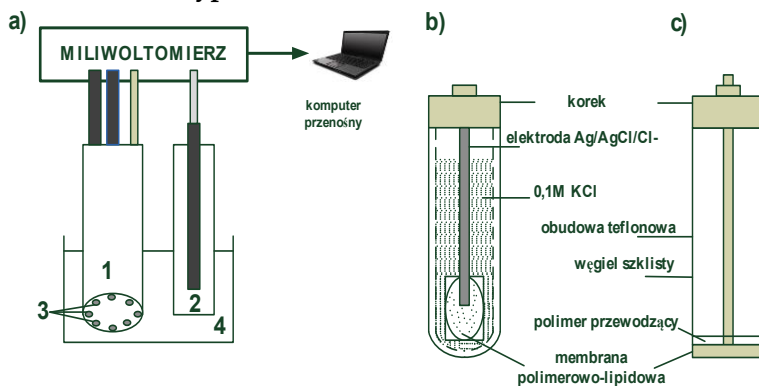
Źródło: Opracowanie własne.

Wiele prac poświęca się opracowaniu i skonstruowaniu sztucznego sensora smaku zwanego również elektronicznym językiem (*electronic tongue*) naśladującego działanie naturalnych receptorów smakowych [Cio-

sek, 2007; Toko, 2000]. Należą do nich grupy sensorów chemicznych i biologicznych. W sensorach chemicznych wykorzystuje się zwykle metody elektrochemiczne (potencjometryczne, woltamperometryczne). W tej pracy omówione zostaną jedynie wybrane aspekty sensorów potencjometrycznych.

Potencjometryczny sensor składa się z szeregu elektrod badawczych, elektrody odniesienia (elektroda o stałym potencjale, np. kalomelowa), oraz miliwoltomierza podłączonego do komputera (rysunek 2A).

Rysunek 2. A) Schemat potencjometrycznego sensora smaku; B) elektroda typu ISE; C) elektroda typu ASSE



1 – szereg elektrod wskaźnikowych wypełnionych roztworem 0,1 M KCl, 2 – elektroda odniesienia, 3 – membrany polimerowo-lipidowe, 4 – roztwór wodny z substancją smakową

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [Toko, 2000; Szpakowska, 2007].

Elektrody badawcze zwane elektrodami wskaźnikowymi jonoselektywnymi mogą być typu ISE (Ion Selective Electrodes) lub ASSE (All Solid State Electrodes). Pierwsze z nich mają roztwór wewnętrzny (Rysunek 2B), zaś drugie są elektrodami stałymi (Rysunek 2C). Zarówno ISE jak i ASSE składają się z warstwy membrany polimerowej zawierającej różne złożone związki chemiczne, które odmiennie reagują z molekułami poszczególnych substancji smakowych znajdującymi się w elektrolicie [Toko, 2000; Szpakowska, 2006]. Elektroda typu ASSE składa się z trzech warstw: węgiel szklisty, polimer przewodzący, membrana polimerowo-lipidowa (rysunek 2C) [Szpakowska, 2007].

Szereg elektrod zanurzonych w roztworze elektrolitu zawierającym daną substancję smakową daje zbiór sygnałów potencjałowych, które na-

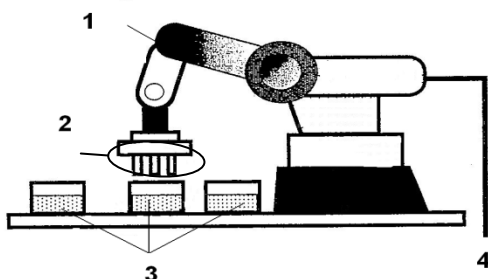
stępnie poddaje się analizie matematycznej pozwalającej na rozróżnienie tej substancji od innej rozpuszczonej w roztworze.

Wyróżnia się głównie dwie metody analizy danych. Pierwszą z nich jest – metoda wykrywania zgodności z wzorcem zwana *pattern recognition* [Holm, 2000]. Otrzymane w wyniku pomiarów dane są porównywane komputerowo z bazą danych znormalizowanych wzorców smakowych. Prawdopodobnie na podobnej zasadzie smak jest rozpoznawany przez ludzki mózg.

Drugą metodą analizy jest *metoda analizy głównych składowych – principal component analysis* (PCA). W metodzie tej wielowymiarową przestrzeń szeregu danych przekształca się w dwuwymiarową, wirtualną powierzchnię charakteryzującą wrażenia smakowe [Dillon, 1984].

Za pomocą wielokanałowego sensora szeregu składającego się z 5-8 elektrod wskaźnikowych elektrod typu ISE zbadano wiele różnych roztworów zawierających poszczególne produkty spożywcze. Rozróżniono gatunki piwa i wykazano, które są mniej lub bardziej gorzkie. Przetestowano również różne gatunki lemoniad, soków, sake, kaw i wód mineralnych [Toko, 2000]. Za pomocą 5-kanałowego sensora smaku [Szpakowska, 2006] możliwe było rozróżnienie toników i oranżad. Stwierdzono, że punkty dla toniku niezawierającego ditlenku węgla znacznie odbiegały od toników gazowanych. To wskazało na duży wpływ tego gazu na walory smakowe napoju. Badania w tym kierunku są nadal kontynuowane [Szpakowska, 2007].

Rysunek 3. Handlowy potencjometryczny sensor smaku typu SA401 (Anritsu Corp.)



1 – ramię robota, 2 – siedem elektrod z membranami polimerowo-lipidowymi i elektroda odniesienia, 3 – próbki roztworów, 4 – komputer

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [Toko, 2000, s.118].

Firma Anritsu Corp. wprowadziła na rynek dwie wersje sensorów potencjometrycznych: siedmiokanałowy sensor SA401 i ośmiokanałowy sensor SA402 (rysunek 3). Jednakże trudności z odpowiednią stabilnością elektrod spowodowały po pewnym czasie wycofanie tych urządzeń z rynku. Do innych wad sensorów potencjometrycznych można zaliczyć niewystarczającą odtwarzalność membran, konieczność ich kondycjonowania i kalibracji oraz zbyt długi czas odpowiedzi. To utrudnia ich zastosowanie do bardzo szybkich analiz. Wydaje się więc konieczne prowadzenie dalszych badań mających na celu zmniejszanie istniejących wad.

Zakończenie

Jakość produktu żywnościowego jest ważna zarówno dla konsumenta jak i producenta. Do oceny jakości stosuje się metody organoleptyczne, za pomocą których można wyznaczać cechy niemierzalne oraz metody instrumentalne z zastosowaniem drogiej aparatury, używane do określania cech mierzalnych produktu żywnościowego. Tańszą i szybszą metodą instrumentalną są sztuczne sensory smaku, za pomocą których można określić tę trudno mierzalną cechę jakościową produktu żywnościowego.

Walory smakowe są jedną z najważniejszych cech jakościowych produktu żywnościowego. Konsument może go ocenić organoleptycznie lub profesjonalnie - sensorycznie.

Obiektywną metodą oceny walorów smakowych mogą być sztuczne potencjometryczne sensory smaku, w których molekuły substancji smakowych oddziałują ze związkami liofilowymi znajdującymi się w membranie poszczególnych elektrod. Mogą to być elektrody typu ISE lub ASSE. Sensory takie były stosowane do rozróżniania gatunków wielu produktów, np. piwa, mleka, soków, kaw i wód mineralnych. Do obrotu handlowego wprowadzono dwa urządzenia zawierające sensor potencjometryczny. Jednakże problemy związane ze stabilnością membran spowodowały wycofanie tych urządzeń z rynku. Konieczne są dalsze prace w kierunku udoskonalenia istniejących rozwiązań oraz opracowania nowych typów sztucznych sensorów smaku.

Literatura

1. Ciosek P., Wróblewski W. (2007), *Sensor arrays for liquid sensing – electronic tongue systems*, *Analyst*, 132, s. 963-978.

2. Dillon W. R., Goldstein M. (1984), *Multivariate Analysis*, Wiley, New York.
3. Holm C., Brun R. (2000), *Principal Component Analysis*, LINTRA package, CERN.
4. Linderman B. (1996), *Taste Reception*, *Physiol Rev*, 76, s. 719-766.
5. PN – ISO 4121: 1998 – *Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metody skalowania*.
6. Sikora T. (1995), Żywność gwarantowanej jakości, „Przemysł Spożywczy”, nr 6.
7. Skolik A. (2011), *Smak w analizie sensorycznej*, WUE w Poznaniu, Poznań.
8. Skrzypek E. (2000), *Jakość i efektywność*, Wyd. UMCS, Lublin.
9. Stewart J.E., Feinle-Bisset C., Golding M., Delahunty C., Clifton P. M., Keast R. S. J. (2010), *Oral sensitivity to fatty acids, food consumption and BMI in human subjects*, „British Journal of Nutrition”, vol. 104.
10. Szczucki C. (1970), *Zakresy znaczeniowe podstawowych pojęć w kontroli produktów mięsnych*, „Gospodarka Mięsna”, nr 1.
11. Szpakowska M., Magnuszewska A., Szwacki J. (2006), *On the possibility of using liquid or lipid, lipid like-polymer membrane systems as taste sensor*, *J. Membrane Sci.*, 273, s. 116-123.
12. Szpakowska M., Marjańska E. (2007), *Sztuczny sensor smaku a zmysł smaku*, „Chemik”, 12, s. 576-579.
13. Świdorski F., Waszkiewicz – Robak B. (2010), *Towaroznawstwo żywności przetworzonej z elementami technologii*, Wyd. SGGW, Warszawa.
14. Toko K. (2000), *Biomimetic sensor technology*, Cambridge University Press.
15. Ustawa z dnia 21 grudnia 2000 r. o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych, Dz. U. Nr 5, poz. 44 z późn. zm.
16. Vilee C.A. (1990), *Biologia*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
17. Wiśniewska M., Malinowska E. (2011), *Zarządzanie Jakością Żywności, Systemy, Koncepcje, Instrumenty*, Difin, Warszawa.

Streszczenie

Przedstawiono wybrane aspekty oceny jakości produktów żywnościowych: pojęcie jakości, wybrane metody oceny jakości ze szczególnym uwzględnieniem sztucznych potencjometrycznych sensorów smaku składających się

z szeregu elektrod typu ISE (Ion Selective Electrodes) oraz ASSE (All Solid State Electrodes). Omówiono działanie sztucznych sensorów smaku. Przedstawiono potencjometryczny sensor wprowadzony do obrotu handlowego. Przedyskutowano wady potencjometrycznych sensorów smaku.

Słowa kluczowe

zmysł smaku, potencjometryczny sensor smaku, ocena jakości, jakość produktu

Taste qualities estimation by taste sense and potentiometric sensors (Summary)

Selected aspects of food product quality estimation eg. definition of quality, selected methods of quality estimation have been presented. Application of artificial potentiometric taste sensors has been described more detailed. They consist of several ISE (Ion Selective Electrodes) or ASSE (All Solid State Electrodes) electrodes. The action of such sensors have been shown. Commercial potentiometric taste sensor has been described. The disadvantages of potentiometric taste sensors have been discussed.

Keywords

taste sense, potentiometric taste sensor, quality estimation, product quality