

NAUKI INŻYNIERSKIE I TECHNOLOGIE

1

Redaktor naukowy

Elżbieta Kociołek-Balawejder



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2009

Spis treści

Wstęp	7
Michał Grzebyk, Waldemar Podgórski , Recent developments in L(+)-lactic acid biotechnology	11
Franciszek Kapusta , Przemysł mięsny w Polsce – wybrane problemy.....	21
Franciszek Kapusta , Włókiennictwo i produkcja włókien naturalnych w Polsce	34
Aleksandra Kmiećkowiak, Tomasz Lesiów , Systemy zarządzania jakością i ich integracja w przemyśle żywnościowym – praca przeglądowa	47
Aleksandra Kmiećkowiak, Tomasz Lesiów , Trudności związane z funkcjonowaniem systemu HACCP i sposoby ich przewyżczenia w wybranym zakładzie piekarniczym	72
Łukasz Waligóra, Tomasz Lesiów , Aspekty technologiczne a funkcjonowanie systemu HACCP w wybranym przedsiębiorstwie przemysłu mięsnego	101
Ludmiła Bogacz-Radomska, Jerzy Jan Pietkiewicz , Przegląd metod otrzymywania aromatów stosowanych do aromatyzowania żywności	124
Katarzyna Górską, Jerzy Jan Pietkiewicz , Funkcje technologiczne i charakterystyka kwasów dodawanych do żywności	141
Joanna Harasym , Gryka jako źródło substancji organicznych i związków mineralnych	159
Andrzej Krakowiak , Rozkład beztlenowy jako proces mineralizacji odpadów organicznych i odzyskania energii w postaci biogazu	170
Hanna Pińkowska, Paweł Wolak , Badanie składu chemicznego odpadowej biomasy rzepakowej jako surowca do przetworzenia w warunkach hydrotermalnych na użyteczne bioprodukty chemiczne. Część 1. Klasyczne metody analizy.....	184
Hanna Pińkowska, Paweł Wolak , Badanie składu chemicznego odpadowej biomasy rzepakowej jako surowca do przetworzenia w warunkach hydrotermalnych na użyteczne bioprodukty chemiczne. Część 2. Analiza z wykorzystaniem wybranych metod instrumentalnych	196
Elżbieta Kociolek-Balawejder, Łukasz J. Wilk , Nadchlorany – nowe mikrozanieczyszczenie środowiska naturalnego	216
Elżbieta Kociolek-Balawejder, Adrianna Złocińska , Środki odstrasżające owady (<i>insect repellents</i>) w ochronie ludzi	230
Elżbieta Kociolek-Balawejder, Marta K. Żebrowska , Brzoza – kierunki wykorzystania biomasy	252

Summaries

Michał Grzebyk, Waldemar Podgórski , Najnowszy rozwój w biotechnologii kwasu L(+)-mlekowego.....	20
Franciszek Kapusta , Meat industry in Poland – selected problems	33
Franciszek Kapusta , Textile industry and production of natural fibres in Poland	46
Aleksandra Kmiećkowiak, Tomasz Lesiów , Quality management systems and their integration in food industry – the review.....	70
Aleksandra Kmiećkowiak, Tomasz Lesiów , Difficulties of system HACCP functioning and overcoming difficulties in a chosen bakery plant	100
Łukasz Waligóra, Tomasz Lesiów , Technological Aspects and functioning of HACCP system in chosen meat industry company	123
Ludmiła Bogacz-Radomska, Jerzy Jan Pietkiewicz , Review of the aromas' production methods applied in food aromatization	139
Katarzyna Górską, Jerzy Jan Pietkiewicz , Technological functions and characteristic of food acids	158
Joanna Harasym , Buckwheat as the source of organic compounds and minerals.....	169
Andrzej Krakowiak , Anaerobic digestion as a process for mineralization of organic wastes and energy recovery in the form of biogas.....	183
Hanna Pińkowska, Paweł Wolak , The investigation of chemical composition of waste rapeseed biomass as a raw material for synthesis of useful chemical bioproducts under hydrothermal conditions. Part 1. Classical analytical methods	195
Hanna Pińkowska, Paweł Wolak , The investigation of chemical composition of waste rapeseed biomass as a raw material for synthesis of useful chemical bioproducts under hydrothermal conditions. Part 2. Application of instrumental methods of analysis	214
Elżbieta Kociolek-Balawejder, Łukasz J. Wilk , Perchlorate – the new micropollutant of the environment.....	229
Elżbieta Kociolek-Balawejder, Adrianna Złocińska , Insect repellents as the most effective protection of human against insect bites	251
Elżbieta Kociolek-Balawejder, Marta K. Żebrowska , Birch tree biomass – the ways of its practical applications	265

Katarzyna Górską*, Jerzy Jan Pietkiewicz

Katedra Biotechnologii Żywności, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

FUNKCJE TECHNOLOGICZNE I CHARAKTERYSTYKA KWAŚÓW DODAWANYCH DO ŻYWNÓŚCI

Streszczenie: W pracy przedstawiono podział kwasów, które zgodnie z obowiązującymi przepisami mogą być dodawane do żywności. Opisano je według funkcji, jaką pełnią w procesie technologicznym. Zaprezentowano również krótką charakterystykę kwasów spożywczych dodawanych do żywności. Wśród dopuszczonych do użytku substancji dodatkowych znajdują się 24 kwasy oraz ich sole, z których 12 pełni funkcje kwasów i regulatorów kwasowości. Do regulacji kwasowości najpowszechniej stosowane są kwasy: octowy E 260, mlekowy E 270 i cytrynowy E 330, ale ustawodawstwo dopuszcza również używanie kwasów nieorganicznych, takich jak: kwas fosforowy E 338, kwas solny E 507, kwas siarkowy E 513.

Słowa kluczowe: dodatki do żywności, kwasy, funkcje technologiczne.

1. Wstęp

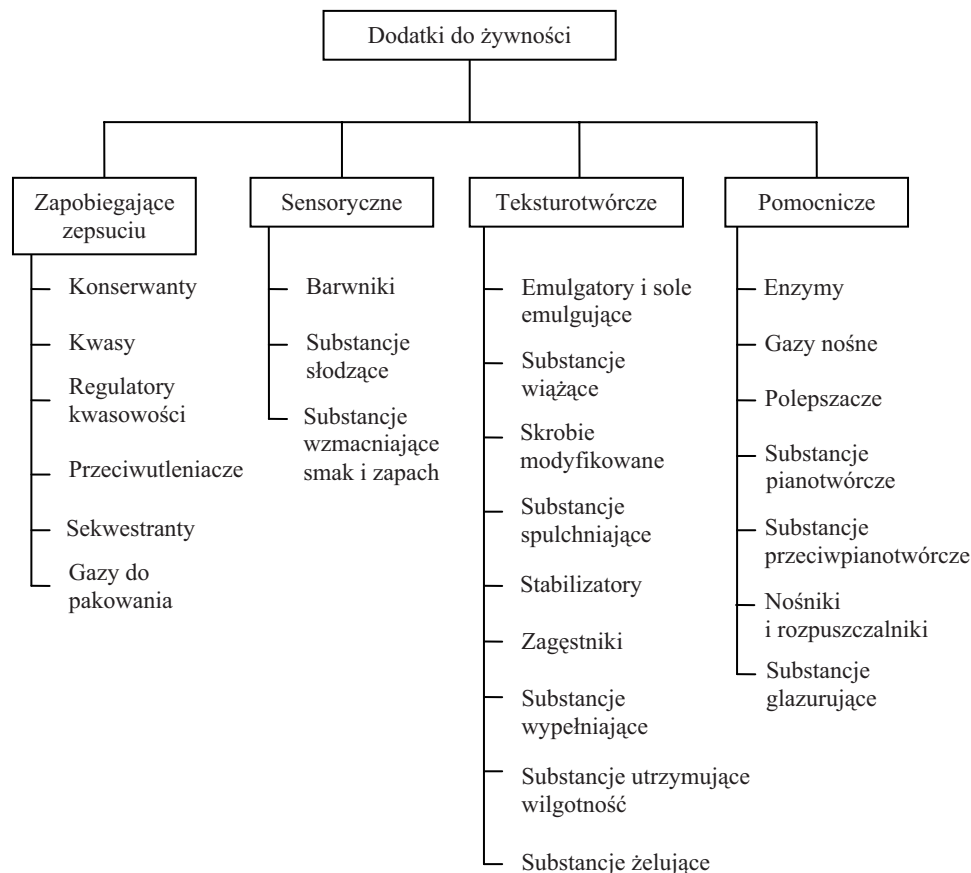
Substancje dodatkowe są to substancje, których zwyczajowo nie spożywa się jako żywność. Nie są one typowymi składnikami żywności, mimo że niektóre z nich mają wartość odżywczą. Ich celowe użycie w procesie technologicznym produkcji, przetwarzania, przygotowywania, pakowania, przewozu i przechowywania żywności może spowodować, że te substancje staną się bezpośrednio lub pośrednio składnikami środka spożywczego albo półproduktów będących jego komponentami [1].

W procesie technologicznym wytwarzania wielu produktów są stosowane różnego rodzaju substancje dodatkowe. Są to związki o bardzo różnym charakterze chemicznym, pochodzeniu i funkcji. Substancje dodatkowe są używane w celu podniesienia jakości produktu, czyli poprawy takich cech, jak np.: smak, zapach, barwa, konsystencja, trwałość, lub do uzyskania innych efektów technologicznych, np. ułatwienia procesu przetwarzania. Bardzo często są to substancje występujące jako naturalne składniki niektórych produktów spożywanych przez ludzi [2]. Podział dodatków do żywności przedstawiono na rys. 1.

Postęp w technologii żywności, a także coraz większe zapotrzebowanie na żywność wygodną i funkcjonalną spowodowały gwałtowny wzrost zapotrzebowania

* Adres do korespondencji: katarzyna.gorska@ue.wroc.pl.

na substancje dodatkowe i wzbogacające. Substancje dodatkowe, mimo że budzą wiele kontrowersji, są akceptowane i coraz powszechniej używane, co wynika z niepodważalnych, olbrzymich korzyści związanych z ich wykorzystywaniem. Są to korzyści ekonomiczne, technologiczne i jakościowe, a niektóre z nich mają również znaczenie zdrowotne. Głównym czynnikiem decydującym o stosowaniu dodatków do żywności jest przede wszystkim aspekt ekonomiczny.



Rys. 1. Podział dodatków do żywności

Źródło: opracowanie własne.

Substancje dodatkowe stosuje się między innymi w celu:

- przedłużenia trwałości produktów, a więc ograniczenia niekorzystnych zmian powodowanych przez drobnoustroje, utlenianie składników żywności, reakcje enzymatyczne i nieenzymatyczne lub zapobiegania tym procesom oraz zapewnienia tzw. bezpieczeństwa przez zahamowanie rozwoju niektórych drobnoustrojów chorobotwórczych,

- poprawienia cech funkcjonalnych produktów,
- zamiany składników droższych lub trudno dostępnych na tańsze,
- zastąpienia składników niepożądanych,
- utrzymania stałej, powtarzalnej jakości produktów,
- uzyskania korzyści zdrowotnych dzięki produkcji nowych produktów specjalnego przeznaczenia o działaniu prozdrowotnym (żywność funkcjonalna),
- poprawy lub utrwalenia niektórych właściwości fizycznych, np. barwy,
- nadania nowych cech, np. smarowności,
- zapobiegania niekorzystnym zmianom jakościowym, w tym cech organoleptycznych – barwy, smaku, zapachu, konsystencji,
- podniesienia atrakcyjności konsumenckiej i dyspozycyjności produktów,
- ochrony składników kształtujących wartość odżywczą produktów (np. witamin),
- ułatwienia stosowania lub wykorzystania produktu,
- ułatwienia prowadzenia procesów produkcyjnych oraz zwiększenia ich efektywności przez np. zmniejszenie ubytków, energochłonności lub zwiększenie wydajności,
- otrzymywania nowych produktów, w tym dietetycznych, np. żywności o zmniejszonej lub zwiększonej kaloryczności (energii), zawartości cukru, białka, glutenu [2-4].

Dodatki do żywności dają korzyści zarówno producentowi, jak i konsumentowi, gdyż zapobiegając psuciu się żywności, obniżają jej straty oraz umożliwiają większą produkcję przy niższym koszcie. Sprzyjają one urozmaiceniu diety oraz ułatwiają przygotowanie potraw [3].

Wzrasta liczba opracowywanych i stosowanych dodatków do żywności. Jest to spowodowane wymaganiami konsumentów oczekujących zwiększenia wartości użytkowej i atrakcyjności produktów, a także zainteresowaniem producentów chcących ułatwić produkcję, obniżyć koszty wytwarzania i wprowadzać na rynek nowe, konkurencyjne produkty. W rezultacie powstają nowe produkty żywnościowe, których wytwarzanie jest uwarunkowane stosowaniem dodatków [4].

Poza niepodważalnymi ogromnymi korzyściami wynikającymi ze stosowania substancji dodatkowych w produkcji żywności należy zwrócić uwagę na niektóre zagrożenia:

- niekorzystne oddziaływanie na pewne grupy ludności (niemowlęta, dzieci, osoby starsze, o zwiększonej wrażliwości, chore),
- reakcje substancji dodatkowych ze składnikami żywności w czasie procesu technologicznego lub przechowywania,
- powstawanie szkodliwych produktów przemian metabolicznych,
- przekraczanie przez niektórych producentów dopuszczalnego poziomu ich stosowania,
- kumulację różnych substancji dodatkowych pochodzących z różnych źródeł,
- chemizację środowiska [5].

Podstawowym kryterium wyboru i wielkości dopuszczalnej dawki substancji dodatkowych stosowanych do produkcji do żywności jest ich bezpieczeństwo dla zdrowia człowieka i udowodniona zasadność technologiczna ich stosowania. Można je zaakceptować tylko wtedy, gdy:

- przy proponowanym dawkowaniu (ilość użycia) nie stanowią one żadnego zagrożenia dla zdrowia konsumenta – należy dowiedzieć, że zachodzi potrzeba dodania danej substancji, tzn. należy udowodnić, że proponowane jej zastosowanie miałyby przynieść korzyść konsumentowi,
- użycie substancji dodatkowej do żywności nie wprowadza w błąd konsumenta co do jakości zdrowotnej produktu spożywczego – substancje dodatkowe nie mogą być stosowane w celu ukrycia wad żywności spowodowanych np. złą jakością, nieprawidłowym procesem produkcyjnym, niehigienicznymi warunkami produkcji, upodobnieniem do innych produktów, tzn. lepszych lub bardziej wartościowych [6],
- można wykazać potrzebę technologiczną, a tego celu nie można osiągnąć w inny technologicznie i ekonomicznie uzasadniony sposób,
- dodatki, dla których nie limituje się dawkowania, będą stosowane zgodnie z dobrą praktyką wytwarzania, tzn. w najniższej ilości niezbędnej do osiągnięcia zamierzonego efektu technologicznego [3].

Wśród substancji dodatkowych dodawanych do żywności liczną grupę stanowią kwasy, które niezależnie od pochodzenia są określane nazwą „kwasy spożywcze”. Kwasy mogą pełnić wiele pożytecznych funkcji: regulatorów kwasowości, substancji konserwujących, przeciwutleniaczy, stabilizatorów, emulgatorów, zagęstników i substancji żelujących, substancji wzmacniających smak i zapach, substancji słodzących, spulchniających oraz nośników.

Celem tego opracowania jest przedstawienie podziału kwasów dopuszczonych do dodawania do żywności według funkcji, jaką pełnią w procesie technologicznym, oraz przedstawienie krótkiej charakterystyki kwasów spożywczych dodawanych do żywności.

2. Powstawanie smaku kwaśnego

Mechanizm powstawania wrażenia smaku kwaśnego jest prawdopodobnie konsekwencją reakcji jonów wodorowych na powierzchni receptorów języka. Powoduje ono pobudzenie zakończeń nerwowych i inicjuje w ten sposób wrażenia smakowe. Z chwilą przereagowania wszystkich wolnych jonów na skutek stopniowej dysocjacji kwasów pojawiają się nowe. Wrażenie smakowe określone jako „kwaśność produktu” jest złożone, gdyż jest efektem działania nie tylko występujących w nim kwasów, ale również oddziaływania substancji buforujących i innych składników

kwasowych, stąd ogólna kwasowość, a nie tylko pH, decyduje o odczuciu „kwaśności” danej substancji [3].

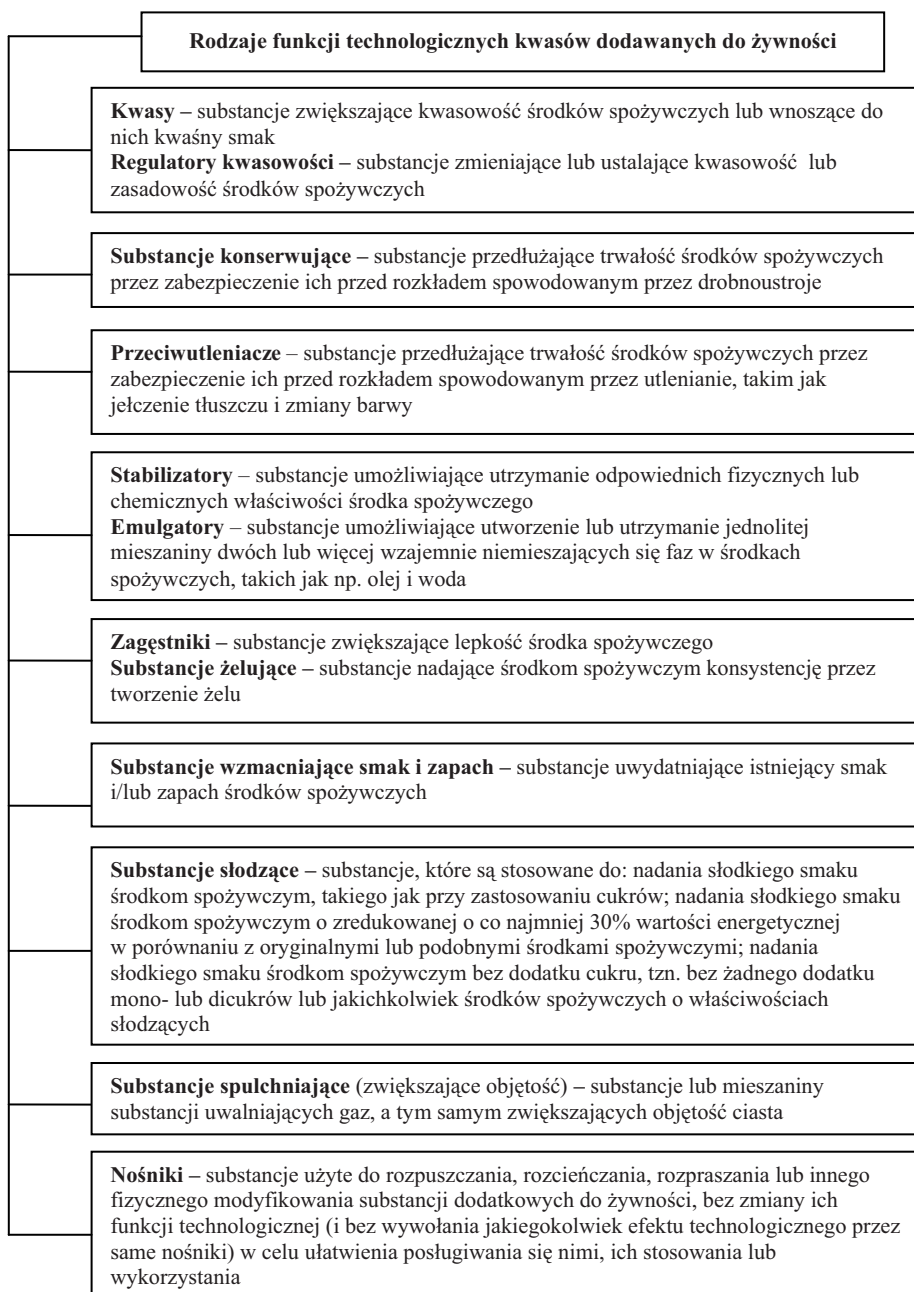
Kwasy dodawane do żywności działają orzeźwiająco, poprawiają trawienie, zwiększają apetyt i zatrzymują płyny w organizmie człowieka. Ich nadmiar powoduje zgagę, nudności, podrażnienia żołądka i skóry.

3. Podział i zastosowanie kwasów spożywczych

Zakwaszanie różnych produktów spożywczych i potraw przez wprowadzenie do nich kwasów ma na celu przede wszystkim poprawę ich walorów smakowych. Dotyczy to przetworów owocowych i warzywnych, napojów, deserów, sosów i wielu innych produktów. Dodatek kwasu jest szczególnie wskazany do przetworów o niezdecydowanym, mdłym smaku lub w celu stonowania nadmiernej słodyczy, np. wyrobów cukierniczych, likierów.

Kwasy spożywcze spełniają jeszcze inne pożyteczne funkcje. Ułatwiają przebieg niektórych procesów technologicznych, np. żelowania lub spieniania, opóźniają utlenianie się produktów, a przy większym stężeniu działają konserwująco, co wykorzystuje się przy produkcji marynat. Dodaje się je również do produktów żywnościowych, aby uniemożliwić rozwój bakterii przez obniżenie pH i zahamować działanie enzymów [7]. Kwasy spożywcze użyte w niewielkich ilościach jako dodatek smakowy nie są szkodliwe dla zdrowia, a nawet ułatwiają proces trawienia. Zastrzeżenia żywieniowców budzą natomiast ostre marynaty zawierające powyżej 3% kwasu octowego, który w takim stężeniu działa drażniąco na błony śluzowe [12]. Rodzaje funkcji, jakie pełnią kwasy w produktach żywnościowych, i ich krótką charakterystykę przedstawiono na rys. 2, natomiast w tab. 1 zebrano i uszeregowano kwasy spożywcze i sole zgodnie z funkcją, jaką te substancje pełnią w procesie technologicznym produkcji wyrobów żywnościowych.

Kwasy i regulatory kwasowości można stosować do produktów spożywczych zgodnie z zasadą *quantum satis* [10]. Zasada ta oznacza, iż daną substancję stosuje się w dawce najniższej niezbędnej do osiągnięcia zamierzonego efektu technologicznego zgodnie z dobrą praktyką produkcyjną, której wytyczne, mające najbardziej powszechny, światowy zasięg opracowano w ramach Kodeksu Żywnościowego (*Codex Alimentarius*) FAO/WHO. Są to właściwie zasady dobrej praktyki higienicznej (GHP – *Good Hygiene Practice*), których stosowanie ma na celu wytwarzanie żywności bezpiecznej pod względem higienicznym [8].



Rys. 2. Rodzaje funkcji technologicznych pełnionych przez kwasy dodawane do produktów żywnościowych

Źródło: opracowanie własne na podstawie [9].

Tabela 1. Rodzaje kwasów i ich soli dodawanych do produktów żywnościowych oraz ich funkcje technologiczne

Nazwa	Kwasy		Sole	
	numer	nazwa	numer	nazwa
1	2	3	4	5
Kwasy i regulatory kwasowości	E 260	octowy	E 170	węglany wapnia
	E 270	mlekowy	E 261	octan potasu
	E 296	jabłkowy	E 262	octan sodu
	E 297	fumarowy	E 263	octan wapnia
	E 300	askorbinowy	E 301	askorbinian sodu
	E 330	cytrynowy	E 302	askorbinian wapnia
	E 334	winowy L(+)	E 331	cytryniany sodu
	E 338	fosforowy	E 332	cytryniany potasu
	E 355	adypinowy	E 333	cytryniany wapnia
	E 363	bursztynowy	E 335	winiany sodu
	E 507	chlorowodorowy	E 336	winiany potasu
	E 513	siarkowy	E 337	winian sodowo-potasowy
	E 353	metawinowy	E 339	fosforany sodu
			E 350	jabłczany sodu
			E 356	adypinian sodu
			E 357	adypinian potasu
			E 450i	difosforan disodowy
			E 450iii	difosforan tetrasodowy
			E 500	węglany sodu
			E 501	węglany potasu
		E 503	węglany amonu	
		E 504	węglany magnezu	
		E 508	chlerek potasu	
		E 509	chlerek wapnia	
		E 516	siarczan wapnia	
		E 517	siarczan amonu	
Substancje konserwujące	E 200	sorbowy	E 202	sorbinian potasu
	E 210	benzoesowy	E 203	sorbinian wapnia
	E 280	propionowy	E 211	benzoesan sodu
	E 284	borowy	E 212	benzoesan potasu
			E 213	benzoesan wapnia
			E 281	propionian sodu
			E 282	propionian wapnia
			E 283	potas propionian
			E 285	czteroboran sodu

Tabela 1, cd.

1	2	3	4	5
Przeciwutleniacze	E 270	mlekowy	E 223	pirosiarczyn sodu
	E 300	askorbinowy	E 301	askorbinian sodu
	E 315	izoaskorbinowy	E 302	askorbinian wapnia
	E 330	cytrynowy	E 310	galusan propylu
			E 311	galusan oktylu
			E 312	galusan dodecyłu
			E 316	izoaskorbinian sodu
			E 331	cytryniany sodu
			E 332	cytryniany potasu
			E 385	sól wapniowo – diosodowa kwasu etylenodiaminotetraoctowego
Stabilizatory i emulgatory	E 260	octowy	E 170	węglan wapnia
	E 300	askorbinowy	E 262i	octan sodu
	E 330	cytrynowy	E 261	octan potasu
	E 353	metawinowy	E 263	octan wapnia
			E 301	askorbinian sodu
			E 302	askorbinian wapnia
			E 325	mleczan sodu
			E 326	mleczan potasu
			E 327	mleczan wapnia
			E 331	cytryniany sodu
			E 332	cytryniany potasu
Zagęstniki i substancje żelujące	E 400	alginowy	E 401	alginian sodu
			E 402	alginian potasu
			E 403	alginian amonu
			E 404	alginian wapnia
Substancje wzmacniające smak i zapach	E 620	glutaminowy	E 500ii	wodorowęglan sodu
	E 626	guanylowy	E 621	glutaminian monosodowy
	E 630	inozynowy	E 622	glutaminian monopotasowy
			E 623	diglutaminian wapnia
			E 624	glutaminian monoamonowy
			E 625	diglutaminian magnezu
			E 627	guanylan disodowy
			E 628	guanylan dipotasowy
			E 629	guanylan wapnia
			E 631	inozynian disodowy
			E 632	inozynian dipotasowy
			E 633	inozynian wapnia
				chlorowodorek chininy
Substancje słodzące	E 952	cyklaminowy	E 952	cyklaminian sodu i potasu

1	2	3	4	5
Substancje spulchniające (zwiększające objętość)	E 355	adypinowy	E 223	pirosiarczan sodu
			E 335	winiany sodu
			E336	winiany potasu
			E 337	winian sodowo-potasowy
			E 339	fosforany sodu
			E 340	fosforany potasu
			E 341	fosforany wapnia
			E 450 i, E450 ii	difosforany sodowe
			E 500	węglany sodu
			E 501	węglany potasu
			E 503	węglany amonu
			E 504	węglany magnezu
Nośniki	E 400	alginowy	E 170	węglan wapnia
			E 263	octan wapnia
			E 331	cytryniany sodu
			E 332	cytryniany potasu
			E 341	fosforany wapnia
			E 401	alginian sodu
			E 402	alginian potasu
			E 403	alginian wapnia
			E 404	alginian amonu
E 405	alginian glikolu propylenowego			

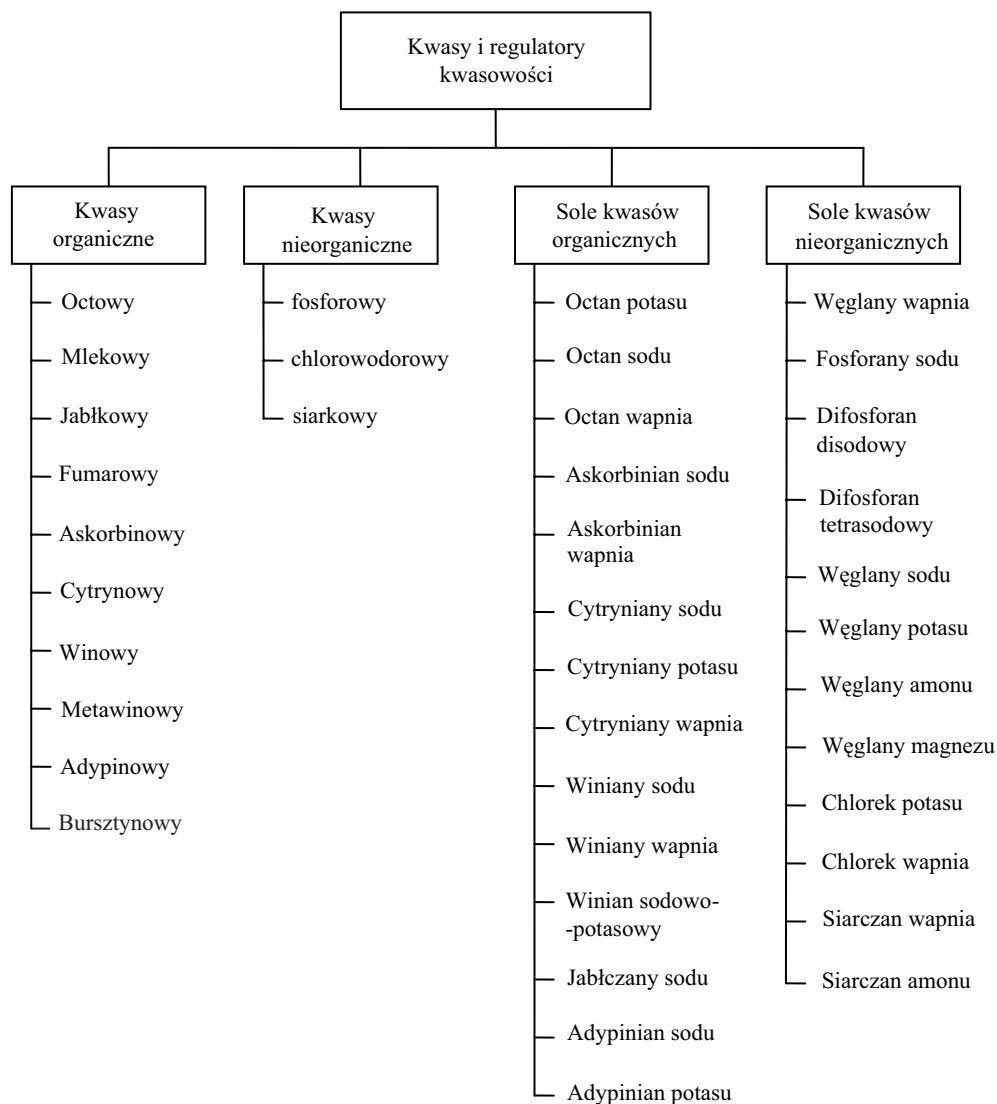
Źródło: opracowanie własne na podstawie [9; 10].

4. Charakterystyka kwasów spożywczych pełniących funkcję technologiczną kwasów i regulatorów kwasowości

Substancje dodatkowe stosowane w celu zakwaszenia lub regulacji kwasowości można podzielić na kwasy organiczne i kwasy nieorganiczne oraz sole kwasów organicznych i sole kwasów nieorganicznych (rys. 3).

Kwas octowy (E 260) jest używany do celów spożywczych pod postacią rozcieńczonych wodnych roztworów zawierających od 3,5 do 15,5% kwasu octowego, zwanych octem. Ocet fermentacyjny wytwarza się z rozcieńczonych roztworów alkoholu etylowego drogą fermentacji octowej. Fermentacja octowa przebiega przy współudziale bakterii octowych, których enzymy katalizują reakcje utleniania alkoholu etylowego do kwasu octowego.

Kwas octowy jest cieczą o temperaturze topnienia 289,8 K i temperaturze wrzenia 391,3 K. Jest nieco cięższy od wody, z którą miesza się w każdym stosunku, przy czym następuje kontrakcja objętości. Ma charakterystyczny ostry zapach. Stężony kwas octowy powoduje bolesne oparzenia skóry oraz błon śluzowych i jest toksyczny dla organizmu. W stanie rozcieńczonym jest nieszkodliwy dla zdrowia i jest



Rys. 3. Rodzaje kwasów i soli dodawanych do produktów żywnościowych w celu zakwaszenia lub regulacji kwasowości

Źródło: opracowanie własne.

stosowany jako przyprawa do potraw i środek konserwujący do artykułów żywnościowych [11]. Jego działanie konserwujące polega przede wszystkim na zmianie pH środowiska; niezdysonowane cząsteczki kwasu octowego oddziałują również na ściany komórkowe drobnoustrojów i zakłócają transport metabolitów. Skuteczność konserwującego działania kwasu octowego dotyczy przede wszystkim drożdży

i bakterii, a w mniejszym stopniu – pleśni [5]. Kwas octowy wpływa pobudzająco i ułatwiająco na proces trawienia. W organizmie ulega spaleniowi na ditlenek węgla i wodę [11].

Kwas octowy zakwasza i stabilizuje kwasowość żywności. Wykazuje działanie przeciwbakteryjne, a w stężeniu powyżej 5% – bakteriobójcze. Jest rozcieńczalnikiem dla barwników i substancji smakowo-zapachowych. Ocet fermentacyjny nie stwarza problemów toksykologicznych. Jest stosowany głównie do wyrobu marynat warzywnych, owocowych, grzybowych oraz rybnych, sosów majonezowych, majonezu, chrzanu, musztardy, jak również produkcji sera, piwa i chleba. W roztworach o stężeniu poniżej 5% stosuje się go jako różnego rodzaju aromatyzowane octy stołowe. [3]. Ocet stosowany do celów spożywczych powinien być klarowny i powinien mieć charakterystyczny, ostry zapach i smak. Nie może być zanieczyszczony szkodnikami, np. muszkami fermentacyjnymi lub węgorkami octowymi, które powodują wytwarzanie śluzowatych osadów [12].

Kwas mlekowy (E 270) jest otrzymywany metodą fermentacyjną z melasy, serwatki, skrobi ziemniaczanej, kukurydzianej i zbożowej [3]. Fermentacja przebiega pod wpływem bakterii kwasu mlekowego w obecności węgla wapnia. Otrzymany osad mleczanu wapnia rozkłada się kwasem siarkowym, odsącza wytrącony siarczan wapnia, a filtrat zagęszcza przez odparowanie wody [11].

Kwas mlekowy w stanie czystym jest bezbarwną, higroskopijną, łatwo rozpuszczalną w wodzie substancją krystaliczną o temperaturze topnienia 291 K. W praktyce jest on syropowatą, bezbarwną lub żółtą cieczą, o smaku kwaśnym, bez zapachu [3] lub o swoistym, czasami niezbyt przyjemnym zapachu przypominającym skwaśniałą serwatkę [12]. Jest optycznie czynny i występuje w postaci antimerów D i L. Kwas mlekowy wykazuje słabe właściwości bakteriobójcze. Jest kwasem silniejszym od kwasu octowego. Dla organizmu jest mniej szkodliwy niż pozostałe kwasy organiczne. Kwas D-mlekowy i kwas L-mlekowy występują w kwaśnym mleku, kefirze, kumysie itp. [11].

Głównymi właściwościami funkcjonalnymi kwasu mlekowego wynikającymi z jego fizycznych i chemicznych cech są: właściwości zakwaszające, buforujące, chelatujące, redukujące, wspomagające działanie antyoksydantów, uwydatniające smak, modyfikujące strukturę, peklujące, marynujące, bakteriobójcze i powodujące obniżenie zawartości drobnoustrojów [13]. Kwas mlekowy działa korzystnie na organizm ludzki, wpływa na strawność i przyswajalność składników odżywczych. Pożywienie zawierające kwas mlekowy może być znaczącym składnikiem diety przeciwrakowej [14]. Cenną cechą kwasu mlekowego jest jego korzystny wpływ na przyswajanie wielu metali, np. wapnia i żelaza, z którymi tworzy rozpuszczalne sole ułatwiające lepsze ich wchłanianie przez organizm ludzki [15].

Kwas mlekowy jest stosowany do wytwarzania cukierków i innych wyrobów cukierniczych, napojów, syropów, jako środek pomocniczy w piekarnictwie oraz jako środek konserwujący przy sporządzaniu konserw i marynat warzywnych, mięsnych, rybnych [11]. Jest regulatorem kwasowości, substancją konserwującą i na-

dającą smak, zwiększa aktywność przeciwutleniającą innych substancji. Działanie konserwujące kwasu mlekowego polega na obniżeniu pH środowiska oraz na hamowaniu procesów metabolicznych przez niezdysonowaną formę tego kwasu. W praktyce zawartość od 1,0 do 1,5% kwasu mlekowego skutecznie stabilizuje środowisko, uniemożliwiając rozwój bakterii rozkładających białka. Kwas mlekowy w porównaniu z innymi kwasami spożywczymi nie maskuje aromatycznych substancji smakowo-zapachowych. Stosuje się go do wyrobów cukierniczych, przetworów mlecznych, owocowych, warzywnych, koncentratów obiadowych, sosów sałatkowych, koncentratów spożywczych napojów gazowanych, wina, piwa, pieczywa żytniego i pszennego, mięsa i przetworów mięsnych, olejów roślinnych [3]. Kwas mlekowy jest po kwasie cytrynowym najczęściej stosowanym dodatkiem zakwaszającym. Ponadto bywa stosowany do łagodzenia ostrego smaku w marynatkach octowych oraz jako synergent (substancja współdziałająca z inną substancją w celu wzmocnienia jej działania [16]) opóźniający proces utleniania się olejów [12]. Kwas mlekowy i mleczany są powszechnie stosowane w przemyśle spożywczym jako substancje ukwaszające i konserwujące [17; 18].

Kwas jabłkowy (E 296) jest substancją krystaliczną o temperaturze topnienia 372-373 K, rozpuszczalną w wodzie i w alkoholu etylowym, o słabym zapachu i łagodnym, kwaśnym smaku [3]. Występuje w postaci dwóch odmian optycznie czynnych D i L oraz racematu. W przyrodzie występuje tylko kwas L-jabłkowy w różnych owocach, szczególnie niedojrzałych, i w liściach. Znaczne ilości kwasu L-jabłkowego znajdują się w owocach jarzębiny i berberysu. Kwas L-jabłkowy otrzymuje się z jarzębiny lub z berberysu przez addycję wody do kwasu fumarowego na drodze fermentacji fumarowej. Fermentacja fumarowa cukru inwertowanego albo glukozy pod wpływem bakterii kwasu fumarowego, obok kwasu fumarowego i drobnych ilości kwasu bursztynowego, powoduje powstanie kwasu L-jabłkowego.

Kwas L-jabłkowy jest stosowany w przemyśle spożywczym do wyrobu cukierków, galaretek, napojów, a także jako środek konserwujący, przez dłuższy czas utrzymujący mięso, ryby i drób w stanie świeżym. [11]. Służy do zakwaszania i aromatyzowania, jest również używany jako substancja buforująca i synergent. Stosuje się go do produkcji: dżemów, galaretek i marmolady z owoców cytrusowych, soków i nektarów owocowych, konserw warzywnych, mrożonych kalafiorów, kukurydzy i chipsów, koncentratu pomidorowego, groszku konserwowego, pomidorów, truskawek, napojów, gumy do żucia, budyniów. Ponieważ nie jest znany metabolizm kwasu D-jabłkowego, nie zaleca się stosowania go w produktach dla oseszków i małych dzieci [3].

Kwas fumarowy (E 297) jest otrzymywany na drodze fermentacji glukozy grzybami *Rhizopus nigricans*. Sublimuje w postaci igieł lub płatków. Jest trudno rozpuszczalny w wodzie, etanolu i eterze. Występuje w postaci krystalicznego lub ziarnistego, białego proszku, bez zapachu, o charakterystycznym, zbliżonym do winogron kwaśnym smaku. Ma rolę substancji zakwaszającej i smakowej, zwiększa przyrost ciasta i posiada właściwości przeciwutleniające. Stosuje się go do produkcji

jogurtu, dżemów, galaretek i marmolad cytrusowych [3]. Rodzaje produktów żywnościowych oraz wielkości maksymalnych dopuszczalnych dawek kwasu fumarowego przedstawiono w tab. 2.

Kwas askorbinowy (E 300) jest związkami krystalicznym dobrze rozpuszczalnym w wodzie, a jego roztwory mają kwaśny smak. W warunkach beztlenowych jest odporny na wysoką temperaturę [4]. Sole kwasu askorbinowego są również dobrze rozpuszczalne w wodzie, łatwo ulegają rozkładowi w podwyższonym pH i wysokiej temperaturze. Należą do związków o działaniu silnie redukującym. Utleniając się, usuwają tlen ze środowiska oraz redukują wcześniej utlenione związki. Wykorzystuje się je do ochrony przed brunatnieniem owoców i warzyw o jasnym miąższu, do zwiększania trwałości tłuszczu w produktach nietłuszczowych, takich jak mąka, przetwory zbożowe, mrożone potrawy. Kwas askorbinowy hamuje również zmiany zapachu zachodzące w napojach, mrożonkach i konserwach, jest stosowany także jako składnik polepszający jakość mąki – zapobiega procesom utleniania glutenu – oraz jako składnik mieszanek peklujących, w których ogranicza tworzenie nitrozoamin. Kwas askorbinowy i jego sole są łatwo metabolizowane w organizmie człowieka. Stwierdzono, że duże dawki tych związków mogą działać moczopędnie oraz sprzyjać kamicy nerkowej [5].

Tabela 2. Rodzaje produktów żywnościowych i dopuszczalne dawki kwasu fumarowego (E 297)

Lp.	Środek spożywczy	Maksymalna dawka
1	Nadzienia i polewy do drobnych wyrobów piekarskich	2,5 g/kg
2	Wyroby cukiernicze	1 g/kg
3	Desery podobne do deserów żelujących	4 g/kg
4	Desery z dodatkiem aromatów owocowych	4 g/kg
5	Mieszaniny suchych sproszkowanych deserów	4 g/kg
6	Koncentraty w proszku instant do napojów na bazie owoców	1 g/l
7	Produkty instant do przygotowania aromatyzowanej herbaty i naparów ziołowych	1 g/kg
8	Guma do żucia	2 g/kg

Źródło: opracowanie własne na podstawie [9].

Kwas cytrynowy (E 330) jest kwasem powszechnie stosowanym do celów spożywczych. Produkuje się go głównie metodą fermentacji cytrynowej roztworów sacharydów (glukozy, fruktozy, sacharozy, melasy lub skrobi) przy pomocy pleśni *Aspergillus*. Kwas cytrynowy występuje w owocach roślin, a szczególnie dużych

ilościach w cytrynach, pomarańczach, czarnych porzeczkach, malinach, ananasach i truskawkach. W tych owocach znajduje się w stanie wolnym lub pod postacią soli potasowych, magnezowych lub wapniowych.

Kwas cytrynowy jest substancją krystaliczną o temperaturze topnienia 426 K. Jest bezwonny, ma smak silnie kwaśny. Jest łatwo rozpuszczalny w wodzie i etanolu, a słabo – w eterze. Dla organizmu człowieka jest znacznie mniej szkodliwy od kwasu octowego [11].

Kwas cytrynowy ze względu na swój wyjątkowo przyjemny kwaśny smak i niską toksyczność oraz dobrą przyswajalność dla organizmu jest szeroko stosowany w przemyśle spożywczym. Jest najlepszym środkiem zakwaszającym i regulującym pH w przemyśle spożywczym [19]. Wzmacnia aktywność przeciwutleniaczy, zapobiega odbarwieniom owoców, stratom witaminy C oraz powstawaniu smaków ubocznych. Stabilizuje kwasowość żywności, ułatwia żelowanie, ma działanie buforujące. Absorbuje jony i zapobiega zmianom smaku, konsystencji i barwy żywności, przyspiesza peklowanie mięsa. W winiarstwie zapobiega tworzeniu się kompleksów żelazowo-taninowych powodujących zmętnienie wina. Jest dodawany do wielu produktów żywnościowych, między innymi do: mięsa, przetworów mięsnych, drobiowych i rybnych, przetworów owocowych i warzywnych, wyrobów cukierniczych, napojów, tłuszczów i olejów, lodów i koncentratów lodów, deserów w proszku, koncentratów obiadowych, przypraw i napojów mlecznych, w gospodarstwach domowych stosuje się go zamiast octu [3]. Kwas cytrynowy, oprócz walorów smakowych, wykazuje też inne cenne właściwości i dlatego obecnie jest najczęściej stosowanym kwasem spożywczym. Może być dodawany do wszystkich produktów żywnościowych wymagających zakwaszania. Stosowany jest też jako stabilizator emulsji (np. przy produkcji serów topionych) oraz jako przeciwutleniacz [12]. Kwas cytrynowy ma dużo zastosowań. Około 70% całej produkcji kwasu cytrynowego jest zużywana w przemyśle spożywczym jako zakwaszacz, poprawiacz smaku, utrwalczy, przeciwutleniacz, stabilizator, chelator, bufor, emulgator i jako substancja pomocnicza. Około 10% całej jego produkcji jest stosowane w przemyśle kosmetycznym i farmaceutycznym, a pozostała ilość jest używana do różnych celów przemysłowych [20].

Kwas winowy (E 334) otrzymuje się jako produkt uboczny przy produkcji wina, wydziela się on podczas fermentacji jako osad kwaśnego winianu potasu i winianu wapnia. Te sole przeprowadza się w winian wapnia, który następnie rozkłada się kwasem siarkowym i odsącza od osadu siarczanu wapniowego. Filtrat odbarwia się węglem aktywnym, zagęszcza i poddaje krystalizacji [11].

Kwas winowy tworzy jednoskośne, przezroczyste kryształy, występuje jako krystaliczny, biały proszek, niehigroskopijny, o cierpkim, owocowym, kwaśnym smaku, bez zapachu [3]. W wodzie rozpuszcza się dobrze, w alkoholu zaś znacznie trudniej. W organizmie człowieka kwas winowy jest słabo resorbowany w przewodzie pokarmowym i z tego względu jego szkodliwe działanie jest niewielkie. W organizmie ludzkim nie ulega metabolizmowi. Po przedostaniu się do krwioobiegu kwas winowy może oddziaływać szkodliwie na mięsień sercowy i akcję serca.

W przemyśle spożywczym kwas winowy odgrywa rolę środka zakwaszającego, synergenta przeciwutleniający, dodatku smakowego. Jest stosowany do wyrobu napojów, galaretek owocowych, cukierków, marmolad, proszków i tabletek musujących, proszków do pieczenia itp. [11], koncentratu pomidorowego, konserw z owoców oraz pomidorów i szparagów, proszku kakaowego, mrożonych produktów mleczarskich [3]. Kwas winowy ma podobne zastosowanie jak kwas cytrynowy i kwas mlekowy, ale jest rzadziej stosowany ze względu na nieco gorsze efekty smakowe [12].

Kwas fosforowy (E 338) to syropowata, przezroczysta i bezbarwna ciecz, łatwo rozpuszczalna w wodzie i etanolu. Wpływa na zwiększenie aktywności przeciwutleniających innych substancji, służy do zakwaszania i nadawania smaku napojom, dżemom, mrożonym produktom mleczarskim i słodyczom. Jest używany do zakwaszania w serowarstwie i słodownictwie oraz jako sekwestrant olejów i tłuszczów. Stosuje się go do produkcji: aromatyzowanych napojów bezalkoholowych typu *cola*, piwa, serów, kakao w proszku i mieszankach, czekolady, olejów i tłuszczów [3].

Kwas adypinowy (E 355) jest otrzymywany przez utlenianie cykloheksanolu kwasem azotowym. Krystaliczny, bezbarwny proszek, bez zapachu, o łagodnym gorzko-kwaśnym smaku owocowym. Jest substancją trudno rozpuszczalną w wodzie i eterze, łatwo rozpuszczalną w etanolu. Ma właściwości zakwaszające i zobojętniające. Jest używany jako bufor, dodatek smakowy napojów, deserów żelowanych w celu uzyskania łagodnego, cierpkiego smaku; substancja wspomagająca spulchnianie ciasta (uwalnianie) oraz poprawiająca właściwości reologiczne serów topionych i galaretek. Stosuje się go do produkcji: napojów, galaretek, koncentratów deserowych, proszków do pieczenia, mrożonych deserów [3]. Kwas adypinowy nadaje produktom smak cierpko-kwaśny. Ze względu na niską higroskopijność (w porównaniu z innymi kwasami spożywczymi) nadaje się jako składnik suchych, sproszkowanych produktów [12]. Rodzaje produktów żywnościowych i wielkości maksymalnych dopuszczalnych dawek kwasu adypinowego i niektórych jego soli przedstawiono w tab. 3.

Tabela 3. Rodzaje produktów żywnościowych i dopuszczalne dawki kwasu adypinowego E 355 i jego soli: adypinianu sodu E 356 i adypinianu potasu E 357

Lp.	Środek spożywczy	Maksymalna dawka
1	Nadzienia i polewy drobnych wyrobów piekarskich	2 g/kg
2	Mieszanki suszonych sproszkowanych deserów	1 g/kg
3	Desery podobne do żelujących	6 g/kg
4	Desery o aromatach owocowych	1 g/kg
5	Proszki do domowego przygotowania napojów	10 g/l w przeliczeniu na kwas adypinowy

Źródło: opracowanie własne na podstawie [9].

Kwas bursztynowy (E 363) jest otrzymywany przez katalityczne uwodornianie kwasu jabłkowego lub fumarowego. Występuje jako naturalny składnik w wielu surowcach i produktach (rabarbar, buraki, brokuły, kapusta kiszona). Tworzy białe lub bezbarwne kryształy w kształcie graniastosłupa, nie ma zapachu i ma lekko gorzko-cierpki posmak. Jest trudno rozpuszczalny w eterze, nieco lepiej w wodzie i etanolu. Jest substancją neutralizującą, buforującą i zakwaszającą. Oddziałuje pozytywnie na właściwości smakowe niektórych produktów (napoje, desery). Działa modyfikująco na białka, zmieniając właściwości plastyczne ciasta chlebowego. Stosuje się go do produkcji koncentratów napojów, deserów, zup, past i przetworów rybnych, płatków śniadaniowych [3]. Rodzaje produktów żywnościowych i wielkości maksymalnych dopuszczalnych dawek kwasu bursztynowego przedstawiono w tab. 4.

Tabela 4. Rodzaje produktów żywnościowych i dopuszczalne dawki kwasu bursztynowego (E 363)

Lp.	Środek spożywczy	Maksymalna dawka
1	Desery	6 g/kg
2	Zupy i buliony	5 g/kg
3	Proszki do domowego przygotowania napojów	3 g/l

Źródło: opracowanie własne na podstawie [9].

Kwas chlorowodorowy, zwyczajowo nazywany kwasem solnym (E 507), to wodny roztwór chlorowodoru mający charakter mocnego kwasu. Jest bezbarwny bądź może mieć lekko żółtawe zabarwienie, jest silnie żrącą cieczą. Rozcieńczone roztwory kwasu solnego są bez zapachu, mają kwaśny posmak. Występuje w sokach żołądkowych, wspomagając proces trawienia. Kwas solny stosowany do celów spożywczych musi spełniać wysokie wymagania czystości. Pełni funkcje regulatora kwasowości, substancji hydrolizującej, zobojętniającej i koagulującej. Jest używany do korekty pH wody stosowanej do produkcji piwa. Stosuje się go do produkcji: hydrolizatów białkowych, żelatyny, glukozy, inwersji cukru, preparatów białkowych, piwa [3].

Kwas siarkowy (E 513) to mocny kwas, bezbarwna, oleista, silnie żrąca ciecz, mieszająca się z wodą we wszystkich proporcjach. Stosowany do celów spożywczych musi spełniać wysokie wymagania czystości. Pełni rolę substancji zakwaszającej, ogranicza straty sacharydów przy wytwarzaniu słodu, niweluje różnice jakościowe wody przy produkcji piwa. Stosuje się go w: browarnictwie i słodownictwie, produkcji żelatyny, serowarstwie [3].

5. Podsumowanie

W pracy przedstawiono podział kwasów dopuszczonych do dodawania do żywności według funkcji, jaką pełnią w procesie technologicznym, oraz krótką charakterysty-

kę kwasów spożywczych dodawanych do żywności. Wśród dozwolonych substancji dodatkowych znajdują się 24 kwasy oraz ich sole, z których 12 pełni funkcje kwasów i regulatorów kwasowości. Do regulacji kwasowości najpowszechniej stosowane są kwasy: octowy E 260, mlekowy E 270 i cytrynowy E 330, ale ustawodawstwo dopuszcza również używanie kwasów nieorganicznych, takich jak: kwas fosforowy E 338, kwas solny E 507, kwas siarkowy E 513.

Literatura

- [1] Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia, DzU nr 171, poz. 1225.
- [2] Czapski J., Wieland A., *Dodatki do żywności przyjaciel czy wróg?*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań 1992.
- [3] Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K., *Dodatki funkcjonalne do żywności*, Agro Food Technology, Katowice 1993.
- [4] *Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności*, red. E. Sikorski, WNT, Warszawa 1996.
- [5] *Żywność wygodna i żywność funkcjonalna*, red. F. Świdorski, WNT, Warszawa 2003.
- [6] *Surowce, technologia i dodatki a jakość żywności*, red. J. Czapski, W. Grajek, E. Pospiech, AR, Poznań 1999.
- [7] *Chemia żywności składniki żywności*, red. Z.E. Sikorski, WNT, Warszawa 2007.
- [8] Hutyra A., *GMP – Dobra praktyka produkcyjna*, Centrum Euro Info, Gdańsk 2003.
- [9] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 września 2008 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych, DzU nr 177, poz. 1094.
- [10] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 kwietnia 2004 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych i substancji pomagających w przetwarzaniu, DzU nr 94, poz. 933.
- [11] Talik T., Talik Z., *Biochemia i chemia żywności*, AE, Wrocław 2002.
- [12] Chuchłowa J., *Materiały pomocnicze i dodatki do żywności*, WSiP, Warszawa 1996.
- [13] Bogoczek R., Napierała W., *Kwas mlekowy jakość, właściwości i kierunki zastosowań*, „Przemysł Spożywczy” 1998, 6, 43.
- [14] Lutomski J., *Znaczenie kwasu mlekowego i jego pochodnych w dietetyce i lecznictwie*, w: *Zastosowanie kwasu mlekowego i jego pochodnych*, red. M. Jankiewicz, PTTŻ Oddział Wielkopolski, Poznań 1995.
- [15] Lutomski J., *Znaczenie pochodnych kwasu mlekowego w dietetyce i lecznictwie*, „Przemysł Spożywczy” 1998, 4, 43.
- [16] *Leksykon naukowo-techniczny*, WNT, Warszawa 2001.
- [17] *Biotechnologia żywności*, red. W. Bednarski, A. Repts, WNT, Warszawa 2003.
- [18] Czarnecka M., Czarnecki Z., Roszyk H., *Ocena wybranych metod oznaczania kwasu mlekowego*, „Żywność” 2000, 1, 92.
- [19] Leśniak W., Kutermankiewicz M., *Podstawy produkcji kwasu cytrynowego*, Stowarzyszenie Techników Cukrowników, NOT, Warszawa 1990.
- [20] Bigelis R., *Industrial products of biotechnology: application of gene technology*, w: *Biotechnology*, ed. H.J. Rehm, G. Reed, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim 1989.

TECHNOLOGICAL FUNCTIONS AND CHARACTERISTIC OF FOOD ACIDS

Summary: This written work presents division of the acids which are allowed to be added to food in accordance with their function in the technological process and a short description of food acids added to the food. Among the permitted additional substances there are 24 acids and their salts, of which 12 are used as acids and acidity regulators. Generally the following acids are used for acid regulation: the acetic acid E 260, the milk acid E 270, the citric acid E 330. The legislation allows to use the inorganic acids as well: the phosphoric acid E 338, the hydrochloric acid E 507, the sulphuric acid E 513.