

Taksonomia i nomenklatura rodzaju *Salmonella*

ANDRZEJ HOSZOWSKI, DARIUSZ WASYL

Zakład Mikrobiologii Państwowego Instytutu Weterynaryjnego, Al. Partyzantów 57, 24-100 Puławy

Hoszowski A., Wasyl D.

Taxonomy and nomenclature of genus *Salmonella*

Summary

The *Salmonella* genus, according to the WHO Collaborating Centre for Reference and Research on *Salmonella*, consists of two species: *Salmonella enterica* and *Salmonella bongori* comprising 2449 different serovars. Six subspecies have been distinguished within *S. enterica*: subsp. *enterica*, *S. enterica* subsp. *salamae*, *S. enterica* subsp. *arizonae*, *S. enterica* subsp. *diarizonae*, *S. enterica* subsp. *houtenae* and *S. enterica* subsp. *indica* while *S. bongori* is a homogenous group of bacteria. The article discusses the biochemical and serological differentiation of salmonella as well as current changes in *Salmonella* nomenclature.

Keywords: *Salmonella*, taxonomy, nomenclature.

Klasyfikacja bakterii służy do określenia stopnia pokrewieństwa pomiędzy różnymi grupami mikroorganizmów. W przeszłości w badaniach taksonomicznych posługiwano się głównie metodami umożliwiającymi ocenę właściwości fenotypowych bakterii. Obecnie do tego celu wykorzystywane są metody biologii molekularnej, a zwłaszcza technika hybrydyzacji kwasów nukleinowych (1, 2, 5). Dzięki temu możliwe jest dokonanie charakterystyki i bezpośredniego porównania genomów bakteryjnych oraz odróżnienie szczepów o identycznych właściwościach fenotypowych. Techniki genotypowe, oprócz ich wykorzystania w systematyce, znalazły szerokie zastosowanie w badaniach epidemiologicznych.

Celem opracowania jest przedstawienie zmian zaproponowanych przez Światowy Ośrodek Referencyjny *Salmonella*, dotyczących taksonomii i nazewnictwa rodzaju *Salmonella* oraz modyfikacji schematu Kauffmanna-White'a.

Rodzina *Enterobacteriaceae*

Rodzina *Enterobacteriaceae* w obecnym kształcie została wyodrębniona przez Ewinga w 1963 r. (2) z grupy bakterii gramujemnych, w oparciu o analizę od 50 do 200 różnych cech fenotypowych. Obejmuje ona niezarodnikujące, oksydazoujemne i katalazododatnie pałeczki redukujące azotany do azotynów i fermentujące glukozę (2, 5). W obrębie rodziny *Enterobacteriaceae*, obejmującej 14 rodzajów bakterii, przy pomocy technik molekularnych wyróżniono ponad 125 różnych grup hybrydyzacyjnych (2). Przyjęto, że mikroorganizmy reprezentujące tę samą grupę hybrydyzacyjną należą do jednego gatunku (1, 2). Stopień pokrewieństwa bakterii należących do różnych rodzajów

rodziny *Enterobacteriaceae*, szacowany w oparciu o analizę genomów bakteryjnych, wynosi około 20%. Genomy tych bakterii składają się średnio z 3000 genów, w związku z tym mutacja, delecja czy nabycie nawet kilkunastu genów nie ma istotnego wpływu na określenie ogólnego stopnia pokrewieństwa porównywanych mikroorganizmów (2).

Rodzaj *Salmonella*

W Międzynarodowym Ośrodku Referencyjnym *Salmonella* (WHO Collaborating Centre for Reference and Research on *Salmonella*, Institut Pasteur, Paryż), opracowano w 1992 r. nową taksonomię bakterii należących do rodzaju *Salmonella*, a także przedstawiono wynikające z niej zmiany w nazewnictwie salmonel (7). Rodzaj *Salmonella* obejmuje dwa gatunki *S. enterica* i *S. bongori*. Szczepy do nich należące charakteryzuje zdolność do ruchu, produkcji siarkowodoru na agarze TSI (Triple Sugar Iron), rozkładu mannitolu oraz dekarboksylacji lizyny i ornityny. Nie wytwarzają one natomiast ureazy, indolu, acetoiny i nie dezaminują fenyloalaniny (2, 5). Gatunek *S. bongori* jest homogeną grupą bakterii, natomiast wśród *S. enterica* wyróżniono 6 podgatunków: *S. enterica* subsp. *enterica*, *S. enterica* subsp. *salamae*, *S. enterica* subsp. *arizonae*, *S. enterica* subsp. *diarizonae*, *S. enterica* subsp. *houtenae* i *S. enterica* subsp. *indica*. Klasyfikacja ta opiera się na analizie pokrewieństwa genomów oraz profili enzymatycznych szczepów *Salmonella*, która wykazała, iż w obrębie rodzaju można wyróżnić 7 podgrup hybrydyzacyjnych, odpowiadających poszczególnym podgatunkom *S. enterica* i gatunkowi *S. bongori* (5, 8). Oba gatunki, pomimo że charakteryzują się wspólnymi cechami biochemicznymi i serologicz-

Tab. 1. Różnicowanie biochemiczne gatunków i podgatunków *Salmonella* (zmodyfikowana, za: Popoff i Le Minor, 1997)

Rodzaj		<i>Salmonella</i>						
Gatunek		<i>enterica</i>						<i>bongori</i>
Podgatunek		<i>enterica</i>	<i>salamae</i> II*	<i>arizonae</i> III _a	<i>diarizonae</i> III _b	<i>houtenae</i> IV	<i>indica</i> VI	
Fermentacja	laktozy	-	-	- (75%)	+ (75%)	-	d	-
	salicyny	-	-	-	-	+	-	-
	dulcytolu	+	+	-	-	-	d	+
	sorbitolu	+	+	+	+	+	-	+
Rozkład	d-winianów	+	-	-	-	-	-	-
	mucynianów	+	+	+	- (70%)	-	+	+
	malonianów	-	+	+	+	-	-	-
	galakturonianów	-	+	-	+	+	+	+
Wytwarzanie	γ-glutamyltransferazy	+	+	-	+	+	+	+
	β-glukuronidazy	d	d	-	+	-	d	-
	żelatynazy	-	+	+	+	+	+	-
Wzrost z KCN		-	-	-	-	+	-	+
ONPG (2h)		-	-	+	+	-	d	+
Liza przez faga O-1		+	+	-	+	-	+	d

Objaśnienia: + ponad 90% reakcji pozytywnych; - ponad 90% reakcji negatywnych; d – różne reakcje prezentowane przez różne serowary; * za pomocą symboli II, III_a, III_b, IV, VI i V oznaczone są serowary należące, odpowiednio, do gatunku *enterica* i podgatunków: *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houtenae*, *indica* oraz gatunku *bongori*.

nymi, wykazują 55-60% zgodności swojego materiału genetycznego. Genomy szczepów należących do różnych podgatunków *S. enterica* są ze sobą spokrewnione w 63-74%. Stopień pokrewieństwa jest wyższy w przypadku izolatów zaliczanych do tego samego podgatunku. Dla przykładu szczepy w obrębie *S. enterica* subsp. *enterica* charakteryzują się 79-100 procentowym podobieństwem chromosomalnego DNA (8).

Podgatunki *enterica*, *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houtenae* i *indica* w obrębie gatunku *enterica* oraz gatunek *bongori* można różnicować na podstawie cech biochemicznych przedstawionych w tab. 1.

Schemat Kauffmanna-White'a

Różnicowanie salmoneli w obrębie gatunków i podgatunków polega na identyfikacji lipopolisacharydowych antygenów somatycznych (O), białkowych antygenów rzęskowych (H) oraz antygeny otoczkowego (Vi). Struktura antygenowa wszystkich znanych obecnie serowarów zawarta jest w schemacie Kauffmanna-White'a (7) oraz uzupełniających go suplementach

(6). Obecnie opisanych jest 2449 serowarów *Salmonella* (6), zaliczonych do gatunków *S. enterica* i *S. bongori* (tab. 2). Bakterie z podgatunku *S. enterica* subsp. *enterica* izolowane są głównie od zwierząt stałocieplnych, a należące do innych podgatunków *S. enterica* oraz gatunku *S. bongori* – od zwierząt zmienneocieplnych i ze środowiska naturalnego (1, 2, 7). Stwierdzano jednak występowanie izolatów należących do podgatunku *S. enterica* subsp. *enterica* u gadów (4), a zakażenia owiec i indyków wywoływane przez *S. enterica* subsp. *arizonae* stanowią w pewnych regionach istotny problem epidemiologiczny (9, 10). Szczepy *S. enterica* subsp. *arizonae* mogą również wywoływać infekcje u ludzi (4), niejednokrotnie o ciężkim przebiegu klinicznym.

Schemat Kauffmanna-White'a opracowano w celu praktycznego wykorzystania do identyfikacji bakterii rodzaju *Salmonella*. Serowary zebrane są w 46 grupach serologicznych, charakteryzujących się wspólnymi antygenami somatycznymi i różnymi antygenami rzęskowymi (H). Mogą one występować w jednej lub

Tab. 2. Liczba serowarów należących do rodzaju *Salmonella* (zmodyfikowany, za: Popoff i wsp., 1998)

Występowanie	Symbol		Liczba serowarów
Zwierzęta stałocieplne	I	<i>Salmonella enterica</i>	subsp. <i>enterica</i> 1443
Zwierzęta zmiennocieplne i środowisko naturalne	II		subsp. <i>salamae</i> 488
	IIIa		subsp. <i>arizonae</i> 94
	IIIb		subsp. <i>diarizonae</i> 323
	IV		subsp. <i>houtenae</i> 70
	VI		subsp. <i>indica</i> 11
	V	<i>Salmonella bongori</i> 20	
	Razem		2449

Tab. 3. Oznaczanie grup serologicznych w schemacie Kauffmanna-White'a (7)

Oznaczanie					
literowe (poprzednio)	obecnie	literowe (poprzednio)	obecnie	literowe (poprzednio)	obecnie
A	2	G ₁ -G ₂	13	Q	39
B	4	H	6,14	R	40
C ₁ -C ₄	6,7	I	16	S	41
C ₂ -C ₃	8	J	17	T	42
D ₁	9	K	18	U	43
D ₂	9,46	L	21	V	44
D ₃	9,46,27	M	28	W	45
E ₁ -E ₂ -E ₃	3,10	N	30	X	47
E ₄	1,3,19	O	35	Y	48
F	11	P	38	Z	50

dwóch fazach. Jedynym serowarem nie posiadającym antygenów rzęskowych jest pozbawiony zdolności ruchu *S. Gallinarum* (1, 9, 12: - -) (7). Opisano również trzyfazowy wariant serowaru *S. Poona* o wzorze antygenowym 13,22: z: 1,6: z₄₄ (6).

Grupy serologiczne pałeczek *Salmonella* historycznie oznaczano wielkimi literami (A-Z) i cyframi (51-67). W ostatnich wersjach schematu Kauffmanna-White'a (1992 i 1997 r.) zrezygnowano z takiego sposobu określania, zastępując je oznaczeniami antygenów somatycznych charakterystycznych dla danej grupy serologicznej (tab. 3). Obowiązujące wcześniej symbole zostały zachowane tymczasowo w nawiasach (7). Dla przykładu, grupa określana wcześniej „OB” obecnie oznaczona jest O:4 (B), a „OC₁” – O:7 (C₁). Sche-

mat ten nie wyróżnia grup oznaczanych poprzednio OC₄, OE₂ i OE₃, gdyż wykazano, że charakterystyczne dla nich antygeny O:14, O:15 i O:34 są wynikiem lizogenizacji szczepów należących do serowarów grup O:7 i O:3, 10 fagami, odpowiednio, 14, ε₁₅ i ε₃₄. Zatem serowary w obrębie tych grup są jedynie wariantami serologicznymi serowarów grup O:7 i O:3,10, a ich wcześniejsze nazwy zostały anulowane. Dla ilustracji, *S. Newhaw* jest obecnie określany jako *S. Muester* var. 15+ (3, 10, [15]: e,h: 1,5). Pojawieniu się antygenów O:15 i O:34 towarzyszy jednak brak ekspresji antygeny O:10. Dodatkowe antygeny somatyczne nie wpływają na identyfikację serowarów, lecz są cennymi markerami epidemiologicznymi szczepów do nich należących (7).

Zachowana została natomiast heterogenna grupa O:54, pomimo że antygen O:54 jest kodowany na plazmidzie, występującym u szczepów należących do kilku serowarów. Tak więc w wyniku utraty plazmidu i braku ekspresji tego antygeny, serowar *Tonev* (21, 54: b: e,n,x) jest rozpoznawany jako *Minnesota* (21: b: e,n,x), a *Poeseldorf* (8,20,54: i: z₆) jako *Kentucky* (8,20: i: z₆). Argumentem uzasadniającym zachowanie prowizorycznej grupy O:54 jest fakt, iż dla niektórych jej serowarów nie są znane warianty pozbawione antygeny O:54 (np. *S. Uccle* – 3,54: g,s,t: -), powstałe w wyniku utraty plazmidu.

W 7 wersji schematu Kauffmanna-White'a anulowane zostały też nazwy nadane serowarom należącym do podgatunków innych niż *S. enterica* subsp. *enterica*. Serowary gatunku

S. bongori (oznaczone symbolem V) oraz podgatunków *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houtenae* i *indica* gatunku *S. enterica* (symbole II, IIIa, IIIb, IV i VI) określone są wyłącznie formułą struktury antygenowej.

Biorąc pod uwagę identyczną strukturę antygenową, *S. Pullorum* uznano za jeden z biowarów *S. Gallinarum* (1,9,12: - -) (7). Z klinicznego punktu widzenia nie wydaje się to jednak w pełni uzasadnione, gdyż *S. Pullorum* i *S. Gallinarum* wywołują u drobiu odrębne jednostki chorobowe, odpowiednio, białą biegunkę piskląt i tyfus kur (9). Można je też różnicować na podstawie pewnych cech serologicznych i biochemicznych (2).

Wyciąg z aktualnie obowiązującego schematu Kauffmanna-White'a prezentuje tab. 4.

Tab. 4. Schemat Kauffmanna-White'a z uwzględnieniem niektórych serowarów rodzaju *Salmonella* (7)

Typ	Antygen somatyczny (O)	Antygen rzęskowy (H)	
		faza 1	faza 2
Grupa O:4 (B)			
Derby	1,4,[5],12	f,g	[1,2]
Agona	1,4,12	f,g,s	[1,2]
II	4,12	g,m,t	Z ₃₉
Typhimurium	1,4,[5],12	i	1,2
Grupa O:7 (C₁)			
Choleraesuis	6,7	c	1,5
Virchow	6,7	r	1,2
III _b	6,7	1,v	Z ₅₃
II	6,7	1,Z ₂₈	Z ₆
Infantis	6,7,14	r	1,5
IV	6,7	Z ₄ ,Z ₂₃	–
VI	6,7	Z ₄₁	1,7
Grupa O:8 (C₂-C₃)			
Newport	6,8,20	e,h	1,5
Grupa O:9 (D₁)			
Enteritidis	1,9,12	g,m	–
Dublin	1,9,12,[V1]	g,p	–
Gallinarum	1,9,12	–	–
Grupa O:3,10 (E₁)			
Anatum	3,10[15] [15,34]	e,h	1,6
Newlands	3,10 [15,34]	e,h	e,n,x
Grupa O:17 (J)			
III _a	17	Z ₃₆	–
Grupa O:40 (R)			
V	1,40	Z ₈₁	–

Objaśnienia: pierwsza kolumna zawiera nazwy serowarów należących do gatunku *Salmonella enterica* podgatunku *enterica*; serowarów należących do innych podgatunków *S. enterica*, które są oznaczone w sposób następujący: II w przypadku serowarów *S. enterica* należących do podgatunku *salamae*, III_a w przypadku serowarów *S. enterica* należących do podgatunku *arizonae*, III_b w przypadku serowarów *S. enterica* należących do podgatunku *diarizonae*, IV w przypadku serowarów *S. enterica* należących do podgatunku *houtenae*, VI w przypadku serowarów *S. enterica* należących do podgatunku *indica*; w przypadku gatunku *S. bongori* do oznaczenia serowarów używany jest symbol V; podkreślenia w przypadku antygenów somatycznych wskazują, iż są one obecne jedynie u szczepów zlizogenizowanych odpowiednimi fagami; [] – antygeny somatyczne lub rzęskowe mogą być obecne lub nie i nie ma to związku z konwersją fagową.

Nazewnictwo pałeczek *Salmonella*

Zasady i cele taksonomii oraz zalety stosowania w bakteriologii jednolitego nazewnictwa precyzuje Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (1). Zgodnie z tymi regułami oraz przedstawioną systematyką bakterii rodzaju *Salmonella* (7), pełna nazwa powinna obejmować nazwę rodzajową (*Salmonella*) i gatunkową szczepu (*enterica* lub *bongori*). W przypadku szczepów *Salmonella enterica*, kolejny element nazwy określa podgatunek (subspecies: *enterica*, *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houtenae* lub *indica*). Nazwy te pisane są kursywą, rodzajowa – wielką, gatunkowe i podgatunkowe – małą literą. Serowar szczepu wyrażany jest w formie struktury antygenowej (np. 9,12: g,m: –). Jedynie serowary należące do podgatunku *Salmonella enterica* subsp. *enterica* mogą być określane nazwami własnymi (np. Enteritidis), które są równoznaczne z podaniem struktury antygenowej. Nazwa serowarowa, dla odróżnienia od gatunkowej, pisana jest wielką literą i bez kursywy (5, 6, 7).

W praktyce klinicznej 99% izolowanych szczepów należy do gatunku *Salmonella enterica* subsp. *enterica* (3), obejmującego większość znanych obecnie serowarów (tab. 2). Ponieważ tylko serowary tego podgatunku mają nazwy własne, nie jest w ich przypadku konieczne podawanie pełnej nazwy gatunkowej. Nazwa *Salmonella* ser. Typhimurium lub *Salmonella* Typhimurium jest równoznaczna z określeniem przynależności szczepu do I podgatunku *S. enterica* (6, 7). W publikacjach naukowych jednakże, Ewing (2) zaleca stosowanie pełnej nazwy, obejmującej nazwę rodzaju, gatunku, podgatunku i serowaru, przy pierwszym jej użyciu (np. *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serowar Enteritidis). Następnie można poprzestać na podaniu nazwy rodzajowej i serowarowej (np. *Salmonella* Enteritidis).

W Polsce nowa systematyka i nazewnictwo bakterii rodzaju *Salmonella* przedstawione zostały w meldunku 6/B/93 Krajowego Ośrodka Salmonella, Instytutu Medycyny Morskiej i Tropikalnej w Gdyni (3).

Piśmiennictwo

1. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Williams & Wilkins, Baltimore, 1986.
2. Ewing W. H.: Identification of Enterobacteriaceae, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1986.
3. Głońska R.: Załącznik do meldunku 6/B/93.
4. Hoszowski A., Wasyl D.: Życie wet. 73, 464, 1998.
5. Le Minor L., Popoff M. Y.: Int. J. Syst. Bacteriol. 37, 465, 1987.
6. Popoff M. Y., Bockemuhl J., Brenner F. W.: Res. Microbiol. 149, 601, 1998.
7. Popoff M. Y., Le Minor L.: Antigenic formulas of the Salmonella serovars. 7th revision. WHO Collaborating Centre for Reference and Research on Salmonella, Institut Pasteur, Paris, 1997.
8. Reeves M. W., Evins G. M., Heiba A. A., Pliakaytis B. D., Farmer III J. J.: J. Clin. Microbiol. 27, 313, 1989.
9. OIE Manual of Standards for Diagnostic Tests and Vaccines, 1996, Chapter X.4. Salmonellosis. Office International des Epizooties, Paris, 1997.
10. The Merck Veterinary Manual. Merck & Co., Inc. Rahway, New Jersey, 1991.

Adres autora: dr Andrzej Hoszowski, Al. Partyzantów 57, 24-100 Puławy; email: ahosz@piwet.pulawy.pl