

Impiego dell'atmosfera modificata per il confezionamento di salsicce stagionate: influenza sull'evoluzione della componente volatile

Carminé Summo, Francesco Caponio, Vito Michele Paradiso, Francesco Tricarico, Lucrezia Cosmai, Tommaso Gomes

Dipartimento di Scienze del Suolo della Pianta e degli Alimenti (DISSPA), Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Via Amendola, 165/a, I-70126 Bari, Italy

Summary. An experimental investigation was carried out to assess the effect of the packaging atmosphere composition on the evolution of volatile compounds in ripened sausages during storage. To the aim, three atmosphere compositions, characterized by different N₂:CO₂ ratio (ATM1, 70:30; ATM2, 80:20; ATM3 95:5) were applied for the packaging of ripened sausages. All the packed, not-sliced, sausages were stored in the dark at 4°C for 5 months. The determination of volatile compounds by SPME/GC/MS was carried out on the samples after each month of storage. The obtained results pointed out that the majority of volatile compounds resulted significantly related to the storage time variable more than to the atmosphere variable. However, some volatile compounds, derived from the lipid auto-oxidation such as nonanoic acid and octanoic acid, were significantly influenced by the atmospheres composition, with values that were lower in ATM1.

Key words: Modified atmosphere packaging, volatile compounds, storage, ripened sausages.

«APPLICATION OF MODIFIED ATMOSPHERE FOR PACKAGING OF RIPENED SAUSAGES: INFLUENCE ON VOLATILE COMPOUNDS EVOLUTION»

Riassunto. Un'indagine sperimentale è stata eseguita allo scopo di approfondire gli effetti della composizione dell'atmosfera di confezionamento sull'evoluzione della componente volatile di salsicce stagionate nel corso della conservazione. Allo scopo, tre differenti atmosfere di confezionamento caratterizzate da differenti rapporti N₂:CO₂ (ATM1, 70:30; ATM2, 80:20; ATM3 95:5) sono state impiegate per il confezionamento di salsicce stagionate. Tutte le confezioni sono state conservate al buio in condizioni refrigerate per cinque mesi. Ad intervalli di tempo regolare, i campioni confezionati sono stati sottoposti ad analisi della componente volatile mediante tecnica SPME/GC/MS. I risultati ottenuti hanno permesso di evidenziare come la maggior parte dei composti volatili risultavano significativamente influenzati dalla variabile tempo di conservazione piuttosto che dalla variabile atmosfera di confezionamento. Tuttavia, alcuni composti volatili di auto-ossidazione dei lipidi, quali gli acidi nonanoico ed ottanico, erano influenzati in maniera significativa dalla composizione dell'atmosfera di confezionamento, con minori contenuti in ATM1.

Parole chiave: Atmosfera modificata, composti volatili, conservazione, insaccati stagionati.

Introduzione

La componente volatile dei prodotti di salumeria è particolarmente importante in quanto contribuisce a

definirne le caratteristiche aromatiche e sensoriali (1, 2). Le diverse attività microbiche (fermentazione, metabolismo degli amminoacidi e lipolisi), l'auto-ossidazione della frazione lipidica, gli ingredienti e spezie ag-

giunte nella formulazione degli impasti ed il processo tecnologico di produzione sono tutti fattori influenti sulla definizione della composizione della componente volatile di salsicce stagionate. Il profilo volatile degli insaccati stagionati è stato oggetto di diversi studi volti a valutare l'origine (3, 5), l'influenza dei diversi ceppi microbici impiegati come starter (6, 7), l'influenza delle diverse spezie aggiunte (8), l'impatto dei singoli composti su specifici attributi sensoriali (9).

In lavori precedenti (10, 11) è stata valutata l'influenza del sistema di confezionamento adottato e della conservazione sull'evoluzione della componente volatile negli insaccati stagionati. In particolare, in un lavoro condotto su salsicce stagionate conservate per 5 mesi impiegando la tecnologia del sottovuoto (10) è stato evidenziato come lo spazio di testa dei campioni subito dopo la fase di stagionatura risultava caratterizzato da un profilo dei composti volatili nettamente diverso rispetto a quello ottenuto nel corso della conservazione. Alla fine del periodo considerato risultavano caratterizzanti i composti volatili derivanti da auto-ossidazione dei grassi. In un altro lavoro (11), è stato considerato l'impatto del confezionamento in atmosfera modificata (ATM) sulla composizione dei composti volatili di salsicce stagionate conservate per 3 mesi, evidenziando complessivamente la bassa influenza dell'atmosfera di confezionamento applicata, anche se composti considerati marker dell'ossidazione lipidica e particolarmente influenti sulle caratteristiche sensoriali di tali produzioni, quali ottanale e nonanale, risultavano significativamente più bassi nei campioni conservati con un'atmosfera più ricca in CO₂.

Con la seguente indagine sperimentale si è voluto approfondire gli effetti della composizione dell'atmosfera di confezionamento, utilizzando tre differenti livelli di concentrazioni di CO₂, sull'evoluzione della componente volatile in salsicce stagionate conservate per tempi più prolungati (5 mesi).

Materiali e metodi

Preparazione campioni

Le salsicce sono state preparate presso uno stabilimento industriale sito in agro di Irgoli (NU). La materia prima impiegata per la produzione delle salsicce

era rappresentata da spalle suine che cernite e pulite erano avviate al tritacarne e da questo all'impastatrice. Durante la fase di impastamento si è proceduto all'aggiunta dei seguenti ingredienti: cloruro di sodio (2,5%); nitrato di potassio (120 mg/kg); ascorbato di sodio (0,1%); polvere di latte magro (1,5%); pepe nero (0,6%); vino bianco (0,25% v/p); aceto (0,25% v/p); aglio fresco (0,13%); starter microbici (*Lactobacillus sakei* e *Staphylococcus xylosum*). La miscela ottenuta è stata insaccata meccanicamente in un budello naturale. L'insaccato ottenuto è stato quindi sottoposto a processo di affumicatura impiegando trucioli di faggio, quindi sottoposto ad asciugatura per due giorni (70-80% UR e 22-24°C) e stagionatura per 15 giorni (75% UR e 18-20°C). Due prove di produzione indipendenti sono state eseguite.

Campionamento

Al termine della fase di stagionatura sono state prelevate 32 salsicce delle quali due sono state immediatamente analizzate e rappresentavano il nostro T0, mentre le altre 30 sono state confezionate in tre differenti atmosfere di confezionamento: 10 campioni in N₂:CO₂ 70:30 (ATM1), 10 campioni in N₂:CO₂ 80:20 (ATM2), 10 campioni in N₂:CO₂ 95:5 (ATM3). I campioni confezionati sono quindi stati conservati al buio in condizione refrigerate per cinque mesi. Due campioni per ciascuna tipologia di atmosfera di confezionamento sono stati campionati dopo 1 mese (T1), 2 mesi (T2), 3 mesi (T3), 4 mesi (T4) e 5 mesi (T5) di conservazione.

Condizioni di packaging

Le salsicce stagionate sono state conservate in un film plastico con proprietà antifog, in modo da impedire la formazione di condensa. Il film plastico (Gamma-Pack HB 60 antifog) presentava le seguenti caratteristiche: spessore totale 60±3 µm; permeabilità all'O₂ <2 cm³/m²/24h (23°C e 0% UR); permeabilità alla CO₂ 10±0,5 cm³/m²/24h (23°C e 0% UR); permeabilità all'N₂ <1 cm³/m²/24h (23°C e 0% UR) e permeabilità all'acqua 12±0,6 g/m²/24h (23°C e 0% UR) temperatura di rammollimento 90±10°C.

Analisi della frazione volatile

L'estrazione della componente volatile è stata eseguita mediante tecnica SPME (Solid Phase Micro Extraction). La determinazione quali-quantitativa della componente volatile estratta è stata eseguita mediante gas-cromatografia/spettrometria di massa, seguendo la procedura descritta in lavori precedenti (10,11).

Analisi statistica

I dati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA a due vie seguita da Tukey HSD test per le comparazioni multiple).

Risultati e discussione

In tabella 1 è riportata l'evoluzione del pattern dei composti volatili determinati mediante tecnica SPME/GC-MS in salsicce stagionate in funzione del tempo di conservazione e dell'atmosfera di confezionamento impiegata, insieme ai risultati dell'analisi statistica.

Nel complesso 70 composti volatili sono stati identificati, raggruppati in tabella in base alla loro più probabile origine, come riportato in altri studi (12, 13). Il modello statistico di analisi della varianza (ANOVA) è risultato significativo per tutti i composti volatili identificati. L'evoluzione della componente volatile degli insaccati stagionati oggetto di indagine è stata maggiormente influenzata della variabile tempo piuttosto che dalla variabile atmosfera. Infatti, la variabile tempo è risultata significativa per tutti i composti volatili identificati, mentre la variabile atmosfera è risultata significativa solo per 24 composti volatili (pari al 34% del totale). L'interazione tempo*atmosfera è risultata significativa, invece, per 49 dei 70 composti volatili identificati.

Tra i composti volatili, quelli più rappresentati erano il Δ^3 -carene ed il limonene, riscontrati in elevate quantità anche in altri prodotti di salumeria ed associati alla presenza di pepe ed altre spezie (5,14). L'analisi statistica ha evidenziato, per entrambi, l'assenza di variazioni significative in relazione alla variabile atmosfera, mentre relativamente alla variabile tempo sono stati osservati decrementi significativi ($p < 0.05$). Complessivamente i composti volatili originati dalle spezie diminuivano significativamente durante la

conservazione ed in particolare dopo il primo mese di conservazione (Fig. 1), mentre non mostravano variazioni significative in relazione alla differente composizione dell'atmosfera (dati non mostrati). Studi condotti riportano l'azione antiossidante dei monoterpeni presenti nel pepe (15), per cui l'andamento decrescente osservato potrebbe essere posto in relazione a fenomeni ossidativi a carico degli stessi. Inoltre, tra i composti di questo gruppo la presenza di composti solforati – quali allil-metil solfuro, 1-(metiltio)-1 propene, diallil disolfuro – è da porre in relazione all'aggiunta di aglio fresco nella formulazione dell'impasto. Le variazioni osservate nel corso della conservazione anche in questo caso potrebbero essere correlate all'ossidazione di tali composti (8).

L'aggiunta nella formulazione dell'impasto di vino ed aceto è esplicativa della presenza di elevate concentrazioni di composti volatili, quali alcol etilico, acido acetico, 3-idrossi-2-butanone (acetoina) e acetato di etile. Ad eccezione di quest'ultimo, gli altri aumentavano significativamente durante la conservazione a seguito delle varie attività microbiche. In particolare, l'alcol etilico può originarsi in seguito a fermentazione dei carboidrati (4); il 3-idrossi-2-butanone può originarsi in seguito all'evoluzione ossidativa del 2,3-butandiolo (diacetile), che, infatti, subiva significativi decrementi; l'acido acetico può svilupparsi in seguito a differenti vie metaboliche per lo più di tipo fermentativo. L'alcol etilico era anche significativamente influenzato dalla composizione dell'atmosfera di confezionamento.

Relativamente all'insieme dei composti volatili originati dai fenomeni di auto-ossidazione dei grassi – importanti sia per l'influenza sulle caratteristiche sensoriali dei prodotti sia perché marker dell'ossidazione lipidica, in quanto derivanti dalla diretta degradazione degli idroperossidi (16) – è possibile osservare che a partire dal secondo mese si incrementavano significativamente (Fig. 2). È noto che i composti volatili di ossidazione si formano nella seconda fase del processo ossidativo, in seguito alla demolizione degli idroperossidi, che rappresentano, invece, i prodotti primari dell'ossidazione lipidica. La differente atmosfera di confezionamento non ha influenzato in maniera significativa la sommatoria dei composti volatili derivanti dall'ossidazione dei grassi, anche se ATM3 ha fatto registrare valori più elevati di tali composti (Fig. 3). Re-

Tabella 1. Evoluzione dei composti volatili determinati in salsicce stagionate conservati per 5 mesi in 3 differenti atmosfere di confezionamento e risultati dell'analisi statistica

Composti identificati e loro più probabile origine	LRI	p-value				Area totale (x106)					
		Modello	Tempo (T)	Atmosfera (ATM)	T*ATM	ATM1	ATM2	ATM3	ATM1	ATM2	ATM3
<i>Composti volatili originati dalle spezie</i>											
α -Pinene	992	<0,001	<0,001 ↓	0,221	0,037	34,35	A	33,72	A	34,78	A
α -Fellandrene	1023	<0,001	<0,001 ↓	0,001	<0,001	9,42	A	8,32	AB	7,32	B
Camfene	1184	<0,001	<0,001 ↓	0,004	<0,001	0,81	B	0,73	B	1,01	A
β -Pinene	1362	<0,001	<0,001 ↓	0,001	<0,001	54,56	A	54,02	A	46,85	B
β -Fellandrene	1086	0,004	<0,001 ↓	0,612	0,560	20,23	A	19,92	A	20,84	A
Δ 3-Carene	1208	<0,001	<0,001 ↓	0,245	0,730	199,00	A	206,96	A	202,07	A
α -Fellandrene	1284	<0,001	<0,001 ↓	0,203	0,001	41,23	A	43,27	A	42,26	A
β -Mircene	1297	<0,001	<0,001 ↑	0,188	0,007	32,63	A	34,24	A	34,70	A
α -Terpinolene	1348	<0,001	<0,001 ↓	0,414	0,788	1,71	A	1,79	A	1,85	A
β -Thujene	1127	<0,001	<0,001 ↑	<0,001	<0,001	27,56	A	16,29	B	15,33	B
P-cimene	1339	<0,001	<0,001 ↓	0,001	<0,001	16,89	B	17,68	B	22,75	A
P-cimene	1396	<0,001	<0,001 ↓	0,469	0,002	0,62	A	0,64	A	0,67	A
Limonene	1430	<0,001	<0,001 ↓	0,014	0,001	158,04	B	166,56	A	167,14	A
O-cimene	1387	<0,001	<0,001 ↓	0,607	0,952	4,96	A	5,20	A	5,14	A
α -Terpinene	1415	<0,001	<0,001 ↓	0,488	0,315	3,46	A	3,64	A	3,66	A
Δ 4-Carene	1436	<0,001	<0,001 ↑	0,583	0,373	6,57	A	6,96	A	6,78	A
Copaene	1616	<0,001	<0,001 ↑	0,001	0,002	0,76	B	0,97	A	0,99	A
Cariofellandrene	1524	<0,001	<0,001 ↑	0,170	0,018	26,03	A	29,53	A	28,93	A
γ - Terpinene	1287	0,004	<0,001 ↓	0,562	0,871	2,77	A	2,88	A	2,89	A
Allil-metil solfuro	1019	<0,001	<0,001 ↓	0,003	<0,001	24,07	A	21,62	AB	20,27	B
1-(metiltio)-1 propene	1230	<0,001	<0,001 ↓	0,013	0,000	5,38	A	4,86	AB	4,74	B
Diallil disolfuro	1607	<0,001	<0,001 ↓	0,552	0,267	1,39	A	1,50	A	1,44	A
<i>Composti volatili originati dal vino e dall'aceto</i>											
Etanolo	971	<0,001	<0,001 ↑	0,008	0,009	23,35	A	21,64	AB	19,87	B
Etile acetato	884	<0,001	<0,001 ↓	0,005	<0,001	8,26	A	7,18	B	6,75	B
3-idrossi-2-butanone (Acetoina)	1504	0,013	<0,001 ↑	0,07	0,13	100,22	A	111,33	A	109,56	A
Acido Acetico	1551	<0,001	<0,001 ↑	0,119	0,731	44,57	A	47,87	A	52,47	A
<i>Composti volatili originati dalla fermentazione dei carboidrati</i>											
Acetone	756	<0,001	<0,001 ↓	0,017	<0,001	7,52	A	5,64	B	6,21	AB
2-butanone	854	0,015	<0,001 ↓	0,051	0,472	5,28	A	4,30	A	4,65	AB
2,3-butanedione	1131	<0,001	<0,001 ↓	0,962	<0,001	4,42	A	4,51	A	4,43	A
2,3-butandiolo	1599	<0,001	<0,001 ↓	0,002	0,001	29,42	A	26,65	B	25,28	B
2,3-butandiolo	1713	<0,001	<0,001 ↓	<0,001	<0,001	11,49	A	12,63	A	9,60	B
Acido butanoico	1659	<0,001	<0,001 ↑	0,391	0,012	23,40	A	20,99	A	22,35	A

Composti volatili originati dal catabolismo degli aminoacidi

Acido 3-idrossi-3-metilbutanoico	1778	<0,001	<0,001 ↑	0,254	<0,001	10,38	A	10,90	A	9,78	A
3-metilbutanale	897	0,019	<0,001 ↑	0,045	<0,001	3,44	AB	3,82	A	3,16	B
2-butanolo	1075	<0,001	<0,001 ↓	0,002	<0,001	13,53	A	15,11	A	15,08	A
Benzaldeide	1547	<0,001	<0,001 ↓	0,559	<0,001	15,06	A	14,54	A	15,63	A
Benzenacetaleide	1708	<0,001	<0,001 ↑	0,126	<0,001	13,53	A	15,11	A	15,08	A
3-metilbutanolo	1173	<0,001	<0,001 ↓	0,619	0,142	10,30	A	9,63	A	10,04	A

Composti volatili originati dalla β-ossidazione dei lipidi

1-propanolo	1136	<0,001	<0,001 ↓	0,024	<0,001	2,21	B	2,42	AB	3,11	A
2-eptanone	1397	<0,001	<0,001 ↓	0,777	<0,001	0,48	A	0,50	A	0,50	A
Pentanolo	1346	0,003	0,001 ↓	0,341	0,008	1,05	A	0,99	A	0,97	A
1-octen-3-ol	1503	<0,001	<0,001 ↑	0,327	0,019	1,77	A	1,91	A	1,91	A

Composti volatili originati dalla auto-ossidazione dei lipidi

Pentano	500	<0,001	<0,001 ↓	0,140	0,024	3,19	A	2,86	A	2,83	A
Eptano	700	<0,001	<0,001 ↓	0,815	<0,001	3,64	A	3,62	A	3,49	A
Ottano	800	<0,001	<0,001 ↓	0,001	0,001	6,39	B	8,05	A	8,30	A
Esanale	1303	<0,001	<0,001 ↑	0,014	<0,001	6,50	A	5,25	B	5,78	AB
Eptanale	1411	<0,001	<0,001 ↑	0,338	<0,001	2,29	A	2,16	A	1,96	A
Ottanale	1470	<0,001	<0,001 ↑	0,061	<0,001	1,68	A	1,90	A	2,25	A
Nonanale	1569	<0,001	<0,001 ↑	0,120	<0,001	9,54	A	9,39	A	11,34	A
Butirilattone	1689	<0,001	<0,001 ↑	0,521	<0,001	1,42	A	1,32	A	1,42	A
1-esanolo	1431	<0,001	0,001 ↓	0,500	0,036	2,15	A	2,04	A	2,02	A
Acido esanoico	1881	<0,001	<0,001 ↑	0,769	0,062	7,00	A	6,75	A	7,02	A
Acido eptanoico	1992	<0,001	<0,001 ↓	0,072	0,007	2,06	A	2,23	A	2,39	A
Acido ottanoico	2154	<0,001	<0,001 ↓	0,014	0,038	3,20	B	3,97	A	3,82	AB
Acido nonanoico	2303	<0,001	<0,001 ↓	<0,001	<0,001	2,67	B	3,61	A	3,99	A

Esteri etilici degli acidi volatili

Acido butanoico 3-metil etil estere	1242	<0,001	<0,001 ↓	0,240	0,011	1,63	A	1,56	A	1,43	A
Acido esanoico etil estere	1263	<0,001	<0,001 ↑	0,151	0,045	1,09	A	0,96	A	0,99	A
Acido ottanoico etil estere	1487	<0,001	<0,001 ↓	0,232	0,535	1,73	A	1,96	A	2,27	A

Composti volatili originati dal processo di affumicatura

Toluene	1102	<0,001	<0,001 ↑	0,481	0,001	1,96	A	1,84	A	1,84	A
1,2-dimetossi benzene (Veratrol)	1721	0,029	0,001 ↑	0,761	0,906	1,16	A	1,12	A	1,11	A
2-pentilfurano	1244	<0,001	<0,001 ↑	0,005	0,018	0,94	B	0,88	B	1,16	A
2-furanmetanolo (Furfuril alcohol)	1748	0,003	0,001 ↓	0,162	0,078	5,82	A	5,78	A	6,51	A
3-metil-2-furanone	1738	0,041	0,001 ↑	0,558	0,755	1,08	A	1,05	A	1,12	A
2,6-dimetil-pirazina	1325	0,002	0,001 ↑	0,543	0,118	0,96	A	0,89	A	0,91	A
3-metil-pirazina	1356	0,031	0,022 ↓	0,166	0,135	1,26	A	1,33	A	1,10	A

Continua

Dimetilammide	1483	<0,001	0,001 ↓	0,103	0,036	1,14	A	1,02	A	1,20	A
Fenolo 2-metossi (guaiaicol)	2014	<0,001	<0,001 ↑	0,013	0,002	5,95	B	5,82	B	6,72	A
Fenolo, 2-metile (o-cresol)	2098	0,001	<0,001 ↑	0,001	<0,001	2,53	B	2,35	B	3,01	A
Fenolo	2162	<0,001	<0,001 ↑	0,993	0,545	2,50	A	2,50	A	2,52	A

LRI = Linear Retention Index calcolato su colonna capillare HP-Innowax; A,B = Differente lettera sulla riga indica significatività statistica per $p < 0,05$, ATM1 = 70%N₂ 30%CO₂; ATM2 = 80%N₂ 20%CO₂; ATM3 = 95%N₂ 5%CO₂; ↑ = Tendenza all'incremento della concentrazione nel corso della conservazione; ↓ = Tendenza al decremento della concentrazione nel corso della conservazione

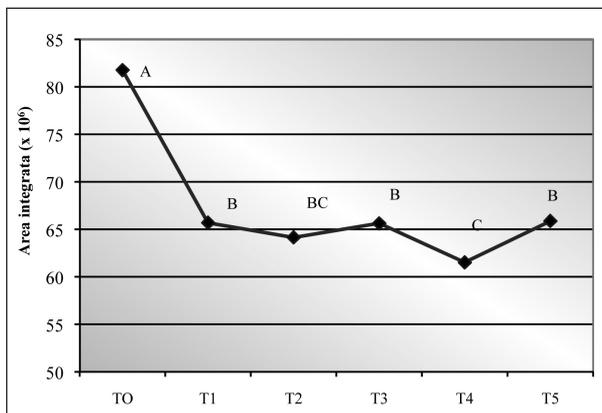


Figura 1. Evoluzione della sommatoria delle aree relative ai composti volatili originati dalle spezie e risultati dell'analisi statistica (ANOVA a due vie, $p < 0,05$) in salsicce stagionate durante la conservazione. (T0, salsicce stagionate; T1, T2, T3, T4, T5, salsicce stagionate conservate per 1, 2, 3, 4 e 5, mesi in differenti atmosfere di confezionamento).

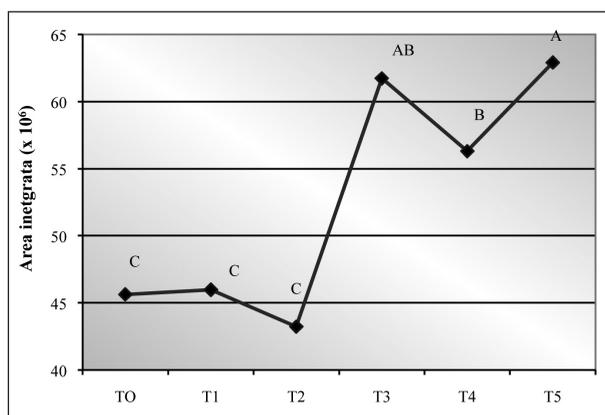


Figura 2. Evoluzione della sommatoria delle aree relative ai composti volatili originati dall'auto-ossidazione dei grassi e risultati dell'analisi statistica (ANOVA a due vie, $p < 0,05$) in salsicce stagionate durante la conservazione. (T0, salsicce stagionate; T1, T2, T3, T4, T5, salsicce stagionate conservate per 1, 2, 3, 4 e 5, mesi in differenti atmosfere di confezionamento).

lativamente all'andamento dei singoli composti volatili di ossidazione, quelli di natura aldeidica si incrementavano significativamente durante la conservazione e ad eccezione dell'esanoico non risultavano significativamente influenzati dalla differente atmosfera di confezionamento. Tra gli acidi, invece, solo l'acido esanoico, che risultava l'acido prevalente, si incrementava durante la conservazione, mentre gli altri acidi mostravano un trend decrescente. Acido nonanoico ed acido otta-noico erano influenzati in maniera significativa dalla composizione dell'atmosfera di confezionamento, con minori contenuti in ATM1. L'azione antiossidante del monossido di carbonio, sviluppato per riduzione della CO₂, già riportata da altri autori (17,18), potrebbe essere alla base delle differenze osservate.

Relativamente ai composti volatili originati dalla fermentazione dei carboidrati, l'acido butanoico aumentava in modo significativo durante la conservazio-

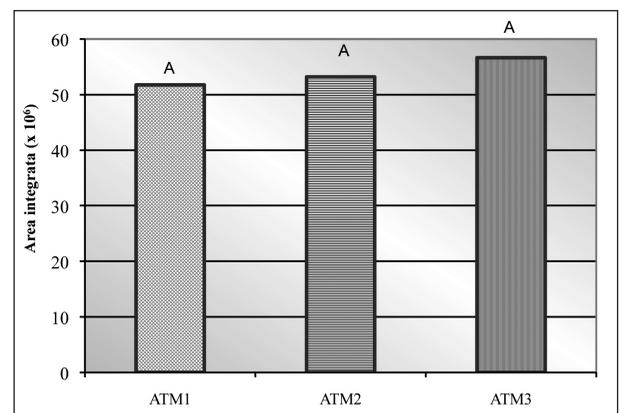


Figura 3. Sommatoria delle aree relative ai composti volatili originati dall'auto-ossidazione dei grassi e risultati dell'analisi statistica (ANOVA a due vie, $p < 0,05$) in funzione della composizione dell'atmosfera di confezionamento (ATM1= 70%N₂ 30%CO₂; ATM2= 80%N₂ 20%CO₂; ATM3= 95%N₂ 5%CO₂)

ne, mentre tutti gli altri diminuivano significativamente. La sempre minore disponibilità di zuccheri per la fermentazione e la loro naturale instabilità possono essere alla base della diminuzione significativa osservata.

Tra gli altri composti volatili originati dalle varie attività microbiche, quelli derivanti dal catabolismo degli amminoacidi si incrementavano durante la conservazione, mentre i composti volatili derivanti dalla β -ossidazione dei grassi diminuivano. Occorre rilevare al riguardo che il limitato numero di composti identificati e le relative basse concentrazioni rilevate rispetto a quelle riportate in letteratura su matrici simili, è indicazione della bassa attività microbica nei campioni esaminati probabilmente a causa dell'impiego vino ed aceto come ingredienti, che in aggiunta all'affumicatura creano un ambiente poco idoneo per l'attività dei microrganismi. Altri composti volatili identificati nei campioni oggetto di indagine sono derivanti dal processo di affumicatura cui gli insaccati oggetto di indagine sono stati sottoposti. Quelli riscontrati in più elevate concentrazioni erano il guaiacolo e il furfurolo.

I composti fenolici derivano direttamente dal fumo, mentre i composti di natura azotata ed i furani derivano principalmente dalla reazione di Maillard. Da considerare che questi ultimi influenzano le caratteristiche sensoriali dei prodotti di salumeria (2), mentre i primi, oltre ad influenzare le caratteristiche sensoriali, sono importanti sia per le loro proprietà antiossidanti sia perché agiscono come inibitori dello sviluppo microbico (19).

Conclusioni

Nel complesso i risultati ottenuti hanno permesso di evidenziare come la maggior parte dei composti volatili identificati negli insaccati stagionati siano risultati significativamente modificati dalla variabile tempo di conservazione piuttosto che alla variabile atmosfera di confezionamento. In particolare, i composti terpenici originati dalle spezie, che costituivano il gruppo di composti volatili più rappresentati, diminuivano significativamente durante la conservazione. Relativamente agli altri composti volatili, gli acidi nonanoico ed ottanico erano influenzati in maniera significativa dalla composizione dell'atmosfera di confezionamento, con minori contenuti in ATM1.

Bibliografia

1. Ordonez JA, Hierro EM, Bruna JM, de la Hoz L. Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1999; 39: 329–67.
2. Berdagué JL, Montel P, Montel MC, Talon R. Effects of starter cultures on the formation of flavour compounds in dry sausage. *Meat Sci* 1993; 35: 275–87.
3. Olivares A, Navarro JL, Flores M. Establishment of the contribution of volatile compounds to the aroma of fermented sausages at different stages of processing and storage. *J Agric Food Chem* 2009; 115: 1464–72.
4. Spaziani M, Del Torre M, Stecchini ML. Changes in physicochemical, microbiological and textural properties during ripening of Italian low-acid sausages: proteolysis, sensorial and volatile profiles. *Meat Sci* 2009; 81: 77–85.
5. Sunesen LO, Dorigoni V, Zanardi E, Stanke LH. Volatile compounds released during ripening in Italian dried sausage. *Meat Sci* 2001; 58 :93–97.
6. Bruna JM, Hierro EM, de la Hoz L, Mottram DS, Fernández M, Ordóñez JA. Changes in selected biochemical and sensorial parameters as affected by the superficial inoculation of *Penicillium camemberti* on dry fermented sausages. *Food Microbiol* 2003; 85: 111–25.
7. Erkkilä S, Petäjä E, Eerola S, Lilleberg L, Mattila-Sandholm T, Suihko ML. Flavour profiles of dry sausages fermented by selected novel meat starter cultures. *Meat Sci* 2001; 58: 111–6.
8. Aguirrezábal MM, Mateo J, Dominguez MC, Zumalacárregui JM. The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages. *Meat Sci* 2000; 54: 77–81.
9. Marco A, Navarro JL, Flores M. Quantification of selected odoractive constituents in dry fermented sausages prepared with different curing salts. *J Agric Food Chem* 2007; 55: 3058–65.
10. Summo C, Caponio F, Pasqualone A, Gomes T. Vacuum-packed ripened sausages: evolution of volatile compounds during storage. *J Sci Food Agric* 2011; 91: 950–955.
11. Summo C, Caponio F, Tricarico F, Pasqualone A, Gomes T. Evolution of the volatile compounds of ripened sausages as a function of both storage time and composition of packaging atmosphere. *Meat Sci* 2010; 86: 839–44.
12. Flores M, Olivares A. Release of aroma compounds from dry fermented sausages as affected by antioxidant and saliva addition. *Eur Food Res Technol* 2008; 228: 283–90 (2008).
13. Marco A, Navarro JL, Flores M. The sensorial quality of dry fermented sausages as affected by fermentation stage and curing agents. *Eur Food Res Technol* 2008; 226: 449–58 (2008).
14. Schmidt S, Berger RG. Aroma compounds in fermented sausages of different origins. *LWT Food Sci Technol* 1998; 31: 559–67.
15. Tipsrisukond N, Fernando LN, Clarke AD. Antioxidant effects of essential oil and oleoresin of black pepper from supercritical carbon dioxide extractions in ground pork. *J Agric Food Chem* 1996; 46: 4329–4333.

16. Frankel EN. Volatile lipid oxidation products. *Prog Lipid Res* 1982; 22: 1-33.
17. López-Lorenzo P, Hernández P, Sanz-Pérez B, Ordoñez J.A. Effect of oxygen and carbon dioxide enriched atmospheres on shelf-life extension of refrigerated ground pork. *Meat Sci* 1980; 4: 89-94.
18. Luño M, Roncalés P, Djenane D, Beltrán J.A. Beef shelf life in low O₂ and high CO₂ atmospheres containing different low CO concentrations. *Meat Sci* 2000; 55: 413-19.
19. Poligné I, Collignan A, Trystram G. Characterization of traditional processing of pork meat into boucanè. *Meat Sci* 2001; 59: 377-89.

Indirizzo per la corrispondenza:
Dott. Carmine Summo,
Università degli Studi di Bari Aldo Moro, DISSPA,
Sezione di Scienze e Tecnologie Alimentari,
Via Amendola 165/a, I-70126 Bari, Italy.
Tel: 0805442272 Fax: +39 080 5443467
E-mail: carmine.summo@uniba.it