



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

**Dipartimento di Ingegneria Industriale**

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica

**Irraggiamento con dispositivo Biovitae® di prodotti  
carnei per il prolungamento della loro conservabilità**

Tesi in  
**Principi di Ingegneria Chimica**

Relatori:

Prof. Ing. Gaetano Lamberti

Prof. Ing. Anna Angela Barba

Correlatore:

Ing. Veronica De Simone

Candidato:

Vincenzo Vietri

matricola 0612201676

**Anno Accademico 2018/2019**



*Alla famiglia*

Questo testo è stato stampato in proprio, in Times New Roman

La data prevista per la discussione della tesi è il 25/07/2019

Fisciano, 22/07/2019

# Sommario

<b>Sommario.....</b>	<b>I</b>
<b>Indice delle figure.....</b>	<b>III</b>
<b>Indice delle tabelle.....</b>	<b>V</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>VII</b>
<b>Introduzione .....</b>	<b>1</b>
1.1 Mercato della carne e degli hamburger .....	2
1.1.1 Dati sul consumo di carne in Italia e nel mondo .....	2
1.1.2 Consumo di hamburger in Italia .....	2
1.2 Caratteristiche degli alimenti a base di carne .....	3
1.2.1 Deperibilità della carne .....	3
1.2.2 Proliferazione batterica nei prodotti carnei .....	3
1.3 Metodi di conservazione della carne .....	6
1.3.1 Conservazione con il freddo .....	6
1.3.2 Conservazione in MAP .....	7
1.3.3 Conservazione con radiazioni elettromagnetiche .....	7
1.3.4 Dispositivo Biovitae® .....	8
1.4 Obiettivi della tesi .....	10
<b>Materiali, apparecchiature e metodi .....</b>	<b>11</b>
2.1 Materiali .....	12
2.2 Apparecchiature .....	12

---

2.2.1	Analizzatore di umidità	12
2.2.2	Texture Analyzer	12
2.2.3	Colorimetro	13
2.3	Metodi _____	15
2.3.1	Protocolli di monitoraggio	15
2.3.2	Valutazione dello shrinkage	19
2.3.3	Determinazione della perdita di acqua libera	20
2.3.4	Valutazione della texture	20
2.3.5	Misura del colore	21
2.3.6	Analisi statistica dei dati	22
2.3.7	Monitoraggio microbiologico	22
<b>Risultati e discussione.....</b>		<b>25</b>
3.1	Parametri di carattere sensoriale _____	26
3.1.1	Shrinkage dei campioni	26
3.1.2	Perdita di acqua libera e compattezza degli hamburger	26
3.1.3	Variazione del colore	29
3.2	Analisi microbiologiche _____	32
3.2.1	Carica microbica mesofila totale	32
3.2.2	Analisi delle Enterobacteriaceae	34
<b>Conclusioni.....</b>		<b>37</b>
4.1	Conclusioni _____	38
<b>Bibliografia .....</b>		<b>41</b>

---

## Indice delle figure

Figura 1. Dispositivo Biovitae®. ....	9
Figura 2. Hamburger sottoposto al test di compressione mediante il Texture Analyzer XT Plus. ....	13
Figura 3 Sezione orizzontale del solido rappresentante lo spazio di colore L*a*b* con L* costante. ....	14
Figura 4 Solido rappresentante lo spazio di colore L*a*b*. ....	14
Figura 5. Konica Minolta SPECTROPHOTOMETER CM-700d. ....	15
Figura 6 (a) area di esposizione alle condizioni ambiente senza irraggiamento; (b) area di esposizione alle condizioni ambiente con irraggiamento. ....	17
Figura 7. (a) area di esposizione a condizioni refrigerate senza irraggiamento; (b) area di esposizione a condizioni refrigerate, con irraggiamento. ....	18
Figura 8. Schema della disposizione dei dispositivi a LED Biovitae; configurazione lampade-carichi irradiati. ....	18
Figura 9. Posizione dei campioni su vassoio in acciaio per l'area di esposizione e manipolazione (senza guanti) a condizioni ambiente senza irraggiamento (a sinistra); posizione dei campioni su vassoio di acciaio per l'area di esposizione e manipolazione (senza guanti) a condizioni ambiente con irraggiamento (a destra). ....	19
Figura 10. Posizione dei campioni su vassoio in acciaio per l'area di esposizione e manipolazione (senza guanti) a condizioni refrigerate senza irraggiamento (a sinistra); posizione dei campioni su vassoio di acciaio per l'area di esposizione e manipolazione (senza guanti) a condizioni refrigerate con irraggiamento (a destra). ....	19
Figura 11. Tipica curva forza-tempo in un ciclo di compressione di un hamburger: $F_{max}$ è la forza rilevata per indurre la deformazione impostata. ....	21
Figura 12. Percentuale di acqua persa e valori di forza massima in funzione del tempo di monitoraggio per i substrati esposti per un totale di 33 ore alle condizioni ambiente con manipolazione periodica senza guanti (L1) e per i substrati, esposti per un totale di 33 ore alle condizioni ambiente e irradiati con manipolazione periodica senza guanti (L2). ....	27

---

Figura 13. Percentuale di acqua persa e valori di forza massima in funzione del tempo di monitoraggio per i substrati esposti per un totale di 33 ore alle condizioni refrigerate con manipolazione periodica senza guanti (L3) e per i substrati, esposti per un totale di 33 ore alle condizioni refrigerate e irradiati con manipolazione periodica senza guanti (L4). .....	27
Figura 14. Percentuale di acqua persa in funzione del tempo di monitoraggio per i substrati delle linee L1, L2, L3 e L4.....	28
Figura 15. Forza max in funzione del tempo di monitoraggio per i substrati delle linee L1, L2, L3 e L4. ....	29
Figura 16 Variazione di colore ( $\Delta E$ ) e luminosità (L) in funzione del tempo di monitoraggio per i substrati esposti per un totale di 33 ore alle condizioni ambiente con manipolazione periodica senza guanti (L1) e per i substrati, esposti per un totale di 33 ore alle condizioni ambientali, irradiati con manipolazione periodica senza guanti (L2). ....	30
Figura 17 Variazione di colore ( $\Delta E$ ) e luminosità (L) in funzione del tempo per i substrati esposti per un totale di 33 ore a condizioni refrigerate con manipolazione periodica senza guanti (L3) e per i substrati, esposti per un totale di 33 ore a condizioni refrigerate, irradiati con manipolazione periodica senza guanti (L4).....	30
Figura 18. Variazione di luminosità ( $\Delta E$ ) in funzione del tempo per i substrati delle linee L1, L2, L3 e L4.....	31
Figura 19. Luminosità (L) in funzione del tempo per i substrati delle linee L1, L2, L3 e L4.....	32
Figura 20. Conta microbica totale in funzione del tempo di monitoraggio per i substrati esposti per un totale di 33 ore alle condizioni ambiente con manipolazione periodica senza guanti (L1) e per i substrati, esposti per un totale di 33 ore alle condizioni ambientali, irradiati con manipolazione periodica senza guanti (L2).....	33
Figura 21. Conta microbica totale in funzione del tempo di monitoraggio per i substrati esposti per un totale di 33 ore a condizioni refrigerate con manipolazione periodica senza guanti (L3) e per i substrati, esposti per un totale di 33 ore a condizioni refrigerate, irradiati con manipolazione periodica senza guanti (L4).....	34
Figura 22. Conta delle Enterobacteriaceae in funzione del tempo di monitoraggio per i substrati esposti per un totale di 33 ore alle condizioni ambiente con manipolazione periodica senza guanti (L1) e per i substrati, esposti per un totale di 33 ore alle condizioni ambientali, irradiati con manipolazione periodica senza guanti (L2). ....	35
Figura 23 Conta delle Enterobacteriaceae in funzione del tempo di monitoraggio per i substrati esposti per un totale di 33 ore a condizioni refrigerate con manipolazione periodica senza guanti (L3) e per i substrati, esposti per un totale di 33 ore a condizioni refrigerate, irradiati con manipolazione periodica senza guanti (L4).....	36

---

---

## Indice delle tabelle

Tabella 1. Composizione di vari tipi di carne [5].....	3
Tabella 2. Specie di batteri comunemente presenti nelle carni in base al metodo di conservazione [8]. .....	5
Tabella 3 Piani di campionamento. ....	17
Tabella 4 Valori di UFC/g che rendono il prodotto soddisfacente, accettabile o non soddisfacente. ....	24

---



## Abstract

In industrial kitchens it may happen that some foods are deprived of packaging but not consumed at the end of the day, so it becomes necessary to extend their shelf life.

The present work examined the effect of irradiation with LED light, emitted by Biovitae's device, on meat substrates (hamburgers) in order to investigate the period of time during which they may be stored and remain suitable for use after the interruption of the primary conservation (refrigeration, vacuum packaging).

Two work environments were defined: the first one at room conditions, the second at refrigerated conditions (thermostat, at 4°C).

Four study lines were studied: L1 (ambient conditions, without LED irradiation), L2 (ambient conditions, with LED irradiation), L3 (refrigerated conditions, without LED irradiation), L4 (refrigerated conditions, with LED irradiation). The samples were monitored at predetermined times and characterized in terms of sensorial properties (free water loss, texture, shrinkage, colour) and microbiological properties (total aerobic mesophilic bacteria, *Enterobacteriaceae*).

Results showed that Biovitae LED irradiation slightly accelerated the dehydration, and so the hardening process in the samples. Besides, all the monitored substrates undergo a color variation, regardless of the operating conditions used. From a microbiological point of view, the LED irradiation was capable of keeping not refrigerated samples of satisfactory quality for 33 hours, whereas not irradiated samples passed to acceptable quality after 3 hours.

Irradiated and refrigerated samples kept approximately constant the total aerobic mesophilic bacteria after 33 hours, showing an increase of 20% only after 24 hours of monitoring. Also *Enterobacteriaceae* decreased in the irradiated and refrigerated samples after the first 6 hours, whereas in the not irradiated and not refrigerated ones they had

an increase of 48% after 6 hours; the quality level remained approximately constant in the subsequent time lapses monitored.

---

## Bibliografia

1. <https://www.coldiretti.it/economia/consumi-carne-dati-2018>  
(consultato il 04/07/2019)
2. <https://www.newsfood.com/consumi-alimentari-aumenta-la-carne-nei-piatti-degli-italiani/> (consultato il 04/07/2019)
3. [http://www.ansa.it/canale\\_terraegusto/notizie/dolce\\_e\\_salato/2018/05/23/burger-day-un-italiano-su-tre-lo-mangia-quasi-sempre\\_1f053d58-c698-4cf9-aec1-cf05d8f40f3d.html](http://www.ansa.it/canale_terraegusto/notizie/dolce_e_salato/2018/05/23/burger-day-un-italiano-su-tre-lo-mangia-quasi-sempre_1f053d58-c698-4cf9-aec1-cf05d8f40f3d.html)  
(consultato il 04/07/2019)
4. [https://www.repubblica.it/economia/rapporti/osserva-italia/stili-di-vita/2017/03/28/news/1\\_hamburger\\_ha\\_conquistato\\_gli\\_italiani\\_che\\_lo\\_ordinano\\_per\\_casa-161626343/](https://www.repubblica.it/economia/rapporti/osserva-italia/stili-di-vita/2017/03/28/news/1_hamburger_ha_conquistato_gli_italiani_che_lo_ordinano_per_casa-161626343/) (consultato il 04/07/2019)
5. A. D. Lambert, J. P. Smith, K. L. Dodds, Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat, *Food Microbiology*, 8, 267-297 (1991)
6. G.H. Zhou, X.L. Xu, Y. Liu, Preservation technologies for fresh meat, *Meat Science* 86 (2010) 119–128
7. M. Zagorec et al., *Lawrie's Meat Science – 8<sup>th</sup> edition*, Fidel Toldra (2017)
8. A. Casaburi, P. Piombino, G. Nychas, F. Villani, D. Ercolini, Bacterial populations and the volatilome associated to meat spoilage, *Food Microbiology* 45 (2015) 83-102
9. Q. Liu, M.C. Lanari, D.M. Schaefer, A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality, *Journal of Animal Science* 73, 3131-3140 (1995)
10. P. Cappelli, V. Vannucchi, *Chimica degli alimenti*, Zanichelli (2005)

11. K.W. Mcmillin, Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat, *Meat Science* 80, 43-65 (2008)
  12. K.I. Rhee, Y.A. Ziprin, Lipid oxidation in retail beef, pork and chicken muscles as affected by concentrations of heme pigments and nonheme iron and microsomal enzymic (1987)
  13. M. Estevez, R. Cava, Lipid and protein oxidation, Release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pate, *Meat Science*, 68, 551-558 (2004)
  14. P.I. Zakrys, S.A. Hogan, M.G. O'Sullivan, P. Allen, J.P. Kerry, Effects of oxygen concentration on sensory evaluation and quality indicators of beef muscle packed under modified atmosphere, *Meat Science* 79, 648-655, (2008)
  15. P.I. Zakrys, M.G. O'Sullivan, P. Allen, J.P. Kerry, Consumer acceptability and physiochemical characteristics of modified atmosphere packed beef steaks, *Meat Science* 81, 720-725 (2009)
  16. M.A. Torngren, Effect of packaging method on colour and eating quality of beef loin Steaks, In: 49th International Congress of Meat Science and Technology, Brazil, September, 495-496, (2003)
  17. P. Jayasingh, D.P. Cornforth, Comparison of antioxidant effects of milk mineral, butylated hydroxytoluene and sodium tripolyphosphate in raw and cooked ground pork *Meat Science* 66, 83-89, (2004)
  18. <http://www.energiaebenessere.eu/prodotto/BIOVITAE%20NOTE%20TECNICHE%20v4.pdf> (consultato il 04/07/2019)
  19. Min-Jeong Kim, Bao Xian Adeline Ng, Ye Htut Zwe, Hyun-Gyun Yuk, Photodynamic inactivation of *Salmonella enterica* Enteritidis by 405 ± 5-nm light-emitting diode and its application to control salmonellosis on cooked chicken, *Food Control* (2017)
  20. J.S. Guffey, W.C. Payne, S.D. Motts, P. Towery, T. Hobson, G. Harrell, L. Meurer, K. Lancaster, Inactivation of *Salmonella* on tainted foods: using blue light to disinfect cucumbers and processed meat products, *Food Science and Nutrition* (2016)
  21. K.S. Steele, M.J. Weber, E.A.E. Boyle, M.C. Hunt, A.S. Lobaton-Sulabo, C. Cundith, Y.H. Hiebert, K.A. Abrolat, J.M. Attey, S.D. Clark, D.E. Johnson, T.L. Roenbaugh, Shelf life of
-

- 
- fresh meat products under LED or fluorescent lighting, *Meat Science*, 117, 75–84 (2016)
22. <http://www.immaginiecomputer.it/allegati/II%20colore%20degl%20alimenti.pdf> (consultato il 04/07/2019)
23. [https://www5.konicaminolta.eu/fileadmin/content/eu/Measuring\\_Instruments/4\\_Learning\\_Centre/C\\_A/PRECISE\\_COLOR\\_COMMUNICATION/pcc\\_italiano\\_13.pdf](https://www5.konicaminolta.eu/fileadmin/content/eu/Measuring_Instruments/4_Learning_Centre/C_A/PRECISE_COLOR_COMMUNICATION/pcc_italiano_13.pdf) (consultato il 04/07/2019)
24. [http://www.prodalricerche.it/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=157:colorimetro&Itemid=317&lang=it](http://www.prodalricerche.it/index.php?option=com_k2&view=item&id=157:colorimetro&Itemid=317&lang=it) (consultato il 04/07/2019)
-



La realizzazione di questo lavoro non sarebbe stata possibile senza il Prof. Gaetano Lamberti e la Prof.ssa Anna Angela Barba, che ringrazio.

Grazie all'Ing. Veronica De Simone per la disponibilità e i consigli quotidiani che mi hanno permesso di lavorare al meglio.

Grazie ai ragazzi del laboratorio che in questi mesi mi hanno sempre trattato come uno di loro.

Grazie agli amici, a tutti quelli che con una battuta, un consiglio, la loro compagnia, il loro sostegno hanno reso meno faticose le difficoltà che si sono presentate durante il percorso.

Grazie alla famiglia, avete sempre fatto tutto il possibile per aiutarmi a superare i momenti critici, anche quando non sono stato io a chiedervelo.

Grazie a Roberta, persona speciale, hai vissuto con me ogni esame, senza il tuo supporto non sarei riuscito ad arrivare fin qui.

Grazie ad Armando e Andrea, per esserci stati sempre, siete come una famiglia per me.

Grazie a tutti gli amici conosciuti all'università, in particolare a Laura e Serena, per me siete importanti.

---

