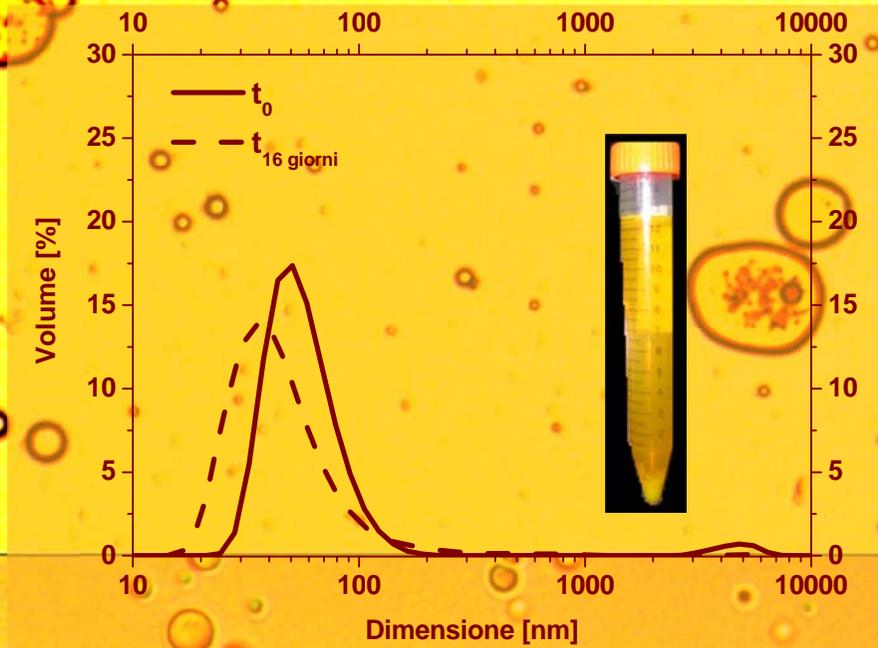


# Produzione e caratterizzazione di emulsioni O/W per uso zootecnico



Produzione e caratterizzazione di emulsioni O/W per uso zootecnico

Daiana Orrico

Daiana Orrico



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

**Facoltà di Ingegneria**  
**Dipartimento di Ingegneria Industriale**  
Corso di Laurea in Ingegneria Chimica

**Produzione e caratterizzazione**  
**di emulsioni O/W per uso zootecnico**

Tesi in  
**Principi di Ingegneria Chimica**

Relatore:

Prof. Ing. Gaetano Lamberti

Candidata:

Daiana Orrico

Correlatrice:

Ing. Sara Cascone

matricola 0612201176

**Anno Accademico 2015/2016**



*Alla mia famiglia*

Questo testo è stato stampato in proprio, in Times New Roman  
La data prevista per la discussione della tesi è il 15 Dicembre 2016  
Fisciano, 10 Dicembre 2016

# Sommario

<b>Sommario.....</b>	<b>I</b>
<b>Indice delle figure.....</b>	<b>V</b>
<b>Indice delle tabelle.....</b>	<b>IX</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>XI</b>
<b>Introduzione .....</b>	<b>1</b>
1.1 Caratteristiche generali delle emulsioni_____	2
1.1.1 Definizione	2
1.1.2 Concentrazione delle gocce	2
1.1.3 Dimensione delle gocce	3
1.1.4 Stabilità	4
1.2 Fenomeni di destabilizzazione_____	6
1.2.1 Creaming e/o sedimentazione	6
1.2.2 Flocculazione	7
1.2.3 Coalescenza	8
1.2.4 Parziale coalescenza e inversione di fase	9
1.2.5 Ostwald ripening	10
1.3 Aumento della stabilità di un'emulsione_____	11
1.3.1 Utilizzo di emulsionanti	11
1.3.2 Utilizzo di particelle solide	13
1.3.3 Stabilizzatori aggiuntivi	14
1.4 Tecniche di produzione di emulsioni_____	15

---

1.4.1 Colloid mill	15
1.4.2 Omogeneizzatore ad ultrasuoni	16
1.4.3 Omogeneizzatore ad alte pressioni	17
1.4.4 Omogeneizzatori a membrana	17
1.5 Tecniche di caratterizzazione _____	18
1.5.1 Microscopia	18
1.5.2 Light scattering	19
1.5.3 Elettrical pulse counting	20
1.5.4 Torbidità	21
1.6 Campi di applicazione _____	21
1.6.1 Principali settori di applicazione	21
1.6.2 Applicazioni zootecniche	23
1.7 Obiettivi _____	23

## **Materiali, apparecchiature e metodi ..... 25**

2.1 Materiali utilizzati _____	26
2.1.1 Le due fasi	26
2.1.2 Emulsionanti	27
2.2 Apparecchiature per la produzione di emulsioni _____	29
2.2.1 Agitatore magnetico	29
2.2.2 Atomizzatore ad ultrasuoni	29
2.3 Apparecchiature per la caratterizzazione di emulsioni ____	30
2.3.1 Microscopio ottico	31
2.3.2 Spettrofotometro	33
2.3.3 Nefelometro	34
2.3.4 Nano zeta-sizer	36
2.4 Metodo di preparazione delle emulsioni _____	38
2.5.1 Spettrofotometro	40
2.5.2 Microscopio ottico	41
2.5.3 PSD	43
2.5.4 Altre tecniche di caratterizzazione	44

---

---

<b>Risultati e discussione .....</b>	<b>45</b>
3.1 Metodo di miscelazione: agitazione magnetica _____	46
3.1.1 Tempo di agitazione: 30 minuti	46
3.1.2 Tempo di agitazione: 60 minuti	48
3.1.3 Tempo di agitazione: 120 minuti	51
3.1.4 Confronto tra i vari tempi di agitazione	54
3.1.5 Calcolo dell'energia	56
3.2 Metodo di miscelazione: ultrasuoni _____	57
3.2.1 Tempo di agitazione: 10 secondi	58
3.2.2 Tempo di agitazione: 20 secondi	60
3.2.3 Tempo di agitazione: 40 secondi	63
3.2.4 Confronto tra i vari tempi di agitazione	66
3.3 Confronto tra i due tipi di miscelazione _____	68
3.4 Emulsioni contenenti Tween 20 _____	70
3.4.1 Tempo di agitazione: 10 secondi	71
3.4.2 Tempo di agitazione: 20 secondi	76
3.4.3 Tempo di agitazione: 40 secondi	82
3.4.4 Influenza del valore di HLB	87
<b>Conclusioni .....</b>	<b>89</b>
4.1 Conclusioni _____	90
<b>Bibliografia .....</b>	<b>93</b>

---



## Indice delle figure

Figura 1. Foto effettuata al microscopio di un'emulsione poli-dispersa oil-in-water. È ben visibile la differente dimensione delle goccioline di olio disperse. ....	4
Figura 2. Rappresentazione dei principali fenomeni di destabilizzazione. (a) fase iniziale, (b) processo di flocculazione, (c) processi di creaming e sedimentazione, (d) processo di Ostwald ripening, (e) fenomeno di coalescenza, (f) fase finale. ....	6
Figura 3. Rappresentazione schematica di una distribuzione verticale, nel tempo, delle goccioline in un'emulsione oil-in-water soggetta al fenomeno di "creaming". (I) il sistema è nelle condizioni iniziali (unica fase); (II) sistema ad un tempo intermedio (tre fasi); (III) sistema nelle condizioni finali (due fasi).....	7
Figura 4. Rappresentazione schematica di differenti tipi di coalescenza nelle emulsioni. ....	9
Figura 5. Diagramma schematico del processo di "Ostwald ripening".....	10
Figura 6. Rappresentazione schematica di una molecola di tensioattivo con una testa polare e una coda apolare. Sulla destra è rappresentata una micella. ....	12
Figura 7. Rappresentazione della struttura chimica del surfattante Tween 20.....	27
Figura 8. Rappresentazione della struttura chimica del surfattante Geronol. ....	28
Figura 9. A sinistra la raffigurazione di ancorette magnetiche con forme e dimensioni diverse; a destra un agitatore magnetico con piastra riscaldante.....	29
Figura 10. L'atomizzatore ad ultrasuoni (VCX 130 PB 130 W, 20 kHz, Sonics & Materials Inc.).....	30
Figura 11. Microscopio ottico a trasmissione di luce Leica DMLP di tipo binoculare. ....	32
Figura 12. Spettrofotometro Lambda 25 UV-visibile. ....	34
Figura 13. Schema semplificato di un nefelometro: (1) sorgente continua, (2) monocromatore a filtri o a reticolo, (3) cuvetta, (4) rivelatore (fototubo o fotomoltiplicatore).....	35
Figura 14. Turbidity meter PCE-TUM 20.....	35
Figura 15. Nano zetasizer.....	36

---

Figura 16. Componenti di uno strumento di dispersione della luce dinamica.....	37
Figura 17. Distribuzione granulometrica di un'emulsione O/W polidispersa, rappresentata come intensità della luce diffusa dalle particelle rispetto alle varie classi dimensionali.....	38
Figura 18. Rappresentazione della distribuzione volumetrica delle dimensioni delle gocce disperse di un'emulsione O/W polidispersa.....	38
Figura 19. Andamento dell'assorbanza rispetto alla lunghezza d'onda ( $\lambda$ ) nel range che va da 400 a 1100 nanometri.....	40
Figura 20. Rappresentazione del range di lunghezza d'onda utilizzato per il calcolo dell'integrale.....	41
Figura 21. A sinistra: un'immagine catturata attraverso il microscopio ottico con un ingrandimento 10x di un'emulsione O/W; a destra: un'immagine catturata attraverso il microscopio a 40x della stessa emulsione.....	42
Figura 22. Vetrini tarati visti al microscopio. A sinistra con ingrandimento 10x, a destra con ingrandimento 40x.....	42
Figura 23. Rappresentazione di una distribuzione bimodale con media, moda, mediana.....	44
Figura 24. Immagini al microscopio dell'emulsione O/W prodotta con l'agitatore magnetico con un rapporto olio/ tensioattivo 1/0.5. a) foto scattata al tempo zero; b) dopo 4 giorni; c) dopo 6 giorni.....	46
Figura 25. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/1 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; c): foto scattata dopo 5 giorni.....	47
Figura 26. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/2 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; c): foto scattata dopo 3 giorni.....	48
Figura 27. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/0.5 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; c): foto scattata dopo 3 giorni.....	49
Figura 28. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/1 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; c): foto scattata dopo 4 giorni.....	50
Figura 29. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/2 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; c): foto scattata dopo 4 giorni.....	51
Figura 30. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/0.5 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; c): foto scattata dopo 2 giorni.....	52
Figura 31. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/1 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 2 giorni dalla preparazione; c): foto scattata dopo 3 giorni.....	53

---

---

Figura 32. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/2 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione.....	54
Figura 33. Tre foto al microscopio di tre emulsioni che differiscono solo per il tempo di agitazione. A partire da sinistra, la prima è stata prodotta con un'agitazione di 30 minuti, la seconda è stata prodotta con un'agitazione di 60 minuti, la terza con 120 minuti di agitazione. ....	55
Figura 34. Foto delle provette contenenti emulsioni prodotte con l'agitatore magnetico, al variare del tempo di agitazione e del rapporto tra olio e tensioattivo. Sono state tutte scattate ad un giorno dalla preparazione. ....	55
Figura 35. Le immagini riportano un disegno schematico dell'ancoretta posta nel sistema di riferimento (x,y,z) e le dimensioni caratteristiche dell'ancoretta approssimata ad un parallelepipedo.....	56
Figura 36. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/0.5 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; c): foto scattata dopo 4 giorni dalla preparazione.....	58
Figura 37. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/1 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; c): foto scattata dopo 3 giorni.....	59
Figura 38. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/2 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 3 giorni dalla preparazione; c): foto scattata dopo 5 giorni.....	60
Figura 39. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/0.5 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; b): foto scattata dopo 5 giorni.....	61
Figura 40. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/1 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; c): foto scattata dopo 5 giorni.....	62
Figura 41. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/2 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; c): foto scattata dopo 5 giorni.....	63
Figura 42. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/0.5 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; c): foto scattata dopo 3 giorni.....	64
Figura 43. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/1 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; c): foto scattata dopo 3 giorni.....	65
Figura 44. a): foto scattata al tempo zero di un'emulsione con un rapporto 1/2 di olio e tensioattivo; b): foto scattata dopo 1 giorno dalla preparazione; c): foto scattata dopo 4 giorni.....	66
Figura 45. Immagini di tre diverse emulsioni fatte con lo stesso rapporto (1/1) di olio/tensioattivo, atomizzate con tempi diversi. a): atomizzata a 10 secondi, b): 20 secondi, c): 40 secondi.....	67

---

---

Figura 46. Foto delle provette contenenti emulsioni prodotte con l'atomizzatore ad ultrasuoni, al variare del tempo di agitazione e del rapporto tra olio e tensioattivo. ....	68
Figura 47. Immagini al microscopio di emulsioni prodotte con un rapporto 1/1 tra olio e tensioattivo, (a) fatta con un'atomizzazione ad ultrasuoni di 10 secondi (ingrandimento 40x), (b) fatta con un'agitazione magnetica di 30 minuti (ingrandimento 10x).....	70
Figura 48. Distribuzione volumetrica nel tempo di emulsioni prodotte con un rapporto Tween 20/Geronol 25:75 e 75:25.....	72
Figura 49. Distribuzione volumetrica nel tempo di emulsioni prodotte con un rapporto Tween 20/Geronol 25:75, 50:50 e 75:25.....	74
Figura 50. Distribuzione volumetrica nel tempo di emulsioni prodotte con un rapporto Tween 20/Geronol 25:75, 50:50 e 75:25.....	76
Figura 51. Distribuzione volumetrica nel tempo di emulsioni prodotte con un rapporto Tween 20/Geronol 50:50, 60:40 e 70:30.....	78
Figura 52. Distribuzione volumetrica nel tempo di emulsioni prodotte con un rapporto Tween 20/Geronol 25:75, 40:60 e 75:25.....	80
Figura 53. Distribuzione volumetrica nel tempo di emulsioni prodotte con un rapporto Tween 20/Geronol 25:75 e 75:25.....	81
Figura 54. Distribuzione volumetrica nel tempo di emulsioni prodotte con un rapporto Tween 20/Geronol 40:60, 50:50 e 60:40.....	83
Figura 55. Distribuzione volumetrica nel tempo di emulsioni prodotte con un rapporto Tween 20/Geronol 25:75 e 50:50.....	85
Figura 56. Distribuzione volumetrica nel tempo di emulsioni prodotte con un rapporto Tween 20/Geronol 25:75, 40:60, 50:50 e 75:25.....	86
Figura 57. Foto di emulsioni preparate con un tempo di agitazione di 40 secondi, un rapporto tra la fase olio e il tensioattivo di 1/2 e tre diversi rapporti tra Tween 20 e Geronol: 30:70 (a); 50:50 (b); 75:35 (c). le foto sono state scattate dopo 16 giorni dalla preparazione. ....	88

---

## Indice delle tabelle

Tabella 1. Percentuali dei componenti della fase acquosa e oleosa. ....	26
Tabella 2. Principali proprietà dei due tensioattivi: Tween 20 e Geronol. ....	28
Tabella 3. Rapporti olio / tensioattivo e Tween 20 / Geronol utilizzati nella produzione delle emulsioni. ....	39
Tabella 4. Valori calcolati dell'energia per unità di volume a diversi tempi di agitazione. ....	57
Tabella 5. Valori di energia per unità di volume rispetto al tipo di miscelazione e al tempo di agitazione. ....	69
Tabella 6. Valori dell'HLB della miscela Tween20-Geronol. ....	71
Tabella 7. Valori dell'integrale, di torbidità e del diametro medio, nel tempo, di emulsioni fatte con rapporti Tween 20/Geronol di 25:75 e 75:25. ....	72
Tabella 8. Valori dell'integrale, di torbidità e del diametro medio, nel tempo, di emulsioni fatte con rapporti Tween 20/Geronol di 25:75, 50:50 e 75:25. ....	74
Tabella 9. Valori dell'integrale, di torbidità e del diametro medio, nel tempo, di emulsioni fatte con rapporti Tween 20/Geronol di 25:75, 50:50 e 75:25. ....	76
Tabella 10. Valori dell'integrale, di torbidità e del diametro medio, nel tempo, di emulsioni fatte con rapporti Tween 20/Geronol di 50:50, 60:40 e 70:30. ....	78
Tabella 11. Valori dell'integrale, di torbidità e del diametro medio, nel tempo, di emulsioni fatte con rapporti Tween 20/Geronol di 25:75, 40:60 e 75:25. ....	80
Tabella 12. Valori dell'integrale, di torbidità e del diametro medio, nel tempo, di emulsioni fatte con rapporti Tween 20/Geronol di 25:75 e 75:25. ....	82
Tabella 13. Valori dell'integrale, di torbidità e del diametro medio, nel tempo, di emulsioni fatte con rapporti Tween 20/Geronol di 40:60, 50:50 e 60:40. ....	84
Tabella 14. Valori dell'integrale, di torbidità e del diametro medio, nel tempo, di emulsioni fatte con rapporti Tween 20/Geronol di 25:75 50:50. ....	85
Tabella 15. Valori dell'integrale, di torbidità e del diametro medio, nel tempo, di emulsioni fatte con rapporti Tween 20/Geronol di 25:75, 40:60, 50:50 e 75:25. ....	87

---



## Abstract

In this work oil in water emulsions containing vitamins were produced and characterized, for animal use. The aim of this work is to investigate the conditions that allow the production of nanoemulsions stable over time. In order to produce a stable product, the emulsions were prepared with different techniques using different stirring times. In particular, two mixing techniques were used: magnetic and ultrasonic. For the magnetic stirring three stirring times were used: 30, 60, and 120 minutes; instead, for the ultrasonic atomization, were used as stirring times: 10, 20, and 40 seconds. Another aim of this work is the optimization of the ratio between the oil phase and the mixture of surfactants. Then emulsions with different ratios between the oil phase and the surfactant, were produced keeping constant the ratio between the aqueous phase and the oil phase. The the oil/surfactant ratios used were: 1/0.5, 1/1, and 1/2. In order to check the stability of the produced emulsions, they were also characterized during the time through an optical microscope, a spectrophotometer, a nephelometer and a nano zeta sizer. The materials used for the production of the emulsions (the aqueous phase, the oil phase and surfactants) were supplied by Farmer s.r.l., the company partner of the research project.

Firstly emulsions were produced using as the surfactant polyethylene glycol-glyceryl monoricinoleate (Geronol) and varying the ratio between the surfactant and the oil phase, the type and the mixing time were also varied. The prepared emulsions were characterized through an optical microscope, in different times after the production, to evaluate the stability of the emulsion over time. Photos of the emulsions stored in test tubes, were also taken, to verify if the phase separation phenomena takes place during the time. It was also calculated the energy supplied by the two mixers, and this was compared with the theoretical energy necessary to obtain a nanoemulsion. In the described conditions it can be noted an average

size of the droplets in the order of microns, with relatively larger size for the emulsions prepared using a magnetic stirrer. In both types of agitation there is a high dependency between the size of the droplets and the stirring time, and thus the energy supplied to the emulsion. More energy is delivered, the smaller the average diameter of the droplets. From theoretical calculation of the energy necessary for the production of nanoemulsions, it can be said that in both types of agitation much more energy is provided than the necessary. This could mean that, emulsions with a size in the order of nanometers, energetically are obtainable, but the droplets aggregate instantaneously, probably because the surfactant used is not suitable. For this purpose, the stability of emulsions increases with increasing oil/surfactant ratio. But even under the best conditions it was not possible to obtain the desired product.

Therefore, the surfactant was changed, by introducing a new surfactant: Ethoxylated sorbitan monolaurate (Tween 20) with an HLB (hydrophilic-lipophilic balance) higher, which was used in a mixture with the previous one. From this time, emulsions were prepared only with an ultrasonic atomizer, because much more efficient in the production of emulsions compared to the magnetic stirrer. The stirring time, the ratio of oil phase and surfactant and the ratio of the two surfactants in the mixture (25:75, 50:50 and 75:25) were changed once again. This series of emulsions were characterized using a spectrophotometer, a nephelometer; moreover an analysis was made to measure a distribution of droplet size in the nanometer range 1-10000. These characterizations were made at two times: a few hours from the production and after 16 days, to check the stability over the time. From the results obtained, in terms of volumetric distribution, the integral value of the absorbance curve versus the wavelength and the turbidity value, can be related to the stirring time (delivered energy). Moreover, the size and the stability of the droplets are influenced by the HLB value. Concerning the turbidity values, it is not possible to identify a univocal relationship with the diameter of the droplets in the dispersion, probably due to the presence of multimodal distributions. In fact, this type of distribution implies the simultaneous presence in the sample of very small droplets and larger aggregates. This affects the turbidity value. Concerning to the integral value, it is also difficult to find a relationship with the size of the droplets; but, from the results obtained it can be said that the value remains constant over the time and therefore the emulsion has a certain stability. The

---

presence of nanometric droplets results in a low integral value, but also the presence of a few droplets of larger diameter can also influence the measurement. In addition, both the integral value and the turbidity, can be affected by the presence of components suspended in the aqueous phase which disturb the measurement.

In conclusion, among the analyzed operating conditions, the best ones are found to be the emulsions produced by an ultrasonic atomizer, with 40 seconds of atomizing times, ratio between oil/surfactant of 1/2 and mixture of surfactants with a high HLB.

---



# Bibliografia

1. McClements, D.J. (1999) Food Emulsions: Principles, Practice and Techniques. CRC Press, New York.
2. McClements, D.J. (2007) Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Department of Food Science, University of Massachusetts, Amherst, MA 01003, USA
3. McClements, D.J. (2005) Food Emulsions: Principles, Practice, and Techniques. Boca Raton: CRC Press.
4. Weiss, J. (1999) Effect of Mass Transport Processes on Physicochemical Properties of Surfactant Stabilized Emulsions. Department of Food Science, University of Massachusetts, Amherst. 280.
5. Sjöblom, J. (1996) Emulsions and Emulsion Stability. Marcel Dekker, New York.
6. Parker, A., Gunning, P.A., Ng,K., and Robins, M.M. (1995) How does xanthan stabilise salad dressing? Food Hydrocolloids, 9:333–342.
7. Rousseau, D. (2000) Fat crystals and emulsion stability: A review. Food Res. Int. 33:3-14.
8. Walstra, P. (2003) Physical Chemistry of Foods. New York, NY.: Marcel Decker.
9. Yi Zhang. (2016) Particles as stabilizers and wetting modifiers in colloidal multiphase systems. Georgia Institute of Technology.
10. Essam Hebishy, Martin Buffa, et al. (2016) LWT - Food Science and Technology. Ultra high-pressure homogenized emulsions stabilized by sodium caseinate: Effects of protein concentration and pressure on emulsions structure and stability.
11. Laura Lee, Ian T. Norton. (2012) School of Chemical Engineering, University of Birmingham, Edgbaston B15 2TT, UK. Comparing droplet breakup for a high-pressure valve homogeniser and a Microfluidizer for the potential production of food-grade nanoemulsions.

12. Laouini, A., Charcosset, C., Fessi, H., Holdich, R.G., Vladisavljevic, G.T., (2013). Preparation of liposomes: a novel application of microengineered membranes-From laboratory scale to large scale. *Colloids Surfaces Biointerfaces* 112, 272e278.
  13. Vanessa Zanatta, Katia Rezzadori, Frederico Marques Penha, Guilherme Zin, Elenara Lemos-Senna, Jose Carlos Cunha Petrus, Marco Di Luccio. (2016). *Journal of Food Engineering* 195. Stability of oil-in-water emulsions produced by membrane emulsification with microporous ceramic membranes.
  14. Alexander, M. and Dalgleish, D.G. (2006) Dynamic light scattering techniques and their applications in food science. *Food Biophysics*, 1:2–13.
  15. S. R. Reddy and H. S. Fogler. (1980) Department of Chemical Engineering, The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan 48109. Emulsion Stability: Determination from Turbidity.
  16. Ramsden W. (1903) Separation of solids in the surface-layers of solutions and ‘suspensions’ (observations on surface-membranes, bubbles, emulsions, and mechanical coagulation). Preliminary account, in: «*Proceedings of the Royal Society of London*», 72, 156-164.
  17. Pickering S.U. (1907) Emulsions, «*Journal of the Chemical Society*», 91, 2001-2021.
-

*Desidero innanzitutto ringraziare il professor Gaetano Lamberti, il mio relatore, per avermi dato la possibilità di intraprendere questa esperienza, dandomi il supporto e le conoscenze giuste per affrontarla.*

*Ringrazio l'Ing. Sara Cascone, la mia correlatrice, per la sua costante presenza in questi mesi di lavoro e per essere stata sempre pronta e disponibile a dirimere i miei dubbi durante la stesura della tesi.*

*Ringrazio i miei genitori per avermi dato la possibilità, con enorme sacrificio, di iniziare e portare a termine questo primo ciclo di studi, dandomi tutto il loro supporto e riporgendo in me una grande fiducia.*

*Ringrazio i miei fratelli Angelo e Riccardo, e le mie sorelle Maria Antonietta, Gaia e Paola, per avermi supportato ma soprattutto sopportato in questi tre anni. Hanno creduto in me, incitandomi sempre a non mollare, nonostante tutto... Spero di non aver deluso nessuno di loro!*

*Ringrazio le mie amiche e coinquiline: Debora, mio mentore, per i suoi saggi consigli che mi hanno guidato dal primo giorno ad ora; Valentina, Albina e Marilù per il loro sostegno morale. Sono state sempre pronte a darmi una parola di conforto.*

*Ringrazio Mariangela, diventata negli ultimi mesi una compagna di studio, una coinquilina, nonché un'amica leale. È stata sempre presente e pronta a tirarmi su di morale ma anche a rimproverarmi nei momenti opportuni. È stata il mio punto fermo!*

*Desidero ringraziare, inoltre, tutti coloro che hanno percorso insieme a me (anche per pochi metri) questa lunga e frastagliata strada che mi ha portato fino a qui. In particolare voglio ringraziare Gaia per avermi trascinato con lei. Ha alleggerito le giornate più cupe e inondato di ansia le più chiare. La tua ansia è stata la mia forza! Non posso non ringraziare Giusy per la sua disponibilità e correttezza. Pur non avendo trascorso tantissimo tempo insieme, per varie ragioni, è sempre stata pronta a invogliarmi a fare di meglio. Si è rivelata una sincera amica.*

*Ringrazio, infine, me stessa per non aver mollato!*

*Tutti hanno lasciato un segno indelebile e mi hanno aiutata a diventare la persona che sono oggi. Grazie!*

