

## GLI AUTORI



### Fabio Valoppi

Marie Skłodowska-Curie Individual Fellow presso la University of Helsinki (Finlandia). Fabio ha ottenuto il titolo di Dottore di Ricerca in Scienze degli Alimenti presso l'Università degli Studi di Udine e il titolo di Docent (Professore Aggiunto) in Scienze dei Materiali Alimentari presso la University of Helsinki. Le sue attività di ricerca sono focalizzate sulla progettazione e sviluppo di materiali alimentari quali emulsioni, grassi, oleogel e le loro proprietà fisiche e nutrizionali.



### Francesca Bot

Senior R&D Food Scientist presso la University College Cork (UCC) (Irlanda). Francesca ha ottenuto il titolo di Dottore di Ricerca in Scienze degli Alimenti presso l'Università degli Studi di Udine. La sua attività di ricerca è focalizzata sullo studio e sviluppo di infant formula e bevande a base di proteine derivanti dal latte e/o lecitina e delle loro proprietà tecnologiche e nutrizionali.

# PROGETTARE NUOVE STRUTTURE ALIMENTARI PER OTTENERE CIBI FUNZIONALI: DALLA COMPRENSIONE DELLA STRUTTURA FINO ALLA SUA PROGETTAZIONE

ENGLISH VERSION HERE

# La struttura degli alimenti sotto la lente d'ingrandimento

I prodotti alimentari che normalmente consumiamo contengono molteplici strutture. Tra gli esempi più comuni ci sono il latte omogeneizzato, la panna montata e il formaggio. Questi tre prodotti derivano dalla stessa materia prima (il latte), ma possiedono una diversa struttura. Infatti, durante il processo produttivo, le interazioni chimico-fisiche tra i componenti del latte come proteine e grassi, portano alla formazione di diverse strutture alimentari. **Queste strutture, dal punto di vista termodinamico, sono il modo più efficiente in cui le molecole si organizzano e coesistono in una matrice.** Nel caso del latte omogeneizzato, il grasso si trova disperso in gocce, le quali sono stabilizzate/circondate da proteine, e questo sistema alimentare è comunemente conosciuto tra gli scien-

ziati degli alimenti come emulsione olio in acqua.

Se utilizziamo gli stessi componenti del latte, ma in proporzioni diverse e incorporiamo dell'aria, possiamo ottenere la panna montata. In questo caso, l'aria si trova dispersa sotto forma di bolle circondate da proteine e grasso e la struttura viene definita schiuma. Il formaggio, invece, viene anche questo ottenuto a partire dal latte in seguito a trattamenti termici ed enzimatici e viene classificato come gel. Possiamo immaginare la struttura del formaggio come quella di una spugna, in cui l'impalcatura è composta da proteine e grasso, ed acqua, lattosio, minerali e microrganismi si trovano negli spazi vuoti della struttura a forma di spugna [1] (Figura 1).

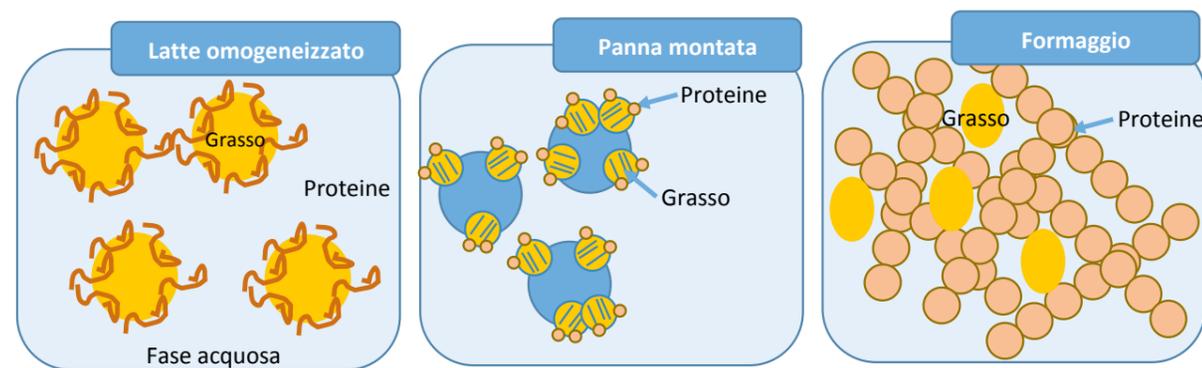


Fig. 1 - Rappresentazione schematica delle strutture di latte omogeneizzato, panna montata e formaggio.

Prendiamo ancora un altro esempio e immaginiamo dell'acqua a contatto con del grasso fuso. Questi due materiali non sono miscibili e tendono a segregarsi l'uno dall'altro. Tuttavia, quando vengono mescolati, l'acqua viene forzata all'interno della matrice lipidica e per ridurre il contatto con i lipidi, adotta una forma sferica. Se immaginiamo che nella fase acquosa ci siano anche delle proteine, queste migreranno verso la superficie delle goccioline e rilasseranno la tensione creatasi tra le molecole di acqua e quelle lipidiche: l'interfaccia tra lipidi e acqua è ora stabilizzata. Il sistema ottenuto (emulsione) viene in seguito raffreddato e l'abbassamento della temperatura comporta una riduzione dei movimenti delle molecole. Quando la temperatura dell'emulsione è sufficientemente bassa, le molecole lipidiche si allineano formando unità cristalline che a loro volta si uniscono e formano degli

aggregati. Questi ultimi si interconnettono e formano una rete cristallina che intrappola le goccioline d'acqua al suo interno [2]. Ecco qui spiegata in semplici parole come avviene la produzione di un prodotto noto come la margarina! Tali esempi ci aiutano a comprendere come diverse strutture alimentari possano essere create utilizzando gli stessi ingredienti, semplicemente modificandone le proporzioni o applicando diversi processi di trasformazione.

**La struttura di un alimento, inoltre, influenza sulla percezione sensoriale e sulla proprietà nutrizionali di macro e micronutrienti assorbiti dal nostro sistema digerente [3].** A tal proposito, gli scienziati degli alimenti sono continuamente alla ricerca di nuove soluzioni per far fronte alla crescente richiesta da parte dei consumatori di prodotti più appetibili, sani e sostenibili.

## Nuove strutture alimentari: perché e come avviene la loro creazione

Riformulare o creare nuovi alimenti per persone con esigenze nutrizionali specifiche (ad esempio ridotto contenuto di zuccheri, grassi, sale, glutine) o propensi a integrare la loro dieta con selezionati macro e micronutrienti (es. minerali, omega-6 e acidi grassi omega-3, vitamine e provitamine) sono alcuni dei motivi per cui vengono create nuove strutture alimentari. Un altro motivo è soddisfare

le esigenze alimentari di persone mosse da motivazioni etiche o personali come nel caso di vegetariani o vegani. Inoltre, la presa di coscienza dei consumatori dell'impatto ambientale ed energetico nella produzione di alimenti ha spinto la ricerca verso lo sviluppo di nuove strutture alimentari sostenibili e quindi capaci di sfruttare al meglio le risorse naturali del nostro pianeta [3].

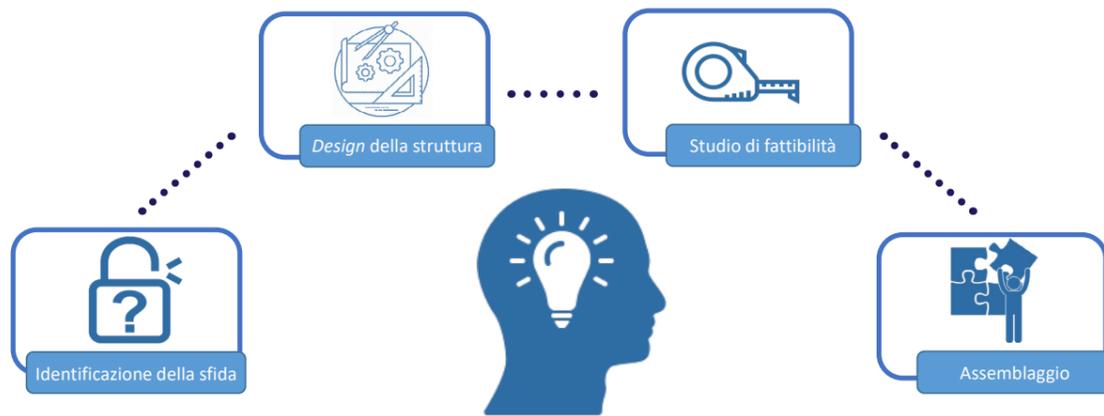


Fig. 2 - Processo di design di una struttura alimentare

Il processo di progettazione di un nuovo alimento inizia con una semplice domanda: qual è la funzionalità di cui abbiamo bisogno in questo prodotto alimentare?

A questo primo interrogativo seguono domande più specifiche: vogliamo che l'alimento sia simile alla carne anche se è prodotto da ingredienti di origine vegetale? Vogliamo che sia arricchito con vitamine che mantengono le loro proprietà nutrizionali durante la conservazione? Vogliamo ottenere due prodotti simili utilizzando indifferentemente il burro o l'olio?

Dopo aver identificato la sfida su cui lavorare, gli scienziati degli alimenti progettano diverse possibili strutture capaci di risolvere la problematica individuata facendo ricorso alla loro creatività. Successivamente, impiegando le conoscenze relative alle interazioni molecolari (idrofobiche, steriche, elettrostatiche, ecc.) e dei fattori che le governano (temperatura, tempo, taglio, pressione, pH, forza ionica, ecc.), viene studiata la fattibilità delle strutture proposte. Infine, la nuova struttura viene assemblata nei laboratori con gli ingredienti precedentemente selezionati (Figura 2).

Alcuni esempi di nuove strutture alimen-

tari, progettate secondo il metodo sopra descritto, sono:

- **sostituti della carne**, dove, attraverso un processo termomeccanico, le proteine vegetali vengono forzate a formare strutture fibrose simili ai corrispondenti prodotti animali [5];
- **sostituti dell'olio di palma** o margarina, dove l'olio viene fisicamente intrappolato in un *network* composto da proteine, polisaccaridi o altri lipidi, e il materiale semisolido ottenuto possiede elevate caratteristiche nutrizionali e tecnologiche [2];
- **zucchero poroso**, ottenuto attraverso un processo di *spray drying* con gas pressurizzato, che consente di mantenere lo stesso grado di dolcezza e allo stesso tempo di ridurre la quantità di zuccheri totali [6];
- **aromi incapsulati** in gusci lipidici solidi, che consentono di controllare il rilascio dell'aroma durante la cottura e il consumo [7].

Provate ad immaginare quanti aromi potreste avere nella vostra dispensa pronti da aggiungere ad ogni vostro piatto.

## Progettazione e realizzazione di alimenti funzionali

Gli **alimenti funzionali** possono essere definiti come una categoria di prodotti alimentari che, se consumati regolarmente, portano al mantenimento e/o miglioramento della salute del consumatore [8, 9]. Solitamente, i prodotti alimentari vengono funzionalizzati mediante aggiunta di **molecole bioattive** come ad esempio vitamine, carotenoidi, oli ricchi di omega-6 e omega-3, ecc. [4, 10]. Per incorporare e proteggere questi nutrienti nei prodotti alimentari, è però necessario sviluppare strutture specifiche e su misura. Tra i prodotti alimentari, le bevande sono consumate in tutto il mondo e rappresentano il target perfet-

to per la funzionalizzazione. Esempi comuni includono bevande energetiche, sportive, e a base di estratti da vegetali (comunemente chiamate latte di soia, latte di avena, ecc.) [11].

Immaginiamo assieme di progettare una bevanda arricchita con oli contenenti elevate proporzioni di acidi grassi omega-6 e omega-3 (come l'olio di pesce e di avena). Gli acidi grassi di tipo omega-6 e omega-3 sono essenziali per il mantenimento delle funzioni fisiologiche e della salute dell'essere umano e per questo sono anche chiamati acidi grassi essenziali. Gli oli sono materiali lipofili e, in questo scenario, la prima



sfida è riuscire a incorporare l'olio in una bevanda acquosa. Per riuscirci, bisogna quindi disperdere l'olio nella bevanda sotto forma di goccioline e formulare un'emulsione. La seconda sfida riguarda il fatto che gli acidi grassi omega-6 e omega-3 sono facilmente ossidabili e questo comporta una diminuzione del loro valore nutrizionale e l'insorgere di *off flavour*.

Sulla base di queste informazioni, proteggere gli acidi grassi dagli agenti ossidanti è di fondamentale importanza, ma qui sorge un paradosso: la preparazione di un'emulsione comporta la formazione di numerose goccioline con un conseguente aumento dell'area in cui in cui l'ossigeno può entrare in contatto con l'olio. La terza sfida è definire in quale tipo di bevanda verrà aggiunta l'emulsione considerandone la sua acidità, i possibili trattamenti termici e l'interazione con altri ingredienti presenti nella bevanda. Dopo aver preso in considerazione tutti questi aspetti, si può passare alla progettazione della bevanda funzionale che soddisfi le esigenze del consumatore.

Di seguito sono riportati alcuni esempi di emulsioni formulate per veicolare e proteggere oli ricchi di acidi grassi omega-6 e omega-3. Partiamo con un primo esempio relativo allo yogurt da bere. In questo caso la soluzione proposta è stata quella di progettare un'emulsione con un estratto di abete, un nuovo tipo di emulsionante e stabilizzante naturale a valore aggiunto, che contiene antiossidanti in grado di proteggere gli acidi grassi dall'ossidazione. Le emulsioni formate con questo estratto sono stabili e possono essere aggiunte allo yogurt senza alterarne le proprietà chimico-fisi-

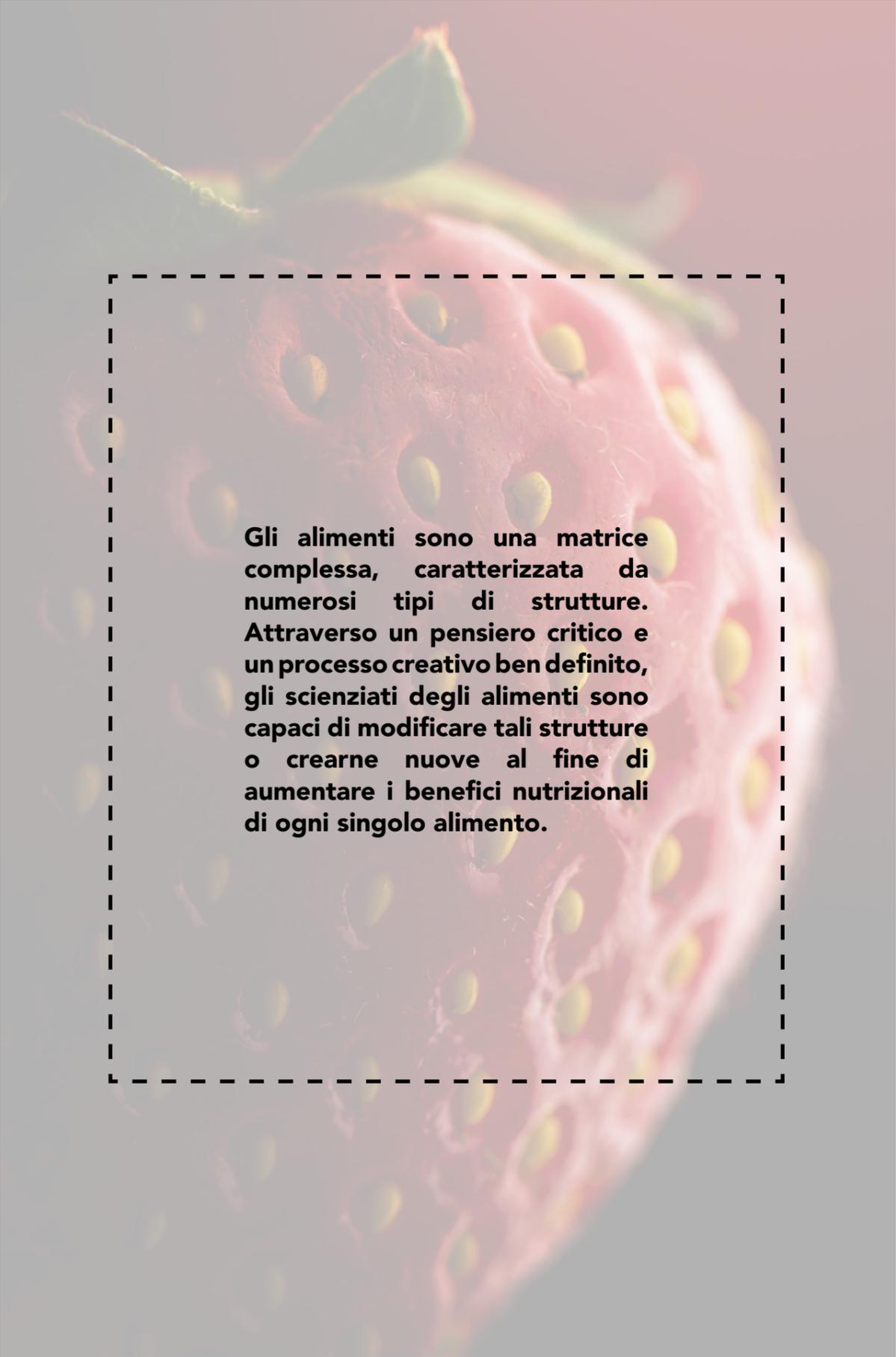
che [12]. Un approccio simile, dove il *design* della struttura ha portato all'ottenimento di un prodotto funzionale, è stato applicato anche per la progettazione di altri alimenti funzionali. Ad esempio, al fine di ottenere un formaggio arricchito in vitamina D e acidi grassi essenziali, è stata per prima cosa progettata un'emulsione stabilizzata con proteine del latte e lecitina e con vitamina D solubilizzata nell'olio. L'emulsione è poi stata aggiunta al latte per produrre formaggio [13]. Anche i prodotti dolciari possono essere resi funzionali. In una crema al cioccolato da spalmare, l'olio di palma è stato sostituito da cellulosa ed olio, che hanno formato una struttura in grado di sostituire i grassi saturi presenti nell'olio di partenza e allo stesso tempo hanno arricchito il prodotto di acidi grassi essenziali e fibre [14].

**Questi pochi esempi mostrano come il design della struttura alimentare possa essere utilizzato per funzionalizzare diversi prodotti alimentari, aumentandone il valore nutrizionale e i benefici per la salute**

## Relazione tra struttura alimentare e biodisponibilità dei nutrienti

Agendo sul **design della struttura alimentare** si può modulare la biodisponibilità di macro e micronutrienti durante la digestione e controllare l'apporto calorico dei diversi nutrienti [3, 15]. Ad esempio, se viene creata una struttura formata da carboidrati indigeribili e in grado di intrappolare l'olio, nel prodotto finale la biodisponibilità degli acidi grassi presenti nell'olio sarà ridotta [16]. Attualmente sulle etichette dei prodotti alimentari viene solo riportato il valore nutrizionale, mentre la biodisponibilità non viene considerata. A tal proposito, un recente articolo ha sottolineato che le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (**OMS**) dovrebbero tenere in considerazione come **la struttura degli alimenti influisca sulla biodisponibilità dei singoli nutrienti**, al fine di evitare informazioni fuorvianti [17]. Infatti, se in un prodotto è presente una struttura che rende i lipidi non accessibili agli enzimi digestivi, nell'etichetta viene comunque riportato il contenuto calorico derivante dalla completa digestione di questi lipidi. Immaginiamo ora due prodotti: uno contenente dell'olio liquido e uno contenente una elevata quantità di grassi saturi, solidi a temperatura ambiente e noti per essere responsabili di insorgenza di malattie cardio-circolatorie se consumati in abbondanza, resi indigeribili grazie alla struttura che abbiamo precedentemente descritto. Basandosi solo sull'etichetta nutrizionale,

il consumatore, molto probabilmente, selezionerà il prodotto contenente l'olio liquido in quanto ritenuto più salutare per il ridotto contenuto di acidi grassi saturi. Questa decisione però non tiene in considerazione la digeribilità di ogni singolo macro e micronutriente, in quanto non riportata in etichetta [18]. Il concetto di rendere indigeribile un ingrediente alimentare può essere esteso ad altri macro e micronutrienti che dovrebbero essere ridotti nella nostra dieta, come sale e zucchero. Invece di sostituirli, possiamo sviluppare una struttura che li renda inaccessibili durante la digestione preservando gli attributi sensoriali. Sulla base di queste considerazioni, gli scienziati degli alimenti dovranno sempre più valutare come sviluppare nuove strutture poiché **una struttura alimentare non correttamente progettata può portare ad uno sbilanciato apporto nutrizionale** causato dall'indisponibilità di specifici nutrienti.



**Gli alimenti sono una matrice complessa, caratterizzata da numerosi tipi di strutture. Attraverso un pensiero critico e un processo creativo ben definito, gli scienziati degli alimenti sono capaci di modificare tali strutture o crearne nuove al fine di aumentare i benefici nutrizionali di ogni singolo alimento.**



**Food Hub**

**Non fermarti solo  
al magazine!**



Visita il nostro portale: ti aspetta un blog ricco di contenuti, ogni settimana pubblichiamo un nuovo articolo redatto da un esperto del settore. Seguici sulle nostre pagine social per non perderti tutte le novità!

**[foodhubmagazine.com](http://foodhubmagazine.com)**

## BIBLIOGRAFIA

1. Aguilera, J.M. and P.J. Lillford, Food Materials Science Principles and Practice. First Edition. 2008: Springer-Verlag New York
2. Marangoni, A.G., et al., Advances in our understanding of the structure and functionality of edible fats and fat mimetics. *Soft Matter*, 2020. 16(2): p. 289-306.
3. McClements, D.J., Future foods: a manifesto for research priorities in structural design of foods. *Food & Function*, 2020. 11(3): p. 1933-1945.
4. McClements, D.J., et al., Structural design principles for delivery of bioactive components in nutraceuticals and functional foods. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2009. 49(6): p. 577-606.
5. Dekkers, B.L., R.M. Boom, and A.J. van der Goot, Structuring processes for meat analogues. *Trends in Food Science & Technology*, 2018. 81: p. 25-36.
6. De Acutis R., Whitehouse A. S., Forny L., Meunier V. D. M., Dupas-Langlet M., Mahieux J. P. N. (2017). International Publication Number WO2017093309A1.
7. Madene, A., et al., Flavour encapsulation and controlled release - a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 2006. 41(1): p. 1-21.
8. Doyon, M. and J. Labrecque, Functional foods: a conceptual definition. *British Food Journal*, 2008. 110(11): p. 1133-1149.
9. Siró, I., et al., Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-a review. *Appetite*, 2008. 51(3): p. 456-67.
10. McClements, D.J., *Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques*, Third Edition. 2015: CRC Press.
11. Corbo, M.R., et al., Functional Beverages: The Emerging Side of Functional Foods Commercial Trends, Research, and Health Implications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2014. 13(6): p. 1192-1206.
12. Valoppi, F., et al., Spruce galactoglucomannan-stabilized emulsions as essential fatty acid delivery systems for functionalized drinkable yogurt and oat-based beverage. *European Food Research and Technology*, 2019. 245(7): p. 1387-1398.
13. Stratulat, I., et al., Enrichment of cheese with vitamin D3 and vegetable omega-3. *Journal of Functional Foods*, 2015. 13: p. 300-307.
14. David, A., et al., Oleogelation of rapeseed oil with cellulose fibers as an innovative strategy for palm oil substitution in chocolate spreads. *Journal of Food Engineering*, 2021. 292: p. 110315.
15. McClements, D.J., et al., Enhancing Nutraceutical Performance Using Excipient Foods: Designing Food Structures and Compositions to Increase Bioavailability. 2015. 14(6): p. 824-847.

## BIBLIOGRAFIA

16. Ashkar, A., et al., Impact of different oil gelators and oleogelation mechanisms on digestive lipolysis of canola oil oleogels. Food Hydrocolloids, 2019: p. 105218.
17. Astrup, A., et al., WHO draft guidelines on dietary saturated and trans fatty acids: time for a new approach? BMJ, 2019. 366: p. l4137.
18. Guo, Q., et al., Modulating fat digestion through food structure design. Progress in Lipid Research, 2017. 68: p. 109-118.

